МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФИЛОСОФИЯ

Специальность
21. 05.04 Горное дело

формы обучения: **очная, заочная**

год набора: 2020

Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Философии и культурологии	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Беляев В.П.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 28.02.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0261A6BD005DAC979B410F3EA731403511
Владелец: Упоров Сергей Александрович
Действителен: с 23.10.2020 до 23.01.2022

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

Самостоятельная работа студента (СРС) - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

Общая структура доклада

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

Вступление.

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

Основная часть.

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение.

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

Критерии оценки доклада, сообщения	*Количество баллов*
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

4. Методические рекомендации по написанию эссе

Эссе - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

Структура эссе

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);

2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

Тезис - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

Требования к фактическим данным и другим источникам

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

Как подготовить и написать эссе?

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

Планирование - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

Цель должна определять действия.

Идеи, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

Аналогии - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

Ассоциации - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

Предположения - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

Рассуждения - формулировка и доказательство мнений.

Аргументация - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

Суждение - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

Доводы - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

Качество текста складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

Мысль - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

Внятность - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

Грамотность отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

Корректность — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

Дискуссия (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

Дискуссия обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

Дискуссия- диалог чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

Дискуссия - спор используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

Подготовка студентов к дискуссии: если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

В проведении дискуссии выделяется несколько этапов.

Этап 1-й, введение в дискуссию: формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

Этап 2-й, обсуждение проблемы: обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

Этап 3-й, подведение итогов обсуждения: выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не

вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все

вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства.

Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 17.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….…….....3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..4
Содержание контрольной работы…….....4
Выполнение работы над ошибками……...…12
Критерии оценивания контрольной работы ……12
Образец титульного листа ……..…13

Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: повышение исходного уровня владения иностранным языком, достигнутого на предыдущей ступени образования, и достижение уровня иноязычной коммуникативной компетенции достаточного для общения в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах, а также для дальнейшего самообразования.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:

общепрофессиональные:

- готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-2).

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- владение иностранным языком как средством коммуникации в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах;
- развитие когнитивных и исследовательских умений с использованием ресурсов на иностранном языке;
- развитие информационной культуры;
- расширение кругозора и повышение общей гуманитарной культуры студентов;
- воспитание толерантности и уважения к духовным ценностям разных стран и народов.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности *21.05.04 Горное дело.*

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации.* Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.Б.1.03 Иностранный язык. А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- особенности фонетического строя иностранного языка;
- лексические единицы социально-бытовой и академической тематики, основы терминосистемы соответствующего направления подготовки;
- основные правила грамматической системы иностранного языка;
- особенности построения устных высказываний и письменных текстов разных стилей речи;
- правила речевого этикета в соответствии с ситуациями межличностного и межкультурного общения в социально-бытовой, академической и деловой сферах;
- основную страноведческую информацию о странах изучаемого языка;
- лексико-грамматические явления иностранного языка профессиональной сферы для решения задач профессиональной деятельности;

Уметь:

- вести диалог/полилог и строить монологическое высказывание в пределах изученных тем;
- понимать на слух иноязычные тексты монологического и диалогического характера с различной степенью понимания в зависимости от коммуникативной задачи;
- читать аутентичные тексты прагматического, публицистического, художественного и научного характера с целью получения значимой информации;
- передавать основное содержание прослушанного/прочитанного текста;
- записывать тезисы устного сообщения, писать эссе по изученной тематике, составлять аннотации текстов, вести личную и деловую переписку;
- использовать компенсаторные умения в процессе общения на иностранном языке;
- пользоваться иностранным языком в устной и письменной формах, как средством

профессионального общения;

Владеть:

- основными приёмами организации самостоятельной работы с языковым материалом с использованием учебной и справочной литературы, электронных ресурсов;
- навыками выполнения проектных заданий на иностранном языке в соответствии с уровнем языковой подготовки;
- умением применять полученные знания иностранного языка в своей будущей профессиональной деятельности.

Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «Иностранный язык (английский)» представлено три варианта контрольной работы.

Номер варианта контрольной работы определяется для студентов в соответствии с начальными буквами их фамилий в алфавитном порядке. Например, студенты, у которых фамилии начинаются с букв А, выполняют контрольную работу № 1 и т.д. (см. таблицу №1).

Таблица №1

начальная буква фамилии студента	***№ варианта контрольной работы***
А, Г, Ж, К, Н, Р, У, Ц, Щ	№1
Б, Д, З, Л, О, С, Ф, Ч, Э, Я	№2
В, Е, И, М, П, Т, Х, Ш, Ю	№3

Содержание контрольной работы №1

Контрольная работа проводится по теме *1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)* и *теме 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435
Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Michael _____ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced; **B. gets along well with;** C. gets married;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Заполните пропуски местоимениями some, any, no или их производными.

Пример: A: Is ***anything*** the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them).

Пример: My teacher is very nice. I like … . – I like **him**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.

Пример: Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Paul was tired when he got home. – ***Was Paul tired when he got home? Yes, he was.***

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа
Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.

Пример: A British university year is divided into three _____.

1) conferences; 2) sessions; **3) terms**; 4) periods;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Выберите правильную форму глагола.

Пример: A: I have a Physics exam tomorrow.

B: Oh dear. Physics **is/**are a very difficult subject.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».

Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.

Пример: I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.

Пример: **The Petersons** have bought a dog. – *Who has bought a dog?*

The Petersons have bought **a dog. –** *What have the Petersons bought?*

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.

Пример: A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you/**have you**?

B: No. You didn't leave it in the car, **did you**/didn't you?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа
Вариант № 3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: The University accepts around 2000 new ____ every year.

1) students; 2) teachers; 3) pupils; 4) groups;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

Пример: Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».

Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.

Пример: Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».

Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.

Пример: Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.

Пример: There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which *book is Sue's*?' 'The one on the table.'

b) 'Whose *book is on the table*?' 'Sue's.'

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat; **B. ist**; C. wird;

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».

Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.

Пример: **Was** machen Sie am Wochenende?

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.

Пример: Wo wohnen d**eine** Eltern?

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.

Пример: **Kannst** du mir bitte die Marmelade geben? (können)

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Sie wohnen in Berlin.

Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по

теме «Вопросительные предложения».

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях следующими предлогами: de, à, chez, dans, pour, depuis. vers, avec, devant. en.

Пример: **Monsieur Dupont est en mission**.

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Предлоги».

Задание 2. Заполните пропуски**, **выберите правильно указательное прилагательное:

Пример: **Peux-tu me passer ces dictionnaires?**

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Указательные прилагательные».

Задание 3. Поставьте нужный артикль или предлог там, где это необходимо:

Пример: **C'est la salle des études**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Употребление слитного артикля».

Задание 4. Выберите правильную форму глагола:

Пример: **Tous les matins, il s'est levé à 7 heures depuis un an.**

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Présent».

Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:

Пример: **Où passez-vous vos vacances d'été? - Je les passe en Crimée.**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Личные местоимения le, la, les».

Содержание контрольной работы №2

для заочной формы обучения

Контрольная работа проводится по теме 3. *Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир) и теме 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*

Модальные глаголы и их эквиваленты	295	47
Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге	236	71, 115
Основные сведения о согласовании времён	323-328	269
Прямая и косвенная речь	324	268
Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий	311-322	132, 162, 173, 192, 193
Основные сведения о сослагательном наклонении	329	224

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: You: “Are you engaged?” Taxi driver: “_____”.

Варианты ответов:

1) Yes, I am having a rest.
2) Sorry, but I don’t.
3) No, sir. Where do you wish me to take you?
4) Yes, thank you.

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Перепишите предложения в страдательном залоге.

Пример: The people are discussing politics. **Politics is being discussed.**

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «страдательный залог».

Задание 3. Вставьте модальные глаголы may (might) или can (could).

Пример: Can you help me?

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «модальные глаголы».

Задание 4. Употребите правильную форму глагола в пассивном залоге.

Пример: The roads **are covered** (cover) with the snow.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «страдательный залог».

Задание 5. Вставьте модальный глагол may или might. Раскройте скобки, употребляя требующуюся форму инфинитива.

Пример: **May I ask** (to ask) you to take off your hat?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «модальные глаголы, инфинитив».

Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: The … of shafts is very expensive.

a) making; **b) driving;** c) building;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Выберите подходящую форму глагола в каждом предложении.

Пример: If we **leave** (will leave/leave/leaves) at 7 o’clock, we **will arrive** (will arrive/arrive/arrives) on time.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «сослагательное наклонение».

Задание 3. Выберите из скобок требующуюся форму причастия.

Пример: We listened to the girls **singing** (singing, sung) folk songs.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «причастие».

Задание 4. Перепишите предложения в страдательном залоге.

Пример: The child has broken the crystal vase. The crystal vase has been broken by the child.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «страдательный залог».

Задание 5. Перефразируйте следующие предложения, употребляя модальный глагол need.

Пример: 1) It is not necessary to go there. **You need not go there.**

2) It was not necessary to go there. **You need not have gone there.**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «модальные глаголы, инфинитив».

Вариант №3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: A certain amount of ore … in incline sinking.

a) is extracted; b) is got; c) is mined;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Выберите из скобок требующуюся форму причастия.

Пример: I picked up the pencil **lying** (lying, lain) on the floor.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неличные формы глагола: причастие».

Задание 3. Раскройте скобки, употребляя требующуюся форму инфинитива.

Пример: He seems **to read** (to read) a lot.

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неличные формы глагола: инфинитив».

Задание 4. Перепишите предложения в косвенной речи.

Пример: He said, 'I'm going to the station.' - ***He said (that) he was going to the station*.**

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «прямая и косвенная речь, согласование времен».

Задание 5. Переведите на английский язык.

Пример: Если бы я знал французский, я бы уже давно поговорил с ней.

If I had known French, I would have spoken with her.

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «сослагательное наклонение».

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски, поставив существительное из скобок в нужную форму во множественном числе.

Пример: Unsere (Gast) **Gäste** haben mehrere (Stunde) **Stunden** gebraucht, um uns zu finden.

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Множественное число имен существительных».

Задание 2. Вставьте правильное окончание глаголов.

Пример: Ich komm**e** meistens gegen acht Uhr ins Büro und schalt**e** erst einmal den Computer ein.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глагола».

Задание 3. Вставьте модальные глаголы müssen, können, dürfen, möchten или wollen. Возможно несколько правильных вариантов:

Пример: In der Bibliothek: Sie **können** Bücher leihen.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».

Задание 4. Составьте Ja/Nein вопросы к данным ответам.

Пример: Nein, ich spreche kein Französisch.

Sprechen Sie Französisch? / Sprichst du Französisch?

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные предложения».

Задание 5. Составьте вопросы и ответьте на них.

Пример: wie • Sie •heißen •? **Wie heißen Sie?**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Порядок слов в вопросительном предложении».

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Выберите правильный вариант ответа

Пример: **Permettez-moi de vous présenter…**

1) **Le vice-récteur de notre Université.**

2) Voici ma carte de visite.

3) Enchanté, je suis Robert Dupont.

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные прилагательные».

Задание 2. Замените инфинитив формой Futur simple или Présent:

Пример: **Si je n'ai pas mal à la tête, j'irai au cinéma avec mes amis.**

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Futur simple. Придаточное предложение условия».

Задание 3 Поставьте глаголы в Imparfait:

Пример: **Chaque année, ils partait camper en montagne.**

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Imparfait».

Задание 4. Поставьте глаголы в Conditionnel présent или Imparfait:

Пример*:* Nous irions demain à la campagne s'il faisait beau temps.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Conditionnel présent».

Задание 5. Поставьте вместо точек соответствующие местоимения:
Пример: **Vous irez à la campagne**.
Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Futur simple».

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Работа с оценкой «неудовлетворительно» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Максимум 44 балла.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:

40-44 балла (90-100%) - оценка «отлично»;
31-39 балла (70-89%) - оценка «хорошо»;
22-30 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;
0-21 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

формы обучения: очная, заочная

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа МД-18

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к.т.н, доцент

Екатеринбург
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 17.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол №4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)……..... 3
1.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 3
1.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 5
1.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 6

ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование) ……..... 35
2.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 35
2.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 36
2.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 38

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир) ……..... 53
3.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 53
3.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 54
3.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 58

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность) ……..... 74
4.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 74
4.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 82
4.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 82

ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)

Тематика общения:

1. Я и моя семья.
2. Дом, жилищные условия.
3. Мой рабочий день.
4. Досуг и развлечения.

Проблематика общения:

1. Взаимоотношения в семье, семейные традиции.
2. Устройство квартиры/загородного дома.
3. Рабочий день студента.
4. Досуг в будние и выходные дни, активный и пассивный отдых.

1.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

родственник relative, relation
родители parents
мать (мама) mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа) father (dad, daddy, papa, pa)
жена wife
муж husband
супруг(а) spouse
ребенок, дети child, children
дочь daughter
сын son
сестра sister
брат brother
единственный ребенок only child
близнец twin
близнецы, двойняшки twins
брат-близнец twin brother
сестра-близнец twin sister
однояйцевые близнецы identical twins
тройняшки triplets
бабушка и дедушка grandparents
бабушка grandmother (grandma, granny, grandmamma)
дедушка grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки grandchildren
внучка granddaughter
внук grandson
прабабушка great-grandmother
прадедушка great-grandfather
прабабушка и прадедушка great-grandparents
правнуки great-grandchildren
тётя aunt
дядя uncle
крестный (отец) godfather
крестная (мать) godmother
отчим, приемный отец stepfather
мачеха, приемная мать stepmother
сводный брат stepbrother
сводная сестра stepsister
брат по одному из родителей half-brother
сестра по одному из родителей half-sister

приемный, усыновленный сын adopted son
приемная, удочеренная дочь adopted daughter
приемный ребенок adopted child
патронатная семья, приемная семья foster family
приемный отец foster father
приемная мать foster mother
приемные родители foster parents
приемный сын foster son
приемная дочь foster daughter
приемный ребенок foster child
неполная семья (с одним родителем) single-parent family
родня the kin, the folks
племянница niece
племянник nephew
двоюродный брат cousin (male)
двоюродная сестра cousin (female)
двоюродный брат (сестра), кузен (кузина) first cousin
троюродный брат (сестра) second cousin
четвероюродный брат (сестра) third cousin
родня со стороны мужа или жены in-laws
свекровь mother-in-law (husband's mother)
свёкор father-in-law (husband's father)
тёща mother-in-law (wife's mother)
тесть father-in-law (wife's father)
невестка, сноха daughter-in-law
зять son-in-law
шурин, свояк, зять, деверь brother-in-law
свояченица, золовка, невестка sister-in-law
семейное положение marital status
холостой, неженатый, незамужняя single
женатый, замужняя married
брак marriage
помолвка engagement
помолвленный, обрученный engaged
развод divorce
разведенный divorced
бывший муж ex-husband
бывшая жена ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей separated
вдова widow
вдовец widower
подружка, невеста girlfriend
друг, парень, ухажер boyfriend
любовник, любовница lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный fiance
свадьба wedding
невеста на свадьбе bride
жених на свадьбе (bride)groom
медовый месяц honeymoon

1.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

My student's life

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV

programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

My flat

I live in Ekaterinburg in a sixteen-storied dwelling house in the center of the city.
Five years ago our old wooden house was pulled down & we moved here into three-room flat with all modern conveniences.

Now we have running water, gas, electricity, central heating & a refuse chute. We live on the top floor & from the balcony we have a good view of the park. Besides we needn't mount the staircase because there is a lift to take us up.

The entrance hall is rather small. There is a hallstand & a mirror-stand there.

The sitting-room is a spacious simply furnished room. The floor spacious is about 15 square meters. It is not overcrowded with furniture. Everything fits in well. Nothing is out of place here. Next to the window there is a sofa with a stand – lamp. The bookcase in the corner of the room is full of books. On the left there are two comfortable arm-chairs opposite the TV-set & leaf – table.

In the bedroom we have dark brown suite of furniture of the latest model & thick carpet. Near the wall there is a divan-bed. In the built-in-wardrobe we keep our clothes & bed linen.
The adjoining room is the children's room. The bright pattern of the curtains & of wall paper makes the room look gay. There is a writing desk with a desk lamp, a small sofa & a lot of toys there.

In the kitchen there is a fridge, a cupboard, a kitchen table & a gas-stove. Over the sink there is a plate-rack. All kitchen utensils are close at hand.

In the corridor there is a built-in-closet, where we keep our vacuum-cleaner, electric iron & other household objects.

In the bathroom there is a bath-tub & a shower, a towel-rack & a wash-basin with a shelf above it. There tooth-brushes, a cake of soap & some shaving articles on it. Near the bath-room there is a lavatory.

There is nothing special about our flat, no rich decorations but we are accustomed to it & cannot compare it to the old one.

1.3 Систематизация грамматического материала:

1. Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях. Порядок слов в вопросительном предложении. Безличные предложения.
2. Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные).
3. Имя существительное. Артикли (определенный, неопределенный, нулевой).
4. Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have.* Оборот *there+be*.
5. Имя прилагательное и наречие. Степени сравнения. Сравнительные конструкции.
6. Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат).

Порядок слов в английском предложении

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	II	III Дополнение	IV

					Обстоятельство
Подлежащее	**Сказуемое**	**Косвенное без предлога**	**Прямое**	**Косвенное с предлогом**	
We Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. каждый день

Вопросительное предложение

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

Общие вопросы

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.

Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?

Примеры с модальными глаголами:

She can drive a car. – Она умеет водить машину.

Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.

Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?

Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not

Например: Are you a student? - Ты студент?

Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.

Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.

Специальные вопросы могут начинаться словами:

who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?

when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?

how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?

how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:

What are you reading? Что ты читаешь?

What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.

When will he come back? – Когда он вернется?

What did he do it for? Зачем он это сделал?

Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?

Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: "Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?", например:

What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)

what - что (для неодушевленных существительных)

The teacher read an interesting story to the students yesterday.

Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:
You speak French, don’t you? You are looking for something, aren’t you? Pete works at a plant, doesn’t he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:
It is not very warm today, is it? John doesn’t live in London, does he?

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Write questions and answers for the following statements, as in the example.

1 Paul was tired when he got home.
…Was Paul tired when he got home? Yes, he was…
2 They live in London.
3 She can't play the piano.
4 The film starts at nine o'clock.
5 You had an English lesson last night.
6 She has got blue eyes.
7 We didn't want to go to the beach.
8 He should follow the doctor's advice.

2. Write the short form of the following negative questions

1 Can they not decide where to go on holiday?

...Can't they decide where to go on holiday?...

2 Did Claire not invite you to her party?

3 Do you not enjoy watching horror films?

4 Have you not finished your homework yet?

5 Can she not go to town on her own?

6 Does he not know where we live?

7 Has Sue not done the shopping for you?

8 Did he not give you any details?

3. Fill in the gaps with the correct question word(s).

A: Now for the general knowledge part of the quiz.

1) ...*What*... is the capital of Egypt?

B: Cairo.

A: That's correct. 2) … can you see the Mona Lisa?

B: In the Louvre, in Paris.

A: Well done, that's right. 3) … wrote 'Romeo and Juliet'?

B: Charles Dickens.

A: No, that's incorrect. It was Shakespeare. 4) … are the Olympic Games held?

B: Every four years.

A: Correct. 5) … did the Second World War begin?

B: I think it was in 1939.

A: Yes, you're right. And the final question in this round is: 6) … players are there in a hockey team?

B: Eleven.

A: Correct. Well, at the end of that round, Contestant 2 has the most points, so he goes through to the final round to play for our star prize.

4. Fill in who, whose, what, which, where, when, how long, how often, what time, why, how much or how many.

is your jacket?' 'It's the red one.'

1. '...*Which*... is your jacket?' 'It's the red one.'

2. '…is your birthday?' 'It's next week.'

3. '… is Mary?' 'She's in her bedroom.'

4. '… have you been waiting?' Only five minutes.'

5. '… do you go shopping?' Once a week.'

6. '… are you doing at the moment?' I'm watching TV.'

7. ' … are you writing to?' 'Uncle Tom.'

8. '…do you start work?' At nine o'clock in the morning.'

9. '… pieces of toast do you want?' Two, please.'

10. '… isn't she at work today?' Because she's ill.'

11. '… did you spend last month?' About £500.'

12. ' … party are you going tonight?' 'Alison's'

5. Fill in the gaps with what, which or how.

1 A: ...*What*... do you want to do when you leave school?
B: I'm not really sure. I'd like to be a vet.

2 A: … bag do you prefer - the black one or the brown one?
B: I like the black one best.

3 A: … old are you?
B: It was my birthday last week. Now I'm fifteen.

4 A: … did you get my telephone number?
B: I looked in the staff address book.

5 A: … shall we do on Saturday?
B: Let's just stay at home and watch a video.

6 A: … house did you prefer — the one we saw first or second?
B: I didn't like either. We'll have to keep looking.
7 A: … many pairs of shoes did you buy last year?
B: Only two. One in the summer and one in the winter.
8 A: … is your favourite food?
B: Roast chicken.

6. Write questions to which the words in bold are the answers.

1 **The tiger** is the largest member of the cat family.
…Which is the largest member of the cat family?...
2 A mature male tiger weighs **between 160 and 230 kg**.
3 Tigers are usually **orange with black stripes**.
4 Tigers live **in Russia, China, India and South-East Asia.**
5 **The Javan tiger, the Bali tiger and the Caspian tiger** are extinct.
6 Tigers eat **a variety of smaller animals, including deer.**
7 Tigers can produce young **at any time of year.**
8 Tigers usually have **two or three** cubs at a time.
9 Tigers live **for an average of eleven years.**
10 Tigers are hunted **for sport or for their fur**.

7. Write questions to which the words in bold are the answers.

Claudette is **32 years old**. She lives **in Paris, France**, and has lived there **since she was 5 years old.** Claudette works as **a lawyer** for a successful law firm, and she travels to work **by car** every day. Claudette is married. Her husband's name is **Jean**. They have **two** dogs. She loves **to take the dogs for long walks** every evening **after work.** Claudette has several hobbies, such as **reading and playing the piano**, but her **favourite hobby is cooking**. Jean thinks this is good, too, **because he gets to eat the wonderful meals she makes.**

8. Write questions to which the words in bold are the answers.

1 **The Petersons** have bought a dog.
…Who has bought a dog?...
2 The Petersons have bought **a dog.**
…What have the Petersons bought?...
3 Rachel is writing **a letter**.
4 **Rachel** is writing a letter.
5 **Brian** likes this car.
6 Brian likes **this car**.
7 Dad broke **the window**.
8 **Dad** broke the window.
9 **Mother** will make a birthday cake.
10 Mother will make **a birthday cake**.
11 **Robin** is going to bake some biscuits.
12 Robin is going to bake **some biscuits**.

9. Write questions to which the words in bold are the answers.

1 Wendy doesn't agree with **her friend's decision**.
…What doesn't Wendy agree with?...
2 James is listening to **some old records**.
3 Sharon is waiting for **the bus**.
4 The boys were talking about **football**.
5 She has got a letter from **her pen-friend**.
6 Martin is thinking about **his holiday**.
7 This jacket belongs to **Stacey.**
8 Pauline was married to **Nigel.**

10. Complete the questions.

1 There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which …*book is Sue's*...?' 'The one on the table.'
b) 'Whose …*book is on the table*…?' 'Sue's.'
2 Steven wrote four letters.
a) 'Who … ?' 'Steven.'
b) 'How many … ?' 'Four.'
3 Teresa is going to wash the car.
a) 'Who … ?' Teresa.'
b) 'What … ?' 'The car.'
4 Kate visited John in hospital yesterday.
a) 'Who … ?' 'Kate.'
b) 'Who … ?' 'John.'
5 David has taken Frank's new CD.
a) 'Whose …?' 'Frank's.'
b) 'Who …?' 'David.'
6 Alice is going to the cinema tonight.
a) 'Who …?' 'Alice.'
b) 'Where …?'The cinema.'

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

1	**personal**	личные
2	**possessive**	притяжательные
3	**demonstrative**	указательные
4	**indefinite and negative**	неопределенные и отрицательные
5	**quantifiers**	количественные
6	**reflexive**	возвратные
7	**reciprocal**	взаимные
8	**relative**	относительные
9	**defining**	определительные
10	**interrogative**	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		**Объектный падеж**	
I	я	**me**	мне, меня
he	он	**him**	его, ему

she	она	**her**	ей, о ней
it	оно, это	**it**	ей, ему, этому
we	мы	**us**	нам, нас
they	они	**them**	им, их
you	ты, вы	**you**	тебе, вам

Внимание! He (он) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

he	**she**	**it**
a boy – мальчик **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **an apple -** яблоко

Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы** - **основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
Whose pen is it? - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

Личное местоимение	**Основная форма**	**Абсолютная форма**
I – я **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **theirs -** их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения some, any, every, и их производные

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
I have/l have got three apples. *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

Производные от неопределенных местоимений

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some **something –** *что-то, что-нибудь*

any	**anything -** *что-то, что-нибудь*
thing	
no	**nothing -** *ничего, ничто*
every	**everything -** *все*
Body/one - для одушевленных (кто-то):	
some	**somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь*
any	**anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь*
body/one	
no	**nobody / no one -** *никого, никто*
every	**everybody /everyone –** *все, каждый*
Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*	

somewhere - *где-нибудь, куда-нибудь*	**anywhere -** *где угодно*
nowhere - *нигде*	**everywhere -** *везде*

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.	
many girls - *много девочек* **many boys -** *много мальчиков* **many books -** *много книжек*	**much snow -** *много снега* **much money -** *много денег* **much time -** *много времени*
How many? } **сколько?** **How much?** } **сколько?**	**How many girls? -** *Сколько девочек?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?*
a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot без (of) используется и без существительного.	girls – много девочек **a lot of** sugar - много сахара
Сравните: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.* He writes **a lot.** *Он много пишет.*	
В утвердительных предложениях используйте **a lot of.** В отрицательных и в вопросительных **many/much,** **Сравните:** (+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*. (-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?* Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":** Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.	

Few, little, a few, a little

С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало), а с исчисляемыми - few (мало).

few books - мало книг **few girls -** мало девочек **few boys -** мало мальчиков	**little time -** мало времени **little money -** мало денег **little snow -** мало снега
little } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** } **немного (т.е. пока хватает)**

few	a few

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	Возвратное местоимение	Пример	Перевод
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).
One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
They spoke to <u>each other</u> rather friendly. *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
They always help <u>one another</u>. *Они всегда помогают друг другу.*

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	**Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)** **The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.*
	Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение) **The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.*
which	**Для неодушевленных предметов и животных** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.*

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	Примеры	Перевод
определяет неисчисляемые существительные	He spent **all his** time fishing on the lake**.**	Он провел все свое время, ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	**All the** boys like football. **(the после all!)**	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know **all/everything.**	Я знаю всё.
all = everybody	**All** were hungry. **Everybody** was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them	We **all** love you very much = **All** of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	**Both (the/my) friends like football.**	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	**Both these/the men are Russian.**	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	**He gave me two apples. Both were sweet.**	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	**They both (both of them) came to visit us.**	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции **both...and.**	**Both mother father were at home**	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither**	**Both of them know English. Neither of them know English.**	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикль не ставится)	**I've got 2 cakes. Take either cake.**	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	**There are windows on either side of the house.**	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	**Either of dogs is always hungry.**	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой)	**Neither of examples is correct.**	Ни один из примеров не верен.
	в констр. neither.. .nor (ни.. .ни)	**I like neither tea, nor coffee.**	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	Примеры	Перевод
the other	другой (второй), другой из двух	**You've got 2 balls: one and the other.**	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	**Take another ball.**	Возьми другой мяч.

			(Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	**Take other 2 balls.**	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)
the others	другие (определенные)	**There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.**	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	**What's this?**	Что это?
which	который	**Which of them?**	Который из них?
who	кто, кого	**Who was that?**	Кто это был?
whom	кого	**Whom did you meet?**	Кого ты встретил?
whose	чей	**Whose book is it?**	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	**Изменяется**	**Изменяется**
Падеж	**Изменяется**	**Не изменяется**

Выполните упражнения на закрепление материала:

. Fill in the gaps with the correct subject or object pronoun.

1 A: Do your brothers play football?
B: Yes, ...*they*... play … all the time … think …'s a brilliant game.
2 A: Does Susan eat chocolate?
B: Yes … eats … all the time … says …'s her favourite food.
3 A: Do your parents know Mr. Jones?
B: Yes, … know … very well … lives next door to … .
4 A: Does Claire like David?
B: No, … doesn't like … very much. … says …'s too noisy.
5 A: Do you listen to rock music?
B: Yes, … listen to … all the time. … think …'s fantastic.
6 A: Does Tony enjoy fishing?
B: Oh, yes … enjoys … very much. .... says … relaxes him.

2. Fill in the gaps with there or it.

1 By the time I got home, ...*it*… was nearly ten o'clock.
2 'Is … your birthday today?" No, … was last week.'
3 Come here, Simon … is someone here to see you. I think … is your friend, Rod.
4 … wasn't warm enough to go to the beach, so we went to the cinema.
5 … wasn't very much money left after I had paid for the shopping.

3. Fill in the gaps with one or it.

1 A: I need a loaf of bread.
B: I'll buy ...*one*... this afternoon.
2 A: Is the phone ringing?
B: I can't hear … .
3 A: 'Titanic' is an amazing film.
B: I know. I've seen … twice.
4 A: When was the last time you read a book?
B: I haven't read … for months.

5 A: Have you got a car?
B: No. I can't afford … .
6 A: Do you like the new Rolling Stones CD?
B: I haven't heard … yet.
7 A: I need a dress for the party.
B: I'll lend you … .

4. Fill in the correct possessive adjective or pronoun.

1 A: Have you met ...*your*... new neighbours yet?
B: No. I've seen … children in the garden, though.
2 A: You took … coat home last night.
B: I know, I'm sorry. I thought it was … because they're both black.
3 A: What's wrong with Rosie?
B: Oh, she's been having problems with … back recently.
4 A: James is doing well at school.
B: I know … teacher says he's very advanced for his age.
5 A: Is this bag … ?
B: Oh, yes, thank you. I nearly forgot it.
6 A: Julie and Frank are so lucky … house is beautiful.
B: Yes, and it's so much bigger than … I envy them.
7 A: I like … shirt. It's like Sandra's.
B: Actually, it is … I borrowed it from her yesterday.
8 A: Why did you lend Tom … car?
B: Because … is being repaired at the moment.

5. Fill in its or it's.

1 The car is nice to drive, but I don't like ...its... colour.
2 This town is wonderful … got lots of shops!
3 I'm staying at home today because … cold outside.
4 Let's go in here … my favourite restaurant.
5 A bird has built … nest in our garden.
6 The company I work for has changed … name.

6. Fill in a possessive adjective or the.

1 A dog bit him on ...*the*... leg.
2 I banged … head on the cupboard door.
3 Karen put … arm around Jane's shoulder.
4 Don't put … feet on the tablel
5 You shouldn't have punched Tom in … stomach.
6 Paul patted Lisa on … shoulder.

7. Fill in the gaps with of where necessary, and my, your, etc. own.

1 John doesn't live with his parents any more. He's got a flat ...*of his own*...
2 She doesn't travel by bus any more because she's got … car.
3 I don't need to borrow your umbrella. I've got one … .
4 Haven't you got … pen? You're always borrowing mine.
5 My job includes doing research in … time.
6 Sam is tired of using his friend's computer, so he is going to buy one… .
7 The couple moved into … house after they got married.
8 Don't let the dog sleep on your bed. It's got a bed … .

8. Connect the nouns using -'s, -' or ...of…

1 car/Helen ...*Helen's car*…
2 the manager/the restaurant
3 shoes/women
4 the results/the test
5 bicycles/my daughters

6 secretary/the assistant manager
7 the corner/the room
8 house/their parents
9 the back/the classroom
10 shoes/William
11 walk/an hour
12 partner/Jim
13 Rome/the streets
14 UN/headquarters

9. Rewrite the sentences using the correct possessive form.

1 Nobody went to **the meeting last week**.

...Nobody went to last week's meeting....

2 The **drive** to the airport takes **two hours**.
3 They will get their exam results **six weeks from now**.
4 I look after **James - Karen — children**.
5 I received the letter in **the post - yesterday**.
6 It's autumn. **The tree - the leaves** are falling off.
7 Graham never listens to **his doctor - the advice.**
8 Are you going to **Jane - Paula - the party**?
9 He has never done a hard **day of work** in his life.
10 At the moment I'm staying with **a friend - my**.
11 I think I'll order **the special of today**.
12 The man knocked on **the house - the door**.
13 The ticket inspector looked at **the people – the tickets.**
14 **Mrs Jones - Miss Smith - cars** are being serviced.
15 **The sales target this month** is two million pounds.

10. Fill in the gaps with the correct reflexive pronoun.

1 The girl has hurt … *herself... .*
2 He put the fire out by …
3 She is looking at … in the mirror.
4 They are serving …
5 He cooked the food by …
6 They bought this house for …
7 They are enjoying …
8 He introduced …

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	**a book - books** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики

2) согласная + y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	**Мн. число**	**Перевод**
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	**бык - быки**
tooth	teeth	**зуб - зубы**

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):
This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.**	
What apple do you want? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **The red ones. Красные.**

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски.	This girl speaks English well.
Р. п. Это собака той девочки.	It’s a dog of that girl.
Д. п. Я дал яблоко той девочке. .	I gave an apple to that girl.
В. п. Я вижу маленькую девочку. .	1 can see a little girl.
Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой.	1 like to play with this girl.
П. п. Я часто думаю об этой девочке.	1 often think about this girl.

Притяжательный падеж. The Possessive Case
Образование притяжательного падежа

	Образование	**Примеры**	**Перевод**
существительные в единственном числе	**’s**	**bird’s house** **child’s ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**’s**	**children’s bail** **women’s rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**’**	**girls’ toy** **birds’ house**	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother’s book - мамина книга,

this girl’s bail - мячик девочки,

the bird’s house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Fill in the gaps with an appropriate noun + of to indicate quantity.

1 a ... carton/glass/jug of ... orange juice
2 a … cheese
3 a … bread
4 a … coffee
5 a … water
6 a … wine
7 a … chocolate
8 a … crisps
9 a … honey
10 a … meat
11 a … spaghetti
12 a … flour

2. Fill the gaps with a, an, or some where necessary.

1 a) We had ...some... delicious food last night,
b) We had ...a... delicious meal last night.
2 a) There is … beautiful furniture in that shop,
b) There is … beautiful table in that shop.
3 a) I'm thirsty. I need … drink.
b) I'm thirsty. I need … water.
4 a) She's just bought … expensive clothes.
b) She's just bought … expensive dress.
5 a) They booked … room in advance.
b) They booked … accommodation in advance
6 a) The band played … lovely song.
b) The band played … lovely music.
7 a) We had … heatwave last week.
b) We had … hot weather last week.
8 a) I can't do this job alone. I need … assistant
b) I can't do this job alone. I need … help.
9 a) He has got … heavy luggage to carry.
b) He has got … heavy suitcase to carry.
10 a) I need … cutlery to eat this food with.
b) I need … knife and fork to eat this food with.
11 a) She has got … important job to do.
b) She has got … important work to do.
12 a) He found … coin on the ground.
b) He found … money on the ground.

3. Complete the sentences using the noun in brackets in the singular or plural form and a/an where necessary.

1. He gave me a box' of my favourite ...chocolates.... (chocolate)
2. His favourite food is … . (chocolate)
3. She bought … on her way to work. (paper)
4. He placed all the important … in his briefcase. (paper)
5. I need some … to write this message on. (paper)
6. Hurry up! We don't have much …. (time)
7. She has visited us several … this month. (time)
8. He has no … but he is keen to learn. (experience)
9. She had a lot of exciting … during her travels. (experience)
10. We went far a walk in the … after lunch. (wood)
11. His desk is made of ……. . (wood)
12. Jane is in her… reading a book. (room)
13. We have got plenty of … for a party in here. (room)
14. I am going to have my … cut tomorrow. (hair)
15. There was …in my soup. (hair)
16. I'm thirsty. I need … of water. (glass)
17. Susan only wears her … when she reads. (glass)
18. This ornament is made of coloured …. . (glass)
19. Helen bought … in the sale at the electrical store. (iron)
20. The old gate was made of … .(iron)

4. Cross out the expressions which cannot be used with the nouns, as in the example.

1 There are **several, many, <u>much,</u> plenty of, <u>too little</u>** things you can do to help.
2 He has met **a couple of, a few, very little, plenty of, too much** interesting people.
3 She earns **few, hardly any, plenty of, several, a great deal** of money.
4 We have got **no, many, lots of, a great deal of, a few** work to do.
5 Don't worry, there's **a little, plenty of, a couple of, many, a lot of** time.
6 **Both, Several, A large quantity of, Plenty of, Too much** students applied for the course.
7 He's got **no, hardly any, a little, some, a small amount of** qualifications.
8 She's got **hardly any, several, a little, a few, a lot of** experience in dealing with customers.
9 There is **too much, a lot of, hardly any, few, several** salt in this soup.
10 There is **a little, many, too much, a great number of, some** traffic on the roads today.

5. Underline the correct word.

1 A: I have a Physics exam tomorrow.
B: Oh dear. Physics **<u>is</u>/are** a very difficult subject.
2 A: My office is three miles from my house.
B: Three miles **is/are** a long way to walk to work.
3 A: My little brother has got measles.
B: Oh dear. Measles **is/are** quite a serious illness.
4 A: Jane looked nice today, didn't she?
B: Yes. Her clothes **were/was** very smart.
5 A: I've got two pounds. I'm going to buy a CD.
B: Two pounds **is/are** not enough to buy a CD.
6 A: The classroom was empty when I walked past.
B: Yes. The class **was/were** all on a school outing.
7 A: Have you just cleaned the stairs?
B: Yes, so be careful. They **is/are** very slippery.
8 A: Did you ask John to fix your car?
B: Yes. His advice **was/were** that I take it to a garage.

9 A: Did you enjoy your holiday?
B: Yes, thank you. The weather **was/were** wonderful.
10 A: These trousers **is/are** very old.
B: You should buy a new pair.
11 A: How **is/are** the company doing lately?
B: Great. We opened up two more branches.
12 A:' I am going to travel for two years when I finish school.
B: Two years **is/are** a long time to be away from home.

6. Finish the sentences, as in the example.

1 You need a lot of experience to do this job. A lot of experience ...is needed to do this job...
2 They gave us some interesting information. The information …
3 She likes Maths more than any other subject. Maths …
4 We had mild weather this winter. The weather …
5 We called the police immediately. The police …
6 I told them some exciting news. The news …
7 He was irritated because of the bad traffic. He was irritated because the …
8 I stayed in very luxurious accommodation. The accommodation …
9 The driver took the luggage out of the car. The luggage …
10 She gave me very sensible advice. The advice she gave me …
11 These shorts are too big for me. This pair of shorts …
12 The hotel is in magnificent surroundings. The hotel surroundings …
13 She's got long blonde hair. Her hair …

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово “an hour” (час) начинается с согласной буквы “h”, но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю “a” также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise!

	Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth
с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner in the morning, In the evening, in the afternoon what’s the use? to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market	The table is in the middle of the room. I never drink coffee in the evening. What's the use of going there so late? Do you like going to the theatre? He works at the shop.

at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market the fact is (was) that... where is the…? in the country, to the country	The fact is that I have no money at all. Where is the doctor? We always spend summer in the country.

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание “no”	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.
с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James’ Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное	what animals can swim? I know what thing you have lost!

местоимение	

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты: His son goes to school. Его сын учится в школе.
She has written an interesting article. Она написала интересную статью.
A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:
"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.
Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:
Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?

I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?
We are	We're	We are not	We aren't	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Are they?
They are	They're	They are not	They aren't	

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.
Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.
В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I was	I was not	I wasn’t	Was I?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
He was	He was not	He wasn’t	Was he?
She was	She was not	She wasn’t	Was she?
It was	It was not	It wasn’t	Was it?
We were	We were not	We weren’t	Were we?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
They were	They were not	They weren’t	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.
Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.
It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)
There are three books on the desk.
They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.
There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.
This is the same town fifty years ago.
There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
There was	There was not	There wasn't	Was there?
There were	There were not	There weren't	Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.

б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.

в) в следующих высказываниях: I’ve got a headache. I’ve got a temperature. I’ve got a cough, I’ve got a toothache, I’ve got a cold, I’ve got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	I've (got)	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	He's (got)	He has not (got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	She's (got)	She has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	It's (got)	It has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	We've (got)	We have not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?

You have (got) They have (got)	You've (got) They've (got)	You have not (got) They have not (got)	You haven't (got) They haven't (got)	Have they (got)?

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	**Прилагательное в русском языке**	**Прилагательное в английском языке**
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе **ни приставок, ни суффиксов: small -** *маленький*, **long -** *длинный*, **white -** *белый*.

К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	**Пример**	**Перевод**
- ful	use**ful** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **snow-white –** белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	**- ing**
Описывают чувства и состояния	**Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства**
interested – интересующийся, заинтересованный	**interesting -** интересный
bored - скучающий	**boring -** скучный
surprised - удивленный	**surprising -** удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**

Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:

- положительная степень сравнения **(Positive Degree);**

- сравнительная степень сравнения **(Comparative Degree);**

- превосходная степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке **-** добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).

Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный	cold**er -** холоднее	the cold**est -** самый холодный
big - большой	bigg**er -** больше	the bigg**est -** самый большой
kind - добрый	kind**er -** добрее	the kind**est -** самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень

clever — умный **easy -** простой **able -** способный **busy -** занятой	clever**er - умнее** eas**ier - проще** abl**er - способнее** bus**ier - более занятой**	**the** clever**est - самый умный** **the** easi**est - самый простой** **the** abl**est - самый способный** **the** busi**est - самый занятой**

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **“e” ,** то при прибавлении **– er и – est немое “e” опускается:**

large **– large**r **- the** large**st /** большой – больше – самый большой

brave **– brave**r **– the** brave**st /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

big – bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

hot – hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий

thin – thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на “y” с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **“y” переходит в “i”:**

busy – bus**ier – bus**iest **/ занятой – более занятой – самый занятой**

easy – eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful - красивый **interesting – интересный** **important - важный**	**more beautiful -** красивее **more interesting -** интереснее **more important -** важнее	**the most beautiful** - самый красивый **the most interesting** - самый интересный **the most important** - самый важный

Особые формы

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
good - хороший **bad -** плохой **little -** маленький **much/many -** много **far -** далекий/далеко **old -** старый	**better -** лучше **worse -** хуже **less -** меньше **more -** больше **farther/further -** дальше **older/elder -** старше	**the best -** самый лучший **the worst -** самый плохой **the least -** самый маленький, меньше всего **the most -** больше всего **the farthest/furthest -** самый дальний **the oldest/eldest -** самый старый

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful – красивый **interesting -** интересный	**less beautiful -** менее красивый	**the least beautiful –** самый некрасивый

important - важный	**less interesting –** менее интересный **less important -** менее важный	**the least interesting –** самый неинтересный **the least important –** самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As…as (такой же, так же)	**Для сравнения двух объектов одинакового качества**	He is **as** a strong **as** a lion Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. Она не такая умная, как сова.
The…the (с двумя сравнительными степенями)	**показывает зависимость одного действия от другого**	**The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **“of”:**

hundreds <u>of</u> children – сотни детей

thousands <u>of</u> birds- тысячи птиц

millions <u>of</u> insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)

60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:

224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)

Тематика общения:

1. Высшее образование в России и за рубежом.
2. Мой вуз.
3. Студенческая жизнь.

Проблематика общения:

1. Уровни высшего образования.
2. Уральский государственный горный университет.
3. Учебная и научная работа студентов.
4. Культурная и спортивная жизнь студентов.

2.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать; **to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере;

course of studies - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **for approval** - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

2.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

This text is dedicated to the history of the Ural State Mining University formerly called the Sverdlovsk Mining Institute. It was founded in 1917. It is the oldest higher technical educational institution in the Urals. In 1920 the Mining Institute became a faculty of the Ural State University and in 1925 of the Ural Polytechnical Institute. In 1930 this faculty was reorganized into the Mining Institute. The Institute was named after V.V. Vakhrushev the USSR Coal Industry Minister in 1947. It was awarded the Order of the Red Banner of Labour in 1967.

In 1993 the Sverdlovsk Mining Institute was reorganized into The Ural State Academy of Wining and Geology. In 2004 The Ural State Academy of Mining and Geology was reorganized into The Ural State Mining University. The University provides full-time and extramural education in many specialities. There are post graduate courses at the University as well.

The University is an important scientific research center. Many doctors and masters of Science teach and carry out scientific work at the University. Capable students take part in research projects. The graduates of the University work all over the country.

There are six faculties at the Ural State Mining University: Faculty of Mining Technology; Faculty of Mining Mechanics; Faculty of Geology & Geophysics; Faculty of Civil Protection; Faculty of City Economy; Faculty of Extramural Education; and The Institute of World Economics.

Besides there is a Preparatory faculty where young people get special training before taking entrance exams. The Faculty of Additional Education offers an opportunity to get the second higher education.

Each faculty trains mining engineers in different specialities.

There are many specialities at the Faculty of Extramural Education where students have to combine work with studies. Very often the Ural State Mining University organizes training specialists in new modern specialities.

Faculties consist of Departments. Each faculty is headed by the Dean. The head of the Academy is the Rector.

The University is housed in four buildings. Building, One houses - the Rector's office, the Deans' offices, number of administrative offices, Faculty of City Economy, the Faculty or Mining Mechanics with its numerous departments and laboratories (labs).

Building Two houses the Faculty of Mining Technology, Faculty of Civil Protection, the Deans' offices, many departments, labs and the computation centre.

Building Three houses the Faculty of Geology & of Geophysics, the Faculty of Extramural Education, the Dean's offices, many departments and labs. The Ural Geological Museum, the Museum of the History of the Ural State Mining University and some administrative offices are also housed in this building.

Building Four houses The Institute of World Economics, the Dean's office, departments and labs, the library, reading halls, the Assembly hail, the students cultural centre and a large canteen where students can have their meals.

The library and the reading halls provide students with all kinds of reading: textbooks, reference books / справочники/ dictionaries, magazines and fiction/ художественная литература/.

Besides not far from the University there are four five-storied buildings of the student hostel, where most students live. Near the hostels there is a House of Sports. There students can go in for- different kinds of sports: chess, badminton, table tennis, boxing, wrestling, weight lifting, basketball, volleyball, handball.

The Ural State Mining University offers students three different programs of higher education such as: Bachelors, Diplomate Engineers and Magisters.

The course of studies for a bachelor's degree lasts four years. The academic year begins in September and ends in June. It consists of two terms - September to January and February to June. Students attend lectures and practical classes. As a rule, there are three or four periods of lectures and Classes a day with 20 minutes break between them.

During their first two years students take the following subjects: higher mathematics, physics, chemistry, theoretical air-mechanics, descriptive geometry, general geology, mineralogy, geodesy, history, a foreign language (English, French or German). Besides all the students learn to operate a computer.

Students take their tests and exams at the end of each term. After exams students have their holidays or vacations. At the end of the academic year the students of the academy have practical work at mines, mineral dressing plants, geological & geophysical parties. At the end of the final year students present their graduation papers for approval. After getting the Bachelor's degree the graduates have a possibility to continue their education. They can enter a Diplomate Engineer's course or studies

which lasts one academic year or the graduates can take a two-year program of Magister's degree. After defending final papers these graduates can enter the post-graduate courses.

2.3 Систематизация грамматического материала:

1. Образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],

Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.
Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Put the verbs in brackets into the present simple or the present continuous.

1 A: *Do you know* (you/know) that man over there?
B: Actually, I do. He's Muriel's husband.

2 A: Are you doing anything tomorrow evening?
B: Yes. I … (see) Jack at nine o'clock.

3 A: I … (see) you're feeling better.
B: Yes, I am, thank you.

4 A: What's that noise?
B: The people next door … (have) a party.

5 A: Graham … (have) a new computer.
B: I know. I've already seen it.

6 A: This dress …. (not/fit) me any more.
B: Why don't you buy a new one?

7 A: Your perfume … (smell) nice. What is it?
B: It's a new perfume called Sunshine.

8 A: What is Jane doing?
B: She … (smell) the flowers in the garden.

9 A: What … (you/look) at?
B: Some photos I took during my holidays. They aren't very good, though.

10 A: You … (look) very pretty today.
B: Thank you. I've just had my hair cut.

11 A: I … (think) we're being followed.
B: Don't be silly! It's just your imagination.

12 A: Is anything wrong?
B: No. I … (just/think) about the party tonight.

13 A: This fabric … (feel) like silk.
B: It is silk, and it was very expensive.

14 A: What are you doing?

B: I … (feel) the radiator to see if it's getting warm.
15 A: She … (be) generous, isn't she?
B: Yes, she has never been a mean person.
16 A: He … (be) very quiet today, isn't he?
B: Yes, I think he has some problems.
17 A: Would you like some cherries?
B: Yes, please. I … (love) cherries. They're my favourite fruit.
18 A: I'm sorry, but I … (not understand) what you mean.
B: Shall I explain it again?
19 A: The children are making lots of noise today.
B: I know, but they … (have) fun.
20 A: This cake … (taste) awful.
B: I think I forgot to put the sugar in it!

2. Fill in the gaps with recently, how long, yet, for, always, ever, already, since, so far or just. Sometimes more than one answer is possible.

1 A: Has Tom finished his exams ...yet...?
B: No. He finishes them next Thursday.
2 A: … has Janet been working at the hospital?
B: She has been working there … she left school.
3 A: How are you finding your new job?
B: Great. I haven't had any problems … .
4 A: Is John at home, please?
B: No, I'm afraid he's … gone out.
5 A: Have you been waiting long?
B: Yes, I've been here … two hours.
6 A: Has Martin … been to Spain?
B: No. I don't think so.
7 A: Have you spoken to Matthew … ?
B: Yes. I phoned him last night.
8 A: Can you do the washing-up for me, please?
B: Don't worry. Mike has … done it.
9 A: Lucy has … been musical, hasn't she?
B: Yes, she started playing the piano when she was five years old.
10 A: Shall we go to that new restaurant tonight?
B: Yes. I have … been there. It's really nice.
11 A: Your dog's been barking … three hours!
B: I'm sorry. I'll take him inside.
12 A: Have you finished reading that bodk yet?
B: No. I've … started it.

3. Put the verbs in brackets into the present perfect or continuous, using short forms where appropriate.

1 A: How long ...*have you known*... (you/know) Alison?
B: We ... (be) friends since we were children.
2 A: Who … (use) the car?
B: I was. Is there a problem?
3 A: What are Andrew and David doing?
B: They … (work) in the garden for three hours.
4 A: Why is Sally upset?
B: She … (lose) her bag.
5 A: I … (always/believe) that exercise is good for you.

B: Of course, it's good to keep fit.

6 A: Emily … (teach) maths since she left university.
B: Yes, and she's a very good teacher, too.

7 A: Fred … (open) a new shop.
B: Really? Where is it?

8 A: This pie is delicious.
B: Is it? I … (not/taste) it yet.

9 A: Have you found your umbrella yet?
B: No, I … (look) for it for an hour now.

10 A: You look exhausted.
B: Well, I … (clean) the windows since 8 o'clock this morning.

11 A: Can I have some more lemonade, please?
B: Sorry, your brother … (just/drink) it all.

12 A: Have you got new neighbours?
B: Yes, they … (just/move) to the area.

4. Put the verbs in brackets into the present perfect or the present perfect continuous.

Dear Connie,

I hope you are enjoying yourself at university. I'm sure you 1)...*'ve been studying*... (study) hard. Everything is fine here at home. Billly 2) … (just/receive) his school report. It was bad, as usual. He 3) … (decide) to leave school next year and find a job. Fiona 4) … (go) to the gym every day for the past two weeks. She 5) … (try) to get in shape for the summer. She 6) … (already/plan) her holiday in the sun. Your father 7) … (sell) the old car and he 8) … (buy) a new one. It's lovely — much nicer than the old one.

Anyway, write soon.

Love, Mum

5. Fill in the gaps with have/has been (to) or have/has gone (to).

Jack: Hi, Jill. Where's Paul?

Jill: Oh, he 1) ...*has gone to*... London for a few days.

Jack: Really! I 2) … London recently. I came back yesterday. 3) … you … there?

Jill: No, I haven't. Paul 4) … twice before, though. Where's Sarah?

Jack: She 5) … Spain for two weeks with her parents. They 6) … there to visit some friends.

Jill: When is she coming back?

Jack: They'll all be back next weekend.

6. Choose the correct answer.

1 'What time does the train leave?'
'I think it ..*A*... at 2 o'clock.'
A leaves
B has been leaving
C has left

2 'Where are Tom and Pauline?'
They … e supermarket.'
A have just gone
B have been going
C go

3 What is Jill doing these days?'
She … for a job for six months.'
A is looking
B has been looking
C looks

4 Is Mandy watching TV?'
No. She … her homework right now.'
A is always doing
B is doing
C does

5 'Have you been for a walk?'
'Yes. I often … for walks in the evenings.'
A have gone
B am going
C go

6 'Have you seen any films lately?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have seen
B am seeing
C see

7 'What … ?'
'It's a piece of cherry pie. Mum made it yesterday.'
A are you eating
B do you eat
C have you eaten

8 'Are you going on holiday this summer?'
'Yes. I … enough money.'
A am saving
B have already saved
C save

9 'Is Todd reading the newspaper?'
'No. He … dinner at the moment.'
A has been making
B makes
C is making

10 'Have you bought any new CDs recently?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have bought
B have been buying
C am buying

11 'What time does the play start?'
'I think it … at 8 o'clock.'
A has been starting
B starts
C has started

12 'Where is Mark?'
'He … to the library to return some books.'
A has gone
B has been
C is going

13 'What … ?'
'It's a letter to my pen-friend. I'm telling her my news.'
A have'you written
B do you write
C are you writing

7. Underline the correct tense.

1. Liz and I are good friends. We **know/<u>have known</u>** each other for four years.
2. Sarah is very tired. She **has been working / is working** hard all day.
3. Where is John?' 'He's upstairs. He **does/is doing** his homework.'
4. I can't go to the party on Saturday. I **am leaving/ have been leaving** for Spain on Friday night.
5. Jane **has finished/is finishing** cleaning her room, and now she is going out with her friends.
6. I didn't recognise Tom. He **looks/is looking** so different in a suit.
7. I don't need to wash my car. Jim **washes/has washed** it for me already.
8. Ian **has been talking/is talking** to his boss for an hour now.
9. Claire's train **arrives/has arrived** at 3 o'clock. I must go and meet her at the station.
10. 'Would you like to borrow this book?' 'No, thanks. I **have read/have been reading** it before.'
11. 'Where **are you going/do you go**?' To the cinema. Would you like to come with me?'
12. Have you seen my bag? I **am searching/have been searching** for it all morning.
13. 'Is Colin here?' 'I don't know. I **haven't seen/ haven't been seeing** him all day.'
14. Sophie is very clever. She **is speaking/speaks** seven different languages.
15. We **are moving/have moved** house tomorrow. Everything is packed.

8. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 Who …*has been using* … (use) my toothbrush?
2 'What … (you/do)?' 'I … (write) a letter.'
3 Samantha … (play) tennis with friends every weekend.
4 Tim and Matilda … (be) married since 1991.
5 Uncle Bill … (just/decorate) the bathroom.
6 Pauline and Tom … (sing) in the school choir twice a week.
7 Who … (you/speak) to?
8 Sarah is very happy. She … (win) a poetry competition.
9 He … (drink) two cups of coffee this morning.
10 My friend … (live) in America at the moment.
11 They … (usually/change) jobs every five years.
12 I … (normally/cut) my hair myself.
13 Linda … (study) in the library for three hours.
14 We … (play) in a concert next weekend.
15 Who … (read) my diary?
16 Tim … (leave) the house at 7 o'clock every morning.
17 … (your mother/work) in a bank?
18 … (you/drink) coffee with your breakfast every day?
19 We … (make) plans for our summer holidays right now.
20 They… (move) house in September.

9. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 A: What ...*are you doing*... (you/do)?
B: Nothing. I … (just/finish) my lunch.
2 A: Where … (you/be) all morning?
B: I … (clean) my house since 8 o'clock.
3 A: … (you/do) anything next weekend?
B: No, I … (not/make) any plans yet.
4 A: Jane looks great. … (she/lose) weight?
B: Yes, she … (exercise) a lot recently.
5 A: … (be/you) busy right now?
B: Yes, I … (just/start) typing this report.
6 A: Where is Peter?
B: He … (wash) the car at the moment.
7 A: Who … (be) your favourite actor?

B: I … (like) Sean Connery since I was a child.

8 A: … (you/do) your homework yet?

B: Almost; I … (do) it now.

10. Put the verbs in brackets into the correct tense.

Dear Nick,

This is just a short note to tell you I 1) *...'m arriving/arrive...* (arrive) at the airport at 5 pm on Saturday, 10th December. I 2) … (be) very busy recently, and that's why I 3) … (not/write) to you for a while. I 4) … (plan) this trip for months, so now I 5) … (look forward) to spending some time with you and your family. I 6) … (hope) you will be able to meet me at the airport. Please give my love to your wife and the children.

See you soon,
James

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn’t use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,
They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous. Which was the longer action in each sentence?

1. They ...*were cleaning*... (clean) the windows when it …*started*... (start) to rain.
Cleaning the windows was the longer action.
2. As he … (drive) to work, he … (remember) that his briefcase was still at home.
3. Melanie … (cook) dinner when her husband … (come) home.
4. I … (hear) a loud crash as I … (sit) in the garden.
5. She … (type) a letter when her boss … (arrive).
6. While the dog … (dig) in the garden, it … (find) a bone.
7. Mary … (ride) her bicycle when she … (notice) the tiny kitten.
8. While I … (do) my homework, the phone … (ring).

2. A policeman is asking Mrs Hutchinson about a car accident she happened to see yesterday. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.

P: What 1) ...*were you doing*... (you/do) when you 2) … (see) the accident, madam?
H: I … (walk) down the street.
P: What exactly 4) … (you/see)?
H: Well, the driver of the car 5)… (drive) down the road when suddenly the old man just 5) … (step) in front of him! It 6) … (be) terrible!
P: 8) … (the driver/speed)?
H: No, not really, but the old man 9) … (not/look) both ways before he ... (try) to cross the road.
P: 11) ... (anyone else/see) the accident?
H: Yes, the lady in the post office.
P: Thank you very much.

3. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.

A As soon as Margaret 1) ...*got*... (get) off the train, she 2) … (pull) her coat around her. Rain 3) … (fall) heavily and a cold wind 4) … (blow) across the platform. She 5) … (look) around, but no one 6)

… (wait) to meet her. She 7) … (turn) to leave when she 8) … (hear) footsteps. A man 9) … (walk) towards her. He 10) … (smile) at her, then he 11) … (say), 'You're finally here.'

B George 1) … (pick) up his bag then, 2) … (throw) it over his shoulder. It 3) … (get) dark and he 4) … (have) a long way to go. He wished that he had let someone know that he was coming. It 5) … (start) to rain, and he was feeling cold and tired from the long journey. Suddenly, he 6) … (hear) a noise, then he 7) … (see) two bright lights on the road ahead. A car 8) … (head) towards him. It slowed down and finally 9) … (stop) beside him. A man 10) … (sit) at the wheel. He 11) … (open) the door quickly and 12) … (say) 'Get in, George.'

C Andy 1) … (step) into the house and 2) … (close) the door behind him. Everything 3) … (be) quiet. His heart 4) … (beat) fast and his hands 5) … (shake) as he crept silently into the empty house, but he was trying not to panic. He soon 6) … (find) what he 7) … (look) for. He smiled with relief as he put on the clothes. The men who 8) … (follow) him would never recognise him now.

4. Imagine that you were present when these things happened, then, in pairs, ask and answer questions, as in the example.

SA: What were you doing when the burglar broke in?
SB: I was watching TV.
SA: What did you do?
SB: I called for help.

1 The burglar broke in.
2 The storm broke.
3 The lights went out.
4 The boat overturned.
5 The earthquake hit.
6 The building caught fire.

5. Rewrite each person's comment using used to or didn't use to.

1 Sally - 'I don't walk to work any more.'
I used to walk to work.
2 Gordon - 'I've got a dog now.'
3 Lisa - 'I don't eat junk food any more.'
4 Jane - 'I go to the gym every night now.'
5 Paul - 'I'm not shy any more.'
6 Edward - 'I live in a big house now.'
7 Helen - 'I haven't got long hair any more.'
8 Frank - 'I eat lots of vegetables now.'

6. Choose the correct answer.

1 'I find it hard to get up early.'
'You ...*3*... to getting up early once you start working.'
A are used
B will get used
C were used

2 'Do you often exercise now?'
'No, but I … to exercise a lot when I was at school.'
A used
B will get used
C am used

3 'Aren't you bothered by all that noise?'
'No, we … to noise. We live in the city centre.'
A were used
B will get used

C are used

4 'Does your sister travel a lot?'
'No, but she … to before she got married.'
A didn't use
B used
C wasn't used

5 'I don't like wearing a suit every day.'
'Don't worry, you … to it very soon.'
A are used
B will get used
C were used

6 'Sandra … to using a computer, but now she enjoys it.'
'It's a lot easier for her now.'
A isn't used
B will get used
C wasn't used

7 'Do you remember the things we … to do when we were kids?'
'Of course I do. How could I forget what fun we had!'
A used
B were used
C got used

8 'Do you like living in the city?'
'Well, I … to it yet, but it's okay.'
A am not used
B wasn't used
C am used

7. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the correct form. Use each verb twice.

wash, walk, play, work

1 I used to ...*work*... in a shop, but now I work in an office.
2 I can't concentrate. I'm not used to … in such a noisy office.
3 Tom lived in the country for years. He used to … miles every day.
4 I'm exhausted. I'm not used to … such long distances.
5 Mary used to … her clothes by hand, but now she uses a washing machine.
6 We haven't got a washing machine, so we're used to … our clothes by hand.
7 The children are bored with the bad weather. They're used to … outside.
8 When we were younger, we used to … cowboys and Indians.

8. Put the verbs in brackets into the past simple or the present perfect.

1. A: Do you know that man?
B: Oh yes. He's a very good friend of mine. I 1) ...*'ve known*... (know) him for about ten years.
A: I think I 2) … (meet) him at a business meeting last month.

2. A: Mum 1) … (lose) her purse.
B: Where 2) … (she/lose) it?
A: At the supermarket while she was shopping.

3. A: Who was on the telephone?
B: It 1) … (be) Jane.
A: Who is Jane?
B: Someone who 2) … (work) in my office for a few years. She's got a new job now, though.

4. A: Who is your favourite singer?
B: Freddie Mercury. He 1) … (have) a wonderful voice.
A: Yes, I agree. He 2) … (enjoy) performing live, too.

9. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the past perfect continuous.

read, scream, argue, try, eat, watch

1. Emily was angry. She ...*had been arguing*… with her parents for an hour.
2. Hannah felt sick. She … chocolates all afternoon.
3. Allan had a headache. His baby sister … for half an hour.
4. Emily was frightened. She … a horror film for half an hour.
5. Simon was confused. He … to win the game for hours.
6. John was very tired. He … all night.

10. Put the verbs in brackets into the correct past tense.

A: On Monday morning, Jo 1) ... *missed*... (miss) the bus and had to walk to school. When she 2) … (arrive), the bell 3) … (already/ring)', and lessons 4) … (start). The children 5) … (work) quietly when Jo 6) … (walk) into the'classroom.

B: When Jamie 1) … (get) to the party, a lot of people 2) … (dance) to pop music. Everyone 3) … (wear) jeans and T-shirts. Jamie 4) … (buy) a new suit for the party and he 5) … (wear) that. He 6) … (feel) quite silly because everyone 7) … (look) at him.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,

Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
No. Why?
I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Tanya Smirnoff is a famous astrologer. She's been invited on a TV show to give her astrological predictions for next year. Using the prompts below, make sentences, as in the example.
e.g. An eartyhquake will strike Asia.

1 earthquake/strike/Asia
2 Tom Murray/win/elections
3 economy/not improve/significantly
4 number of road accidents/increase
5 America/establish/colony/on Mars
6 scientists/not discover/cure for common cold

2. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the examples.

SA: Are you going to pay the bill?
SB: Yes, that's what I'm going to do.
SA: Are you going to complain to the manager?
SB: No, that's not what I'm going to do.

1. pay the bill (√)
2. complain to the manager (X)
3. take the skirt back to the shop (√)
4. buy the jumper (√)
5. ask the bank manager for a loan (X)
6. order the food (√)
7. book the airline tickets (X)

3. Fill in the gaps with the correct form of will or be going to and the verb in brackets.

1 A: Why are you buying flour and eggs?
B: Because I ...*'m going to make*... (make) a cake.
2 A: I have decided what to buy Mum for her birthday.
B: Really. What … (you/buy) for her?
3 A: Did you ask Jackie to the party?
B: Oh no! I forgot! I … (ask) her tonight.
4 A: Could I speak to Jim, please?
B: Wait a minute. I … (get) him for you.
5 A: What are your plans for the weekend?

B: I … (spend) some time with my friends.

6 A: What are you doing on Friday night?
B: Oh, I … (probably/stay) at home with my family.

7 A: Have you tidied your room yet?
B: No, but I promise I … (do) it this afternoon.

8 A: Look at that boy!
B: Oh yes! He … (climb) the tree.

9 A: Jason is very clever for his age.
B: Yes. He says he … (become) a doctor when he grows up.

10 A: I'm too tired to cut the grass.
B: Don't worry! I (cut) it for you.

4. Fill in the gaps with shall, will or the correct form of be going to.

1 A: It's too hot in here.
B: You're right. I ...*will...* open a window.

2 A: … I put the baby to bed, now?
B: Yes, he looks a little tired.

3 A: Have you seen Lucy recently?
B: No, but I … meet her for lunch later today.

4 A: Have you done the shopping yet?
B: No, but I … probably do it tomorrow, after work.

5 A: … we ask Mr Perkins for help with the project?
B: That's a good idea. Let's ask him now.

5. Replace the words in bold with will/won't or shall I/we, as in the example.

1 I've asked Paul to talk to the landlord, but he **refuses to** do it.
I've asked Paul to talk to the landlord, but he won't do it.

2 **Do you want me** to make a reservation for you?

3 **Can** you call Barry for me, please?

4 **Why don't we** try this new dish?

5 Where **do you want me** to put these flowers?

6. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.

SA: *When will you do the gardening?*
SB: *I'll do it after I've done the shopping.*

1 do the gardening / do the shopping
2 post the letters / buy the stamps
3 iron the clothes / tidy the bedroom
4 water the plants / make the bed
5 do your homework / have my dinner
6 pay the bills / take the car to the garage

7. Put the verbs in brackets into the present simple or the future simple.

1 A: I'm going to the gym tonight.
B: Well, while you ...*are*... (be) there, I … (do) the shopping.

2 A: … (you/call) me when you … (get) home?
B: Yes, of course.

3 A: As soon as John … (come) in, tell him to come to my office.
B: Certainly, sir.

4 A: I'm exhausted.
B: Me too. I wonder if David … (come) to help tonight.

5 A: Are you going to visit Aunt Mabel this afternoon?

B: Yes, I ... (visit) her before I … (do) the shopping.

6 A: Is George going to eat dinner with us?
B: No, by the time he … (get) home it … (be) very late.

7 A: When … (you/pay) the rent?
B: When I … (get) my pay cheque.

8 A: What are your plans for the future?
B: I want to go to university after I … (finish) school.

9 A: If you … (pay) for dinner, I … (pay) for the theatre.
B: Okay, that's a good idea.

10 A: Can you give this message to Mike, please?
B: Well, I'll try, but I doubt if I … (see) him today.

8. Put the verbs in brackets into the future simple, the present simple or the present continuous.

1 A: I ...*am seeing*... (see) Roger at seven o'clock tonight.
B: Really? I thought he was out of town.

2 A: … (you/do) anything on Friday morning?
B: No, I'm free.

3 A: I … (go) to the cinema. There's a new film on. Do you want to come with me?
B: What time … (the film/start)?

4 A: Helen … (have) a party the day after tomorrow. … (you/go)?
B: As a matter of fact, I haven't been invited.

5 A: The new exhibition … (open) on April 3rd and … (finish) on May 31st.
B: I know. I … (go) on the first day.

6 A: Aunt Maggie … (come) to visit us tomorrow.
B: I know. What time … (she/arrive)?

7 A: Excuse me, what time … (the train/leave)?
B: At half past three, madam.

8 A: Michael Jackson … (give) a concert at the Olympic Stadium next week.
B: I know. I … (want) to get a ticket.

9 A: I'm really thirsty.
B: I … (get) you a glass of water.

10 A: Are you looking forward to your party?
B: Yes. I hope everyone … (enjoy) it.

11 A: How old is your sister?
B: She .. (be) twelve next month.

12 A: What are you doing tonight?
B: I … (probably/watch) TV after dinner.

9. A) Cliff Turner has his own business and it is doing well. He has already decided to expand. Look at the prompts and say what he is going to do, as in the example.

1. employ more staff

He's going to employ more staff.

2. advertise in newspapers and magazines
3. equip the office with computers
4. increase production
5. move to bigger premises
6. open an office abroad

B) Cliff is always busy. Look at his schedule and say what his arrangements are for the next few days. Make sentences, as in the example.

Wednesday 12th: fly to Montreal

He is flying to Montreal on Wednesday.
Thursday 13th: give an interview to The Financial Times
Friday 14th: have lunch with sales representatives
Saturday 15th: have a meeting with Japanese ambassador
Sunday 16th: play tennis with Carol

10. ln Pairs, ask and answer the following questions using I (don't) think/expect I will or I hope /'m sure/'m afraid I will/won't, as in the example.
SA: *Do you think you will pass your exams?*
SB: *I hope I will/I'm afraid I won't.*
1 pass/exams
2 move house
3 take up / new hobby
4 make / new friends
5 start having music lessons
6 have / party on / birthday
7 learn/drive

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир)

Тематика общения:

1. Екатеринбург – столица Урала.
2. Общее и различное в национальных культурах.

Проблематика общения:

1. Мой родной город.
2. Традиции и обычаи стран изучаемого языка.
3. Достопримечательности стран изучаемого языка.

3.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist's/a pharmacy/a drugstore - аптека
a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки

a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна
a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

3.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant

produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

The History of Ekaterinburg

The famous Soviet poet V. Mayakovsky called out city "A Worker and a Fighter" and these words most fully reflect the features of Ekaterinburg.

Ekaterinburg is nowadays one of the leading industrial cities of Russia, an administrative & cultural centre of the Sverdlovsk region. It is the capital of the Urals.

Ekaterinburg has sprung up in the upper reaches of the Iset River in the middle part of the Urals Mountains near the border of Europe and Asia. It stretches from North to South for 25 km. and 15 km. from East to West.

The history of our city is very interesting. It was founded at the beginning of the XVIII century as a fortress-factory in connection with the construction of the Urals iron works. The works was constructed under the supervision of Tatishchev, a mining engineer, who was sent to the Urals by Peter the first. It was put into operation in November 1723. This date is considered to be the date of the birthday of city. It was named Ekaterinburg. On the place of the first works there is the Historical Square now.

The town grew and developed as the centre of an important mining area where the mining administration office was located. Ekaterinburg was an ordinary provincial town like many others in Russia before the October Revolution. It had only one theatre, four hospitals, one mining school and not a single higher school.

At the end of the XIX century Ekaterinburg became one of the centres of the revolutionary struggle. Many squares, streets and houses of the city keep the memory of the revolutionary events and the Civil War in the Urals. They are: the 1905 Square, a traditional place of the revolutionary demonstrations of the working people, the rocks "Kamenniye Palatki", a memorial park now, which was the place of illegal meetings of Ekaterinburg workers, the Opera House where the Soviet power was proclaimed in November 8, 1917 and many others.

Ekaterinburg is closely connected with the life and activities of many famous people. Here Y.M. Sverdlov, the leader of the Urals Party organization before the Revolution and the first President of the Soviet state, carried out his revolutionary work. In 1924 Ekaterinburg was renamed in his memory.

The name of such a famous scientist and inventor of the radio as Popov, and the names of such writers as Mamin-Sibiriyak and Bazhov are also connected with Ekaterinburg.

After the October Socialist Revolution the town has changed beyond recognition. It grew quickly in the years of the first five-year plan periods. Nowadays our city is constantly growing and

developing. Modern Ekaterinburg is a city of wide straight streets, multistoried blocks of flats, big shops, beautiful palaces of culture, cinemas, fine parks and squares.

The centre of the city is 1905 Square with the monument to V.I. Lenin and the building of the City Soviet. The main street is Lenin Avenue. The total area of the city is over 400 sq. km. The population is about two million.

In connection with its 250th anniversary and for its outstanding achievements in the development of the national economy of our country Ekaterinburg was awarded the Order of Lenin.

Ekaterinburg – a Center of Science & Education

Ekaterinburg is one of the largest & most important centers of science & education in our country. The city has 15 higher schools. The oldest of them are the Mining & the Polytechnical Institutes, the Urals State University founded in 1920, the Medical & Pedagogical & many others. Ekaterinburg higher schools train specialists for practically all branches of industry, economy, education & science. The city has a student population of about 80 thousand. Besides, there are many secondary and vocational schools and over 50 technical schools (colleges). The oldest of them is the Mining Metallurgical College named after Polzunov, founded in 1847.

Much important scientific research work is carried on in Ekaterinburg. The Urals Branch of Sciences, now called the Urals Scientific Centre (UNZ), was founded in 1932. Its first chairman was the famous Soviet scientist, mineralogist and geochemist A.E. Fersman. UNZ is the main centre of scientific work now. It contains nine institutes which solve the most important theoretical and practical problems in the field of geology, mining, metallurgy, biology, economy and others.

The city has more than 120 research and designing institutions, among them Uralmechanobr, Unipromed, Nipigormash and others. It is worth mentioning that important scientific and research work is also carried on in educational establishments and at the industrial enterprises of the city, such as the Uralmash, Uralelectrotyazmash and others.

Thousands of research workers, among them 5 academicians, 10 Corresponding members of the Russian Academy of Sciences, many Doctors and Masters of Science are engaged in scientific and research work. Ekaterinburg has contributed greatly to the development of Russian science.

Ekaterinburg - a Cultural Centre

Ekaterinburg is not only an industrial and educational, but also a large cultural centre. There is a lot to be seen in the city. There are many theatres, cinemas, museums, clubs, libraries, palaces of culture, the Art Gallery and the Circus in it.

The Art Gallery houses a splendid collection of paintings of Russian and Soviet artists such as Repin, Polenov, Levitan, Perov, Slusarev, Burak, Pimenov and many others. Here you will see one of the world famous collections of metal castings made in Kasli and especially a cast Iron pavilion. It was shown in Paris at the World Exhibition and awarded the Highest Prize.

Ekaterinburg is famous for its theaters. They are the Opera & Ballet House, the Drama Theatre, the Musical Comedy, the Children's and Puppet Theatres, the Cinema and Concert Hall "Cosmos". The Opera House was built in 1912. Many famous singers such as S. Lemeshev, I. Koslovsky, I. Arkhipova, B. Shtokolov and many others sang in that theatre. Ekaterinburg has a Philharmonic Society, film and television studios, the Urals Russian Folk Choir which is well known both at home and abroad.

There are many museums in the city: the Museum of Local Studies, the Sverdlov Museum, the Museum of Mamin-Sibiriyak, the Bazhov Museum, the Museum of Architecture. But the Urals Geological Museum is the most famous one. It is a real treasure-house of the Urals riches. The museum was opened in 1937.

Ekaterinburg is a green city with its squares, gardens and parks. The largest and the best of the parks is the Central Park of Culture and Rest. The Central Square of the City is the 1905 Square. Besides, there are some others: the Labor Square, one of the oldest of the city, located in front of the House of Trade Unions, the Komsomolskaya Square with the monument to the Urals Komsomol, the Paris Commune Square with the monument to Y.M. Sverdlov.

There are lots of monuments in the city. They are: the monument dedicated to the students and teachers of the Urals Polytechnical Institute who perished in the Great Patriotic War, the monument to the Urals Tank Corps, the monuments to Bazhov, Popov, Ordjonikidze, Malishev and many others.

There are a lot of places of interest in our city. Any visitor who comes to our city is invited to take sightseeing around it. We will be shown the historical places such as the rocks "Kamenniye Palatki", the Pupils' Creation Palace, the Historical Square, the 1905 Square.

There are several memorials to those who gave their lives in the struggle against fascism, the obelisk in the Square of Communards with the eternal flame. Such famous places of interest at the city pond with granite-lined embankment, the Palace of Youth, the lake Shartash, the Uktus Mountains and some others are most popular with the citizens of Ekaterinburg as well as with its visitors.

Ekaterinburg is a city of sports. There are a lot of sports grounds, stadiums, sports halls and a beautiful Palace of Sport in it. Ekaterinburg is often called the Winter Sports Capital. All sorts of important skiing & skating events are held in the Uktus Mountains.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern

monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

3.3 Систематизация грамматического материала:

1. Модальные глаголы и их эквиваленты.
2. Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге.
3. Основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь.

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых

		обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (Moei сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Rephrase the following sentences using must, mustn't, needn't, has to or doesn't have to.

1 **You aren't allowed** to park your car in the college car park.

...You mustn't park your car in the college car park...

2 **I strongly advise** you to speak to your parents about your decision.

3 **It isn't necessary** for Emma to attend tomorrow's staff meeting.

4 **Jack is obliged** to wear a suit and a tie at work because the manager says so.

5 **I'm sure** Antonio is from Milan.

6 **It's necessary** for Roger to find a job soon.

7 **It's forbidden** to use mobile phones inside the hospital.

8 Susan **is obliged to** work overtime because her boss says so.

2. Rephrase the following sentences using didn't need to or needn't have done.

1 It wasn't necessary for him to wash the car. It wasn't dirty.

…He didn't need to wash the car…

2 It wasn't necessary for her to buy so many oranges, but she did.

3 It wasn't necessary for us to take an umbrella. It wasn't raining.

4 It wasn't necessary for us to turn on the light. It wasn't dark.

5 It wasn't necessary for him to call me today, but he did.
6 It wasn't necessary for you to make sandwiches for me, but you did.
7 It wasn't necessary for them to make reservations at the restaurant, but they did.

3. Rewrite the sentences using the word in bold.

1 It isn't necessary for Mark to buy new clothes for the reception.
need *...Mark doesn't need to/needn't buy new clothes for the reception…*
2 You aren't allowed to pick these flowers. **must**
3 Sarah is obliged to type her compositions at university. **has**
4 It wasn't necessary for Paula to make the beds. **need**
5 It is your duty to obey the law. **must**
6 It wasn't necessary for Bob to wait for me, but he did. **need**
7 It is forbidden to throw litter on the beach. **must**
8 I'm sure Ronald is at home. **must**
9 It wasn't necessary for Alice to bake a cake for the party. **need**
10 It wasn't necessary for George to stay at work late last night, but he did. **have**

4. Fill in the gaps with an appropriate modal verb.

1 A: ... *May/Can/Could*... I borrow your pen, please?
B: No, you … .I'm using it.
2 A: I'm bored. What shall we do?
B: We … go for a walk.
A: No, we … because it's raining.
B: Let's watch a video, then.
3 A: My parents told me I … go to the party tonight.
B: Never mind, I … go either. We … stay at home together, though.
4 A: Sir, … .I speak to you for a moment, please?
B: Certainly, but later today; I'm busy now.
5 A: Excuse me?
B: Yes?
A: … you tell me where the post office is, please?
B: Certainly. It's on the main road, next to the school.
6 A: Is anyone sitting on that chair?
B: No, you … take it if you want to.

5. Choose the correct answer.

1 " Todd was a very talented child.'
I know. He ..*B*... play the piano well when he was seven.'
A couldn't B could C can
2 I've just taken a loaf out of the oven.
Oh, that's why I … smell fresh bread when I came home.
A was able to B can't C could
3 'How was the test?'
Easy. All the children … pass it.'
A were able to B could C can't
4 What are you doing this summer?'
'I hope I'll … go on holiday with my friends.'
A could B be able to C can

6 Rewrite the sentences using the words in bold.

1 Do you mind if I leave the door open for a while?
can *...Can I leave the door open for a while?...*

2 You're obliged to take notes during the lecture. **have**
3 I'm sorry, but you aren't allowed to enter this room. **must**
4 Jack managed to unlock the door. **able**
5 It wasn't necessary for Ann to cook dinner, but she did. **need**
6 Let's play a game of chess. **could**
7 I'm certain Sarah is bored with her work. **must**
8 I strongly advise you to take up sport. **must**
9 I'm certain Liz isn't interested in your ideas. **can**
10 You may take the car tonight if you want. **can**

7. Study the situations and respond to each one using an appropriate modal verb.

1 You want to go on holiday with your friends this year. Ask your parents for **permission.**
...Can I go on holiday with my friends this year?...
2 You are at a job interview. You type fast, you use computers and you speak two foreign languages. Tell the interviewer about your **abilities**.
3 Your brother is trying to decide what to buy your mother for her birthday. You **suggest** a box of chocolates.
4 Your jacket is dirty and you want to wear it next week. It is **necessary** to take it to the dry cleaner's.
5 You want to have a day off work next week. Ask for your boss' **permission.**
6 You are in the car with your uncle. It's hot and you want him to open the window. Make a **request.**
7 Your mother is going to the shops. She asks you if you want anything. You tell her it **isn't necessary** to get anything for you.

8. Complete the sentences using must or can't.

1 I'm certain they go to bed early on Sunday nights. They *…must go to bed early on Sunday nights…*
2 I'm sure John didn't stay late at the office. John *...can't have stayed late at the office…*
3 I'm certain he hasn't arrived yet. He …
4 I'm certain they are working together. They …
5 I'm sure Amy hasn't finished her homework. Amy …
6 I'm certain she was having a bath when I rang. She …
7 I'm sure he hasn't won the prize. He …
8 I'm sure she is looking for a new house. She …
9 I'm certain Paul didn't invite Linda to the party. Paul …
10 I'm certain you have been planning the project. You …
11 I'm sure she was writing a letter. She …
12 I'm certain they hadn't paid the bill. They …
13 I'm sure he had been fixing the pipe. He …

9. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1 Perhaps Laura has left the phone off the hook. *...Laura may/might/could have left the phone off the hook…*
2 Surgeons are obliged to scrub their hands before operating on patients.
3 Do you mind if I open the window?
4 It wasn't necessary for Peter to wash the dog, so he didn't.
5 Emily managed to reach the top shelf, even though she didn't have a ladder.
6 It's forbidden to copy files without the manager's permission.
7 Why don't we spend this evening at home?
8 I'm certain Patrick misunderstood my instructions.
9 I'm sure Helen didn't know about her surprise party.

10. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1 Perhaps they are at work.

They ...*may/might/could be at work*…

2 Perhaps he is waiting outside. He …

3 It's possible she will work late tonight. She …

4 It's likely he was driving too fast. He …

5 It's possible they made a mistake. They …

6 Perhaps he has missed the bus. He …

7 It's possible she has been playing in the snow. She …

8 It's likely we will be leaving tomorrow. We …

9 It's likely he will stay there. He …

10 Perhaps she had been trying to call you. She …

11 It's likely they had seen the film already. They …

12 It's possible he is studying in the library. He …

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)

This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)

Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)

Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.

My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.

to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.

to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:

Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.

б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить

to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять

to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить

to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать

to teach учить to tell сказать и др.

Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.

Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)

A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:

John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.

The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):

He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать

to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать

to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:

He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:

The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:

The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:

The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)

The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:

The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:

The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:

He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:

I am invited to a party.

Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):

Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.

Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.

I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):

They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:

The experiments were made last year.

1) Опыты были проведены в прошлом году.

2) Опыты проводились в прошлом году.

3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:

It is said… Говорят… It was said… Говорили…

It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…

It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. What happens to a car when it is taken for a service? Look at the prompts and make sentences using the present simple passive, as in the example.

1. the oil / change

The oil is changed.

2. the brakes / test

3. the filters / replace

4. air / put / in the tyres

5. the battery / check

6. the lights / test
7. broken parts / repair
8. it / take / for a test drive
9. the radiator / fill / with water

2. Mr Sullivan, who is a director, is preparing a scene for his new film. Read the orders and respond using the present continuous passive, as in the example.

1. Move that scenery, please.
It's being moved now, Mr Sullivan.
2. Put those props in place, please.
3. Call the actors, please.
4. Check their costumes, please.
5. Turn on the lights, please.

3. Detective Maguire is talking to a police officer about a burglary which happened early yesterday morning. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example

1. Have you dusted the house for fingerprints yet?
the house / dust / for fingerprints yesterday
Yes, the house was dusted for fingerprints yesterday.
2. Have you found any evidence yet?
a piece of material / find / this morning
3. Have you interviewed the house owners yet?
they / interview / last night
4. Have you questioned the neighbours yet?
they / question / this morning
5. Have you arrested any suspects yet?
two men / arrest / yesterday evening
6. Have you interrogated the suspects yet?
they / interrogate / last night
7. Have you recovered the stolen goods yet?
they / recover / this morning
8. Have you written your report yet?
it / complete / an hour ago

4. Helen and Chris moved house two years ago. Yesterday, they drove past their old house and saw that it looked very different. Describe the changes using the present perfect simple passive, as in the example.

1. the outside walls / paint
The outside walls have been painted.
2. new windows / put in
3. a garden pond / make
4. the trees / cut down
5. a lot of flowers / plant
6. the old gate / replace

5. A young actress is hoping to star in a new film. Her friend is asking her what is going to happen. Respond to her questions using the passive infinitive, as in the example.

1. Will they audition you for the new film?
Well, I hope to be auditioned.
2. Will they give you a leading role?
3. Will they pay you a lot of money?
4. Will they send you to Hollywood?

5. Will they introduce you to all the stars?
6. Will they ask you to give a TV interview?
7. Will they give you an award?

6. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.

1. A: Who looks after your garden for you?
B: It ...*is looked after*... (look after) by my brother.
2. A: That's a beautiful dress. Where did you buy it?
B: Actually, it … (make) for me by my aunt.
3. A: Have you typed that letter yet, Miss Brown?
B: It … (type) right now, sir.
4. A: Did you make the coffee when you got to work this morning?
B: No, it …. (already/make) by the time I got there.
5. A: Are you going to pick up the children today?
B: No, they … (pick up) by Roger. I've already arranged it.
6. A: Where is your watch?
B: I broke it. It … (repair) at the moment.
7. A: Has the new furniture for my bedroom arrived?
B: No, it … (not/deliver) yet.
8. A: They are building a new sports centre in town.
B: I know. It … (open) by the mayor next month.

7. Rewrite the sentences in the passive, where possible.

1. John opened the door.
...The door was opened by John.
2. They didn't come home late last night.
...It cannot be changed.
3. Their nanny takes them to the park every day.
4. I left very early yesterday afternoon.
5. Meg asked the policeman for directions.
6. Charles is moving house next month.
7. The letter arrived two days ago.
8. Sam took these photographs.

8. Fill in by or with.

1. The lock was broken ...*with*... a hammer.
2. This book was written … my favourite author.
3. The cake was decorated… icing.
4. The tiger was shot … a gun.
5. Claire was shouted at … her teacher.
6. He was hit on the head … an umbrella.

9. Rewrite the sentences in the passive.

1. Someone is repairing the garden fence.
...The garden fence is being repaired....
2. Do they teach Latin at this school?
3. I don't like people pointing at me.
4. She hit him on the head with a tennis racquet.
5. Michael has made the preparations.
6. Is Tim cleaning the house?
7. Who built the Pyramids?
8. The boss is going to give us a pay rise.

9. I expect they will deliver my new car soon.
10. The police are questioning the suspects.
11. Did your next door neighbours see the thieves?
12. Paul remembers his teacher asking him to star in the school play.
13. A lot of children use computers nowadays.
14. Who smashed the kitchen window?
15. They won't have completed the work by the end of the month.
16. The children will post the letters.
17. People make wine from grapes.
18. Had Helen closed the windows before she left the house?
19. Jill hasn't done the housework yet.
20. They may not deliver the parcel today.

10. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.

A: Do you still work at Browns and Co?
B: Yes, I do. I 1) ...*have been employed*... (employ) by Mr Brown for five years now, you know.
A: Oh. Do you still enjoy it?
B: Oh yes! I 2) … (give) a promotion last year and I'm very happy.
A: A promotion? So, what is your job now?
B: I 3) … (make) Head of European Sales.
A: So, what do you do?
B: Well, sometimes I 4) … (send) to other countries on business.
A: I see. Do they pay you well?
B: Well, I 5) … (pay) quite well and I expect I 6) … (give) a pay rise soon.
A: Good for you!

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.

Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Fill in the gaps with the correct pronoun or possessive adjective.

1. James said, 'My boss wants me to go to London tomorrow.'
James said ...*his*... boss wanted to go to London the following day.
2. Mary said, 'I'm waiting for my son to come out of school.'
Mary said that … was waiting for … son to come out of school.
3. George said, 'I've bought a new car for my mum.'
George said … had bought a new car for … mum.
4. Julie said to me, 'I need you to help me with the shopping.'
Julie told me that … needed … to help … with the shopping.
5. John said, 'I'd like to take you out to dinner.'
John said … 'd like to take … out to dinner.
6. Helen said to Jane, 'I think your new haircut is lovely.'
Helen told Jane that … thought … new haircut was lovely.

2. Turn the following sentences into reported speech.

1. Robin said, These biscuits taste delicious.' ...
Robin said (that) the biscuits tasted delicious....

2. “I can't see you this afternoon because I've got a lot to do,' Ann told me.
3. She came into the room holding some letters in her hand and said, 'I found these while I was tidying the desk drawers.'
4. Fiona said, That picture was painted by my great-grandfather.'
5. “Those were good times for my family,' Jack said.
6. 'I received a parcel this morning, but I haven't opened it yet,' Tom said.
7. "You mustn't do that again,' Mum said to Bob.
8. “These shoes are worn out. You'd better throw them away,' Mum said to me.

3. Turn the following sentences into reported speech.

1 He said, 'I'm going to the station.'

...He said (that) he was going to the station....

2 Tina said, 'You should exercise regularly.'
3 They said, 'We had booked the room before we left.'
4 Tom said, This meal is delicious.'
5 'I've written you a letter,' she said to her friend.
6 'We've decided to spend our holidays in Jordan,' they told us.
7 Jill said, “I’ll go to the bank tomorrow.'
8 She said to him, 'We've been invited to a wedding.'
9 She told me, 'You must leave early tomorrow.'
10 They've gone out for the evening,' Jessie said to me.
11 They said, 'We may visit Joe tonight.'
12 She said, 'I can meet you on Tuesday.'
13 Keith said, There is a letter for you on the table.'
14 'We won't be visiting Tom this evening,' Sam told us.
15 Eric said, They had been talking on the phone for an hour before I interrupted them.'
16 'I haven't spoken to Mary since last week,' Gloria said.
17 They delivered the letters this morning,' she said.
18 He said, 'I'd like to buy this jumper.'
19 They aren't going on holiday this year,' he said.
20 Jane said, 'I haven't finished my homework yet.'
21 'I'm going to bed early tonight,' Caroline said.
22 'My mother is coming to visit us,' I said.
23 'We don't want to watch a film tonight,' the children said.
24 'He's playing in the garden now,' his mother said.
25 She said, 'You must do your homework now.'

4. Turn the sentences into reported speech. In which of the following sentences do the tenses not change? In which do they not have to be changed? Why?

1 The article says, “The artist only uses oil paints.'

...The article says (that) the artist only uses oil paints....

... The tenses do not change because the introductory verb is in the present simple....

2 'They are working hard today,' he said.
3 'I've done the things you asked me to do,' Mary said.
4 The sun rises in the east,' she said.
5 'He broke the window,' they said.
6 'We've never been on holiday abroad,' they said.
7 Mum says, 'Dinner is ready.'
8 “I’ll start cooking at six o'clock,' she said.
9 'We went to the supermarket yesterday,' he said.
10 Mrs Jones says, 'My daughter is going to have a baby.'
11 'You're never going to get a job,' Dad always says.

12 'Fish live in water,' he said.
13 'We went to the beach last weekend,' they said.
14 'He showed me his photographs,' she said.
15 'I'm working on my project now,' Billy said.

5. Turn the following sentences into reported speech.

1 'Seaweed grows in the sea,' the teacher said to the students.

...The teacher said to the students/told the students (that) seaweed grows/grew in the sea....

2 'I saw Amanda at the cinema,' she said, (up-to-date reporting)
3 They don't live here any more,' he said to me. (out-of-date reporting)
4 "Canada is a large country,' he said.
5 The Statue of Liberty is in America,' she said to us
6 “I’ll help you with your homework,' he said, (out-of-date reporting)
7 'I would go on holiday if I had enough money,' Bill said, (up-to-date reporting)
8 'If I'm free, I'll call you,' Tom said, (up-to-date reporting)
9 'You should make a decision,' he said to us.
10 'You can ask John for advice,' she said, (up-to-date reporting)

6. Turn the following into reported questions.

1 'Where do you live?' I asked her.

...I asked her where she lived....

2 'How old will you be on your next birthday?" he asked me.
3 'Where is your umbrella?' she asked her daughter.
4 'Do you like playing football?' John asked us.
5 The boss asked, 'What time are you going home today?'
6 'Will you take the children to school today?' he asked.
7 'Who called you today?' she asked.
8 'When will you decorate the kitchen?' Martha asked.
9 'Who broke my vase?' I asked.
10 Father asked, 'Will you help me lift these boxes, please?'
11 'Can you speak a foreign language?' she asked her.
12 'Where is the tourist information centre?' we asked.

7. Yesterday, Marion met a couple who were on holiday in London. They were looking at a map. She asked them some questions. Turn them into reported questions.

1 'Are you lost?'

...Marion asked them if/whether they were lost....

2 'Can you speak English?'
3 'Where are you from?'
4 'Is your hotel near here?'
5 'Where do you want to go?'
6 'Were you looking for Big Ben?'
7 'Have you been to the British Museum?'
8 'Have you visited Buckingham Palace?'
9 'Do you like London?'

8. Fill in the gaps with the introductory verbs in the list in the correct form.

order, tell, ask, beg, suggest

1 'Please visit me in hospital,' Joan said to Colin.

Joan ...*asked*... Colin to visit her in hospital.

2 'Let's eat out this evening,' Paul said to her.

Paul … eating out that evening.

3 'Please, please be careful,' she said to him.
She … him to be careful.
4 'Don't go near the fire,' Dad said to us.
Dad … us not to go near the fire.
5 'Be quiet!' the commander said to the troops.
The commander … the troops to be quiet

9. Turn the following sentences into reported speech.

1 'Let's try the exercise again.'
The ballet teacher suggested trying the exercise again.
2 'Lift your leg higher please, Rachel.'
3 'Turn your head a little more.'
4 'Don't lean back.'

10. Turn the following sentences into reported speech.

1 The doctor said to the patient, 'Come back to see me again next week.'
... The doctor told the patient to go back and see him again the following week/the week after.
2 The guard said to the driver, 'Stop!'
3 He said, 'Shall we go for a walk?'
4 She said to him, 'Please, please don't leave me!'
5 Jenny said to Dave, 'Please help me with this
6 She said to him, 'Open the window, please.'
7 Mother said, 'How about going for a drive?'
8 She said, 'Let's eat now.'

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)

Тематика общения:

1. Избранное направление профессиональной деятельности.

4.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary -** *a* осадочный; **sedimentation -** *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose -** *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay -** глинистый сланец; **combustible …**, **oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable -** *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable -** *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence -** *n* залегание; **mode of occurrence -** условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant -** *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble -** *a* растворимый; **solvent -** растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток
band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger -** n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость

heat - v нагревать; *n* теплота

liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding -** *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous -** *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory -** *a* разведочный; **exploration -** *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening -** *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved -** *a* разведанный, достоверный; **proving -** *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable -** *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working -** *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit -** алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking -** проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping -** *a* наклонный; **gently sloping -** с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike -** вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development -** *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal -** *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support -** крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive -** *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader -** *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader -** комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing -** *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper -** *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping -** *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(рудьі)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

4.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth’s surface and on its surface.
2. Petrology which studies the rocks of the Earth.
3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.
4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.
5. Historic Geology which treats of the Earth's history.
6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.
7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

4.3 Систематизация грамматического материала:

1. Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий.
2. Основные сведения о сослагательном наклонении.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать
to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть

Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.

Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая
having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),

keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I'm tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Complete the sentences with the correct infinitive tense.

1 She has grown taller. She seems ...*to have grown taller*.
2 He is getting used to his new job. He appears
3 Kate makes friends easily. She tends
4 He has finished the report. He claims
5 It is raining over there. It seems
6 He is on a diet. He appears
7 They have sailed round the world. They claim
8 She is feeling better. She seems

2. Fill in the correct infinitive tense.

1 A: What would you like ...*to do*... (do) tonight?
B: Let's … (go) to an Italian restaurant.
2 A: What's Liz doing?
B: She seems … (look) for something in her bag.
3 A: Alan has been offered a new job!
B: No, he hasn't. He just pretended … (offer) a new job.
4 A: Colin claims … (meet) lots of famous people.
B: I know, but I don't believe him.
5 A: Look at those two men outside. What are they doing?
B: They appear … (empty) the rubbish bins.
6 A: Would you like to go to the cinema tonight?
B: Not really. I would prefer … (go) to the theatre.
7 A: Tara seems … (work) hard all morning.
B: Yes, she hasn't even stopped for a cup of coffee.
8 A: Why is Tom at work so early this morning?
B: He wants … (finish) early so that he can go to the concert tonight.

3. Rephrase the following sentences, as in the example.

1 He must wash the car. I want ...*him to wash the car*...
2 You mustn't be late for work. I don't want …
3 Claire must tidy her bedroom. I want …

4 She mustn't go to the disco. I don't want …
5 They must go to school tomorrow. I want …
6 Gary mustn't make so much noise. I don't want …
7 You mustn't make a mess. I don't want …
8 He must mend his bike. I want …

4. Complete the sentences with too or enough and the adjective in brackets.

1 A: Would you like to come to the disco?
B: Oh no. I'm ...*too tired*... to go to a disco, (tired)
2 A: Can you reach that top shelf?
B: No, I'm not … to reach it. (tall)
3 A: Did they go on a picnic yesterday?
B: No. It was … to go on a picnic, (cold)
4 A: Did Jane enjoy the horror film?
B: No. She was … to enjoy it. (scared)
5 A: Does Tom go to school?
B: No. He isn't … to go to school yet. (old)
6 A: Will you go to London by bus?
B: No. The bus is … . I'll take the train, (slow)
7 A: Did she like the dress you bought?
B: Yes, but it was … .(big)
8 A: Take a photograph of me!
B: I can't. It isn't … in here, (bright)

5. Rewrite the sentences using too.

1 This music is so slow that I can't dance to it.
...This music, is too slow for me to dance to…
2 The bird is so weak that it can't fly.
3 She's so busy that she can't come out with us.
4 The car was so expensive that he couldn't buy it.
5 These shoes are so small that they don't fit me.
6 The book is so boring that she can't read it.
7 I was so tired that I couldn't keep my eyes open.
8 The coffee was so strong that he couldn't drink it.

6. Underline the correct preposition and fill in the gaps with the -ing form of the verb in brackets.

1 He is ill. He is complaining **with/<u>about</u>** ...*having*... (have) a headache.
2 Marcus went out instead **for/of** … (do) his homework.
3 Tracy was very excited **with/about** … (go) to the party.
4 I hope you have a good excuse **of/for** … (be) so late.
5 Sam is interested **in/for** … (take up)French lessons.
6 You can't stop him **to/from** … (take)the job if he wants to.
7 Susie ran because she was worried **about/of** … (miss) the bus.
8 Thank you **to/for** … (help) me with my homework.
9 She felt tired because she wasn't used **to/with** … (work) so hard.
10 His boss blamed him **for/of** … (lose) the deal.
11 I am in charge **in/of** … (make) the Christmas deliveries.
12 We are thinking **of/from** … (buy) a new car next month.
13 Sandra apologised **for/about** … (ruin) the performance.
14 Ian was talking **with/about** … (open) a shop in York.

7. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 It's no use ...*talking*… (talk) to Bob; he won't change his mind.
2 She will … (return) the books next weekend.
3 It was good of you … (help) me fix my bicycle.
4 The man suggested … (call) the police in, to investigate.
5 I can't get used to … (live) in such a hot country.
6 He admitted … (rob) the bank.
7 You had better … (hurry), or you'll be late for work.
8 They refused … (give) me my money back.
9 She is too short … (become) a fashion model.
10 My parents let me … (stay) up late at weekends.
11 Our teacher makes us … (do) homework every evening.
12 The kitchen windows need … (clean).
13 They have begun … (make) preparations for the party.
14 He advised her … (speak) to her boss.
15 I dislike … (go) to the theatre alone.
16 Mr. Roberts was seen … (leave) his house at 12:15 last night.
17 My sister can't stand … (watch) horror films. She gets terribly scared.
18 Can you imagine … (spend) your holidays on the moon?
19 There's no point in … (call) again. There's no one at home.
20 I don't allow people … (smoke) in my house.
21 It was silly of you … (forget) to lock the door.
22 He risks … (lose) his wallet when he leaves it on his desk.

8. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 A: Is Anne in the room?
B: Yes. I can see her ...dancing... (dance) with her husband over there.
2 A: Did you see the robber?
B: Yes. I saw him … (get) into the car and drive away.
3 A: Is John here today?
B: Yes. I heard him … (talk) on the phone as I walked past his office.
4 A: Colin is good at speaking in public, isn't he?
B: Yes. I heard him … (make) a speech last month. It was excellent.
5 A: I walked past the sports centre today.
B: So did I, and I stopped for a moment to watch some boys … (play) football.
6 A: Your hair looks great today.
B: Thanks. I watched the hairdresser … (dry) it so I could learn how to do it myself.
7 A: That's a music school, isn't it?
B: That's right. I often hear the students … (sing) as I walk past.
8 A: Did you stay until the end of the contest?
B: Yes. I listened to the chairman … (announce) the results before I went home.
9 A: How do you know Tim is at home?
B: I saw him … (cut) the grass as I was driving home.
10 A: How do you know that man stole the watch?
B: I saw him … (put) it in his pocket and leave the shop without paying.

9. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 I'll never forget ...*sailing*... (sail) down the Danube on that warm spring night last year.
2 Please don't forget … (pay) the bill.
3 John said he remembers … (buy) the newspaper, but now he can't find it.
4 Did you remember … (post) my letters today?
5 Gloria regrets … (shout) at her sister.
6 I regret … (inform) you that we cannot give you your money back.

7 The students went on … (write) for another hour.
8 After cleaning the windows, he went on … (wash) the car.
9 We are sorry … (announce) that the 7:15 train to Liverpool has been cancelled.
10 I'm sorry for … (miss) your birth day party; I'll make it up to you.
11 She stopped … (go) to the gym after she had got back into shape.
12 They stopped … (have) a rest before they continued their journey.
13 They tried … (open) the door, but it was stuck.
14 You should try … (make) your own clothes. It's much cheaper.
15 I'm sorry. I didn't mean … (break) your vase.
16 Being a teacher means … (correct) a lot of homework.
17 I like … (tidy) my room at week ends because I don't have time during the week.
18 They like … (play) in the sea on hot days.

10. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

My neighbour, Mr. Mason, loves 1) …*spending*… (spend) time in his garden. He would rather 2) … (work) outside than stay indoors, even when it is snowing! Early in the morning, you can 3) … (see) Mr. Mason 4) … (eat) breakfast in his garden, and late at night he is there again, with a cup of cocoa in his hand. I'd like 5) … (help) sometimes when there is lots of work to do, but Mr. Mason prefers 6) … (do) everything himself. He doesn't mind 7) … (get) cold and wet in the winter, and his wife says it's no use 8) … (try) to make him wear a waterproof jacket because he hates 9) … (wear) them! Mr. Mason says he will go on 10) … (garden) until he is too old 11) … (do) it!

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary

			to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Look at the prompts and make Type 1 conditional sentences, as in the example.
e.g. If we cut down all the forests, the world's climate will change.
1 cut down/ all forests / world's climate / change
2 not stop/use / aerosols /destroy / ozone layer
3 find / alternative sources of energy / solve / some of our environmental problems
4 temperatures / go up / by a few degrees /sea levels / rise
5 recycle / waste / save / natural resources
6 population / continue to increase / not be enough food for everyone

2. Lisa is trying to decide where to go on holiday. She would like to go to one of these places. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.
A) SPAIN FOR A WEEK
£180 Inclusive!!
2-star hotel beach
Free water sports

B) A TWO WEEK CAMPING HOLIDAY IN THE SOUTH OF FRANCE
ONLY £280 per person
Self-catering

1. How long / be away / choose / Spain?
SA: How long will she be away if she chooses Spain?
SB: If she chooses Spain, she'll be away for a week.
2. Where / go / like / camping?
3. How much / pay / go to / France?
4. What / do / go to / Spain?
5. Where / go / want / cheap holiday?

3. Study the situations, then make Type 2 conditional sentences, as in the example.
I don't have a car, so I have to wait for the bus every day.
1. If I ...had... (have) a car, I ...wouldn't have to... (not/have to) wait for the bus every day.
I never do my homework, so my teacher always gets angry with me.
2. If I … (do) my homework, my teacher … (not/get) angry with me.
I live in a small house, so I can't invite friends over.
3. If I … (live) in a bigger house, I … (be able to) invite friends over.
I never get up early, so I y am always late for school.
4. If I … (get up) earlier, I … (not/be) late for school.

4. Complete the sentences to make Type 3 conditional sentences, as in the example.
1. If he ...hadn't noticed... (not/notice) the mould in one of his glass dishes, Alexander Fleming ...would never have discovered... (never/discover) penicillin.
2. If he … (sell) some of his paintings, Van Gogh … (get) some recognition during his lifetime.
3. If Barbara Streisand … (change) the shape of her nose, her career … (never/be) the same.
4. If Anne Sullivan … (not/teach) her, Helen Keller … (not/be able to) communicate.
5. If Naomi Campbell … (not/be) so beautiful, she … (never/become) a supermodel.

5. Read the story below and make Type 3 conditional sentences, as in the example.
e.g. 1) ...if Sally hadn't been in a hurry, she would nave left some important notes at home....
Sally had a terrible day yesterday. She was in a hurry, so she left some important notes at home. She wasn't prepared for her meeting with a new client, so the meeting was a disaster. The client was

disappointed, and as a result he refused to do business with the company. The boss shouted at Sally, so she got upset.

6. Match the items in column A with those in column B in order to make correct Type 0 conditional sentences, as in the example.

e.g. 1 - c ...if you add sugar to a cup of coffee, the coffee tastes sweeter...

A

1. Add sugar to a cup of coffee.
2. Throw salt onto snow.
3. Put an apple in a bowl of water.
4. Water plants regularly.
5. Lie in the sun too long.
6. Take regular exercise.

B

a The apple floats.
b Your skin turns red.
c The coffee tastes sweeter.
d You feel healthy.
e The plants grow.
f The snow melts.

7. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 A: What time will you be home tonight?
B: I'm not sure. If I ...have to... (have to) work late. I ...'ll call... (call) you.
2 A: I felt very tired at work today.
B: Well, if you … (not/watch) the late film, you … (not/feel) so tired
3 A: Should I buy that car?
B: Why not? If I … (have) the money, I … (buy) it myself.
4 A: If you … (pass) a chemist's, … (you/get) me some cough medicine?
B: Yes, certainly.
5 A: My sister seems very upset at the moment.
B: Were I you, I … (talk) to her about it.
6 A: Unless you … (hurry), you … (be) late again.
B: No, I won't. There's plenty of time.
7 A: Oh! I forgot to ask Sarah over for dinner.
B: If I … (speak) to her today, I … (ask) her for you.
8 A: May I join the club, please?
B: Provided you … (be) over eighteen, you can join the club.
9 A: What a lovely restaurant! I'm glad we came here.
B: If you … (not/burn) the dinner, we … (not/come) here!
10 A: Just think. If I … (not/move) to York, I … (never/meet) you.
B: I know, wasn't it lucky?
11 A: Jo doesn't spend enough time with me.
B: Well, if she … (have) the time, I'm sure she … (try), but she's very busy.
12 A: Did you give Bill the message?
B: No, but when I … (see) him, I … (tell) him the news.

8. Choose the correct answer.

1 'If you ...C... that plate, you'll burn your fingers.'

'Why? Has it been in the oven?'
A would touch
B will touch
C touch
2 ‘ … you're busy, we'll talk now.'
‘That's fine. I'm not busy at the moment.'
A If
B Provided
C Unless
3 'If you watch the news, you … a lot.'
'I know. I watch it every day.'
A learn
B were learning
C would learn
4 '… you wear warm clothes, you won't get cold.'
'I'll wear an extra jumper.'
A Unless
B Providing
C Supposing
5 'Shall I invite John to the party?'
'Well, were I you, I … him.'
A would invite
B will invite
C am inviting
6 '… the teacher comes back now, what will you do?'
'I don't know.'
A When
B Providing
C Supposing
7 'Could I see the menu, please?'
'Yes, sir. If you … a seat, I will fetch it for you.'
A take
B had taken
C have taken
8 'Don't cry. Everything will be alright.'
'Yes, but if I … the bus, I wouldn't have been late for school.'
A didn't miss
B hadn't missed
C don't miss
9 'When water boils, it … steam.'
'Yes, I know; and the steam is hot, too.'
A would produce
B produce
C produces
10 'Can you help me, please?'
'Well, if I wasn't studying, I … you.'
A would help
B help
C will help
11 'John crashed his car yesterday.'
'I know, but if he hadn't been changing the cassette, he …'
A won't crash

B wouldn't crash
C wouldn't have crashed
12 'Can I have some chocolate, please?'
'If you behave yourself, I you some later.'
A would buy
B might buy
C buy
13 'Should you see Colin … and tell me.'
'I will.'
A come
B to come
C will come
14 'If we were rich, we … expensive clothes.'
'Well, unfortunately we aren't rich!'
A could afford
B can afford
C afford

9. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 If I ...were... (be) you, I wouldn't drive in the snow.
2 Peter … (be able to) help you if he was here.
3 If I had closed the window, the cat … (not/jump) out.
4 I … (call) for help if I got stuck in a lift.
5 Had I known him, I … (talk) to him.
6 John … (may/lose) his job if he is rude to the boss.
7 If you … (save) some money, you would have been able to go on holiday last year.
8 You may win if you … (take) part in the contest.
9 If I had toothache, I … (go) to the dentist.
10 They would have helped us move house if we … (ask) them.
11 If Jane … (be) older, she could live by herself.
12 We would have changed our plans if we … (hear) the weather forecast.
13 Emma … (send) a card if she had remembered it was their anniversary.
14 Robert … (feel) better if you talked to him.
15 If Sam was still living nearby, you … (can/invite) him for dinner.
16 If you … (put) your money in your wallet, you will not lose it.
17 If you … (like) chocolate, you will love this cake.
18 If Bill … (come) home early, he will eat dinner with us.
19 Sandra will join us later unless she … (have) a lot of work to do.

10. Fill in the gaps using when or if.

1 A: Have you phoned Paul yet?
B: No, I'll phone him ...when... I get home.
2 A: … I get a new job soon, I may have a party.
B: That's a good idea.
3 A: I really liked that dress we saw.
B: Well, you can buy it … you get paid.
4 A: Shall we go somewhere this weekend?
B: Yes … it's sunny, we could go to the beach.
5 A: Did you make this cake yourself?
B: Yes … you like it, I'll give you the recipe.
6 A: Is Jane still asleep?
B: Yes … she wakes up, I'll tell her you're here.

7 A: Have you done your homework?
B: No. I'll do it … we've finished dinner.
8 A: We've run out of milk.
B: Well, … I go to the shops, I'll buy some more.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Иностранных языков и деловой коммуникации	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Юсупова Л. Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 17.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям……... 3
1.1 Повторение материала практических занятий……..... 3
1.2 Чтение и перевод учебных текстов……. 42
1.3 Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций) ..……..... 60
1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения) ……. 73
1.5 Подготовка к контрольной работе 73

II. Другие виды самостоятельной работы……. 73
2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания:
2.1.1 Подготовка к ролевой игре……. 73
2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию ……. 74
2.1.3 Подготовка к опросу …… 75
2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного……. 75
2.3 Подготовка доклада…….. 94
2.4 Подготовка к тесту……..... 95
2.5 Подготовка к экзамену…….. 99

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям

1. Повторение материала практических занятий

Практические занятия направлены на развитие умений иноязычного говорения в рамках заданных РПД тем: бытовая сфера общения (Я и моя семья); учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование); социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир); профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность).

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My student's life

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern

Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world’s largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o’clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don’t like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul’s Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It’s the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent’s Park. The last one is the home of London Zoo.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth's surface and on its surface.

2. Petrology which studies the rocks of the Earth.

3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.

4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.

5. Historic Geology which treats of the Earth's history.

6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.

7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

Практические занятия направлены также на формирование грамматического навыка по темам: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №1:

Таблица №1

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435

Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

Повторите материал практических занятий!

Порядок слов в английском предложении

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	**II**	**III Дополнение**			**IV Обстоятельство**
Подлежащее	**Сказуемое**	**Косвенное без предлога**	**Прямое**	**Косвенное с предлогом**	
We Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. каждый день

Вопросительное предложение

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

Общие вопросы

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.
Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?
Примеры с модальными глаголами:
She can drive a car. – Она умеет водить машину.
Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.
Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?
Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not
Например: Are you a student? - Ты студент?
Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.
Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.
Специальные вопросы могут начинаться словами:
who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?
when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?
how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?
how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:
What are you reading? Что ты читаешь?
What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: ”Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?”, например:
What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:

You speak French, don't you? You are looking for something, aren't you? Pete works at a plant, doesn't he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:

It is not very warm today, is it? John doesn't live in London, does he?

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

1	**personal**	личные
2	**possessive**	притяжательные
3	**demonstrative**	указательные
4	**indefinite and negative**	неопределенные и отрицательные
5	**quantifiers**	количественные
6	**reflexive**	возвратные
7	**reciprocal**	взаимные
8	**relative**	относительные
9	**defining**	определительные
10	**interrogative**	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		**Объектный падеж**	
I	я	**me**	мне, меня
he	он	**him**	его, ему
she	она	**her**	ей, о ней
it	оно, это	**it**	ей, ему, этому
we	мы	**us**	нам, нас

they	они	**them**	им, их
you	ты, вы	**you**	тебе, вам

Внимание! He (он) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

he	**she**	**it**
a boy – мальчик **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **an apple -** яблоко

Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы** - **основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
Whose pen is it? - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

Личное местоимение	**Основная форма**	**Абсолютная форма**
I – я **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **theirs -** их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения some, any, every, и их производные

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
I have/l have got three apples. *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

Производные от неопределенных местоимений

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some	**thing**	**something –** *что-то, что-нибудь*
any		**anything -** *что-то, что-нибудь*
no		**nothing -** *ничего, ничто*

every	**everything -** *все*
Body/one - для одушевленных (кто-то):	
some	**somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь*
any	**anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь*
body/one	
no	**nobody / no one -** *никого, никто*
every	**everybody /everyone –** *все, каждый*
Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*	

somewhere - *где-нибудь, куда-нибудь*	**anywhere -** *где угодно*
nowhere - *нигде*	**everywhere -** *везде*

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.	
many girls - *много девочек* **many boys -** *много мальчиков* **many books -** *много книжек*	**much snow -** *много снега* **much money -** *много денег* **much time -** *много времени*
How many? **How much?** } **сколько?**	**How many girls? -** *Сколько девочек?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?*
a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot без (of) используется и без существительного. **Сравните**: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.* He writes **a lot.** *Он много пишет.*	girls – много девочек **a lot of** sugar - много сахара
<u>В утвердительных</u> предложениях используйте **a lot of.** <u>В отрицательных</u> и в вопросительных **many/much,** **Сравните:** (+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*. (-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?* Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":** Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.	

Few, little, a few, a little
С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало), а с исчисляемыми - few (мало).

few books - мало книг **few girls -** мало девочек **few boys -** мало мальчиков	**little time -** мало времени **little money -** мало денег **little snow -** мало снега
little **few** } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** **a few** } **немного (т.е. пока хватает)**

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	**Возвратное местоимение**	**Пример**	**Перевод**
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).
One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
They spoke to <u>each other</u> rather friendly. *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
They always help <u>one another</u>. *Они всегда помогают друг другу.*

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	**Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)** **The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.*
	Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение) **The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.*
which	**Для неодушевленных предметов и животных** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.*

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	**Примеры**	**Перевод**
определяет неисчисляемые	He spent **all his** time fishing on the	Он провел все свое время,

существительные	lake**.**	ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	**All the** boys like football. **(the после all!)**	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know **all/everything.**	Я знаю всё.
all = everybody	**All** were hungry. **Everybody** was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them	We **all** love you very much = **All** of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	**Both (the/my) friends like football.**	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	**Both these/the men are Russian.**	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	**He gave me two apples. Both were sweet.**	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	**They both (both of them) came to visit us.**	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции **both...and.**	**Both mother father were at home**	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither**	**Both of them know English. Neither of them know English.**	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикль не ставится)	**I've got 2 cakes. Take either cake.**	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	**There are windows on either side of the house.**	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	**Either of dogs is always hungry.**	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой)	**Neither of examples is correct.**	Ни один из примеров не верен.
	в констр. neither.. .nor (ни.. .ни)	**I like neither tea, nor coffee.**	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	Примеры	Перевод
the other	другой (второй), другой из двух	**You've got 2 balls: one and the other.**	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	**Take another ball.**	Возьми другой мяч. (Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	**Take other 2 balls.**	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)

the others	другие (определенные)	**There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.**	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	**What's this?**	Что это?
which	который	**Which of them?**	Который из них?
who	кто, кого	**Who was that?**	Кто это был?
whom	кого	**Whom did you meet?**	Кого ты встретил?
whose	чей	**Whose book is it?**	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	**Изменяется**	**Изменяется**
Падеж	**Изменяется**	**Не изменяется**

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	**a book - books** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики
2) согласная + y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	**Мн. число**	**Перевод**
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	**бык - быки**
tooth	teeth	**зуб - зубы**

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):

This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.**	
What apple do you want? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **The red ones. Красные.**

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски.	This girl speaks English well.
Р. п. Это собака той девочки.	It's a dog of that girl.
Д. п. Я дал яблоко той девочке. .	I gave an apple to that girl.
В. п. Я вижу маленькую девочку. .	1 can see a little girl.
Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой.	1 like to play with this girl.
П. п. Я часто думаю об этой девочке.	1 often think about this girl.

Притяжательный падеж. The Possessive Case
Образование притяжательного падежа

	Образование	**Примеры**	**Перевод**
существительные в единственном числе	**'s**	**bird's house** **child's ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**'s**	**children's bail** **women's rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**'**	**girls' toy** **birds' house**	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother's book - мамина книга,

this girl's bail - мячик девочки,

the bird's house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово "an hour" (час) начинается с согласной буквы "h", но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю "a" также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise! Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth

с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner	The table is in the middle of the room.
in the morning, In the evening, in the afternoon	I never drink coffee in the evening.
what's the use?	What's the use of going there so late?
to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market	Do you like going to the theatre? He works at the shop.
at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market	The fact is that I have no money at all. Where is the doctor?
the fact is (was) that...	We always spend summer in the country.
where is the…?	
in the country, to the country	

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание "no"	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.

с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James' Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное местоимение	what animals can swim? I know what thing you have lost!

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты:

His son goes to school. Его сын учится в школе.

She has written an interesting article. Она написала интересную статью.

A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:

"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.

Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:

Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?
I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?
We are	We're	We are not	We aren't	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Are they?
They are	They're	They are not	They aren't	

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.

Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.

В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I was	I was not	I wasn’t	Was I?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
He was	He was not	He wasn’t	Was he?

She was	She was not	She wasn’t	Was she?
It was	It was not	It wasn’t	Was it?
We were	We were not	We weren’t	Were we?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
They were	They were not	They weren’t	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.

Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.

It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)

There are three books on the desk.

They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.

There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.

This is the same town fifty years ago.

There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
There was	There was not	There wasn't	Was there?
There were	There were not	There weren't	Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.
б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.
в) в следующих высказываниях: I've got a headache. I've got a temperature. I've got a cough, I've got a toothache, I've got a cold, I've got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	I've (got)	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	He's (got)	He has not (got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	She's (got)	She has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	It's (got)	It has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	We've (got)	We have not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Have they (got)?
They have (got)	They've (got)	They have not (got)	They haven't (got)	

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	**Прилагательное в русском языке**	**Прилагательное в английском языке**
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе

ни приставок, ни суффиксов: small - *маленький***, long -** *длинный***, white -** *белый***.**
К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	Пример	Перевод
- ful	use**ful** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **snow-white –** белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	**- ing**
Описывают чувства и состояния	**Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства**
interested – интересующийся, заинтересованный	**interesting -** интересный
bored - скучающий	**boring -** скучный
surprised - удивленный	**surprising -** удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**
Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:
- положительная степень сравнения **(Positive Degree);**
- сравнительная степень сравнения **(Comparative Degree);**
- превосходная степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и

превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке **-** добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).

Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный	cold**er -** холоднее	the cold**est -** самый холодный
big - большой	bigg**er -** больше	the bigg**est -** самый большой
kind - добрый	kind**er -** добрее	the kind**est -** самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
clever — умный	clever**er - умнее**	**the** clever**est - самый умный**
easy - простой	eas**ier - проще**	**the** easi**est - самый простой**
able - способный	abl**er - способнее**	**the** abl**est - самый способный**
busy - занятой	bus**ier - более занятой**	**the** busi**est - самый занятой**

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **“e” ,** то при прибавлении **– er и – est немое “e” опускается:**

large **–** larg**er - the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – brav**er **– the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

big – bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

hot – hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий

thin – thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на “y” с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **“y” переходит в “i”:**

busy – bus**ier –** bus**iest / занятой – более занятой – самый занятой**

easy – eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful - красивый **interesting – интересный** **important - важный**	**more beautiful -** красивее **more interesting -** интереснее **more important -** важнее	**the most beautiful** - самый красивый **the most interesting** - самый интересный **the most important** - самый важный

Особые формы

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень

good - хороший **bad -** плохой **little -** маленький **much/many -** много **far -** далекий/далеко **old -** старый	**better -** лучше **worse -** хуже **less -** меньше **more -** больше **farther/further -** дальше **older/elder -** старше	**the best -** самый лучший **the worst -** самый плохой **the least -** самый маленький, меньше всего **the most -** больше всего **the farthest/furthest -** самый дальний **the oldest/eldest -** самый старый

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful – красивый **interesting -** интересный **important -** важный	**less beautiful -** менее красивый **less interesting –** менее интересный **less important -** менее важный	**the least beautiful –** самый некрасивый **the least interesting –** самый неинтересный **the least important –** самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As…as (такой же, так же)	**Для сравнения двух объектов одинакового качества**	He is **as** a strong **as** a lion Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. Она не такая умная, как сова.
The…the (с двумя сравнительными степенями)	**показывает зависимость одного действия от другого**	**The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **"of":**

hundreds of children – сотни детей

thousands of birds- тысячи птиц

millions of insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)

60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:
224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],
Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.

Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn't use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday

afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,
They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,
Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
No. Why?
I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Практическая работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице:

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Модальные глаголы и их эквиваленты	295	47
Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге	236	71, 115
Основные сведения о согласовании времён	323-328	269
Прямая и косвенная речь	324	268
Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий	311-322	132, 162, 173, 192, 193
Основные сведения о сослагательном наклонении	329	224

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play

		football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника)

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)
This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)
Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)
Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.
My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.
to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.
to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:
Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.
б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить
to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять
to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить
to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать
to teach учить to tell сказать и др.
Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.
Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)
A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:
John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.
The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):
He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать
to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать
to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:
He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:
The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:
The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:
The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)
The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:
The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:
The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:
He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:
I am invited to a party.
Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):
Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.
Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.
I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):
They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:
The experiments were made last year.
1) Опыты были проведены в прошлом году.
2) Опыты проводились в прошлом году.
3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:
It is said… Говорят… It was said… Говорили…
It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…
It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.
Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я

		пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать

to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть
Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.
Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая

having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),
keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I’m tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

2. Чтение и перевод учебных текстов (по 2 текста на тему)

№1

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

appear - v появляться; казаться; *ant* **disappear -** исчезать

bed - *n* пласт, слой, подстилающие породы; *syn* **layer, seam; bedded -** *a* пластовый

call for - v требовать; *syn* **demand, require**

carry out - v проводить *(исследование, эксперимент);* выполнять *(план);* завершать; *syn* **conduct, make**

colliery - каменноугольная шахта

concentration (dressing) plant - обогатительная фабрика, обогатительная установка

department - *n* отделение, факультет, кафедра; *syn* **faculty**

direct - v руководить; направлять; управлять; *a* прямой, точный; **directly -** *adv* прямо, непосредственно

education - *n* образование; просвещение; **get an education** получать образование

establish - v основывать, создавать, учреждать; *syn* **found, set up**

ferrous metals - чёрные металлы **(non-ferrous metals** цветные металлы)

iron - *n* железо; **pig iron** чугун; **cast iron** чугун, чугунная отливка

open-cast mines - открытые разработки

ore - *n* руда; **iron ore -** железная руда; **ore mining –** разработка рудных месторождений

process - v обрабатывать; *syn* **work, treat; processing -** n обработка; разделение минералов

rapid - *a* быстрый

research - *n* научное исследование

technique - *n* техника, способ, метод, технический прием; **mining technique -** горная техника, методы ведения горных работ

train - v обучать, готовить *(к чему-л.);* **training** - обучение; подготовка

to be in need of - нуждаться в

to take part in - участвовать в

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 1: The First Mining School in Russia

The Moscow Mining Academy was established in 1918. The main task of the Academy was to train mining engineers and technicians, to popularize technological achievements among miners, to work on important problems of mining and metallurgical engineering arid to direct scientific research.

There were three departments in the Academy: mining, geological prospecting and metallurgy. The Moscow Mining Academy introduced a new course in coal mining mechanization which provided the basis for the development of mining engineering. The two scientists A.M. Terpigorev and M.M. Protodyakonov wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits.

Much credit for the establishment of the Moscow Mining Academy and the development of co-operation among outstanding scientists and educators is due to Academician I.M. Gubkin, a prominent geologist and oil expert.

In 1925 the Moscow Mining Academy was one of the best-known educational institutions in Russia. It had well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of Russian and foreign scientific books and journals.

The Academy established close contacts with the coal and ore mining industries. The scientists carried out scientific research and worked on important mining problems.

The rapid growth of the mining industry called for the training of more highly-qualified specialists and the establishment of new educational institutions.

New collieries and open-cast mines, concentration plants, metallurgical works and metal-working factories for processing non-ferrous and ferrous metals appeared in the country. The people took an active part in the construction of new industrial enterprises.

The Academy alone could not cope with the problem of training specialists. In 1930 the Moscow Mining Academy was transformed into six independent institutes. Among the new colleges which grew out of the Academy's departments were the Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting. Later, the scientific research Institute of Mining appeared near Moscow.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. There were four departments in the Academy.
2. The Academy introduced a new course in coal mining mechanization.
3. In 1925 the Academy had only several well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of books.
4. The Academy established close contacts with the coal industry.
5. In 1930 the Academy was transformed into six independent institutes.
6. The Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting were among the new colleges which grew out of the Academy's departments.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What was the main task of the Academy?
2. What new course did the Academy introduce?
3. Were there three or four departments at the Academy?
4. What industries did the Academy establish contacts with?
5. Who wrote the first textbook on machinery' for mining bedded deposits?
6. Why was the Academy transformed into six independent institutes?
7. Why was the Academy transformed?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) обогатительная фабрика
б) подготовка горных инженеров
в) разведка нефти
г) обработка цветных металлов

д) техническое образование
е) новый (учебный) курс по
ж) принимать активное участие
з) проводить исследования
и) направлять научную деятельность
к) горное оборудование
л) пластовые месторождения

№2

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

change - v изменяться, менять(ся); *syn.* **transform, alter;** *n* изменение, перемена; превращение

determine - v определить, устанавливать

engineering - *n* техника; технология; машиностроение**;** *syn.* **technics, technology, technique; machinery**

composition - *n* структура, состав

connect - v соединяться; *syn* **combine, link**

enterprise - *n* предприятие; предприимчивость

deal (dealt) v **(with) -** иметь дело с; рассматривать

environment - *n* окружающая обстановка**,** среда

demand - *n* спрос

field - *n* область, сфера деятельности; поле, участок, месторождение; бассейн; *syn* **basin, branch**

design - *n* проект; план, чертеж; конструкция; v проектировать, планировать; конструировать

graduate - v окончить (высшее учебное заведение), *амер.* окончить любое учебное заведение; *n* лицо, окончившее высшее учебное заведение; **undergraduate (student) -** студент последнего курса; **postgraduate (student) -** аспирант; **graduation paper -** дипломная работа

hardware - *n* аппаратура, (аппаратное) оборудование, аппаратные средства; техническое обеспечение

hydraulic - *a* гидравлический, гидротехнический

introduction - *n* введение, вступление

management - *n* управление, заведование; *syn.* **administration; direction**

offer - *v* предлагать *(помощь, работу);* предоставлять; *n* предложение

property - *n* свойство

protection - *n* защита, охрана

range - *n* область, сфера; предел; диапазон; радиус действия; ряд; серия

recreation - *n* отдых, восстановление сил; развлечение

reveal - v показывать, обнаруживать

rock - *n* горная порода

shape - *n* форма

software - *n* программное обеспечение; программные средства

skill - *n* мастерство; умение; **skilled -** *a* квалифицированный; опытный; умелый

survey - *n* съемка, маркшейдерская съемка; v производить маркшейдерскую или топографическую съемку, производить изыскания; *n* **surveying** съемка, маркшейдерские работы

value - *n* ценность, стоимость; величина; v ценить, оценивать; **valuable** *a* ценный

workshop - *n* мастерская, цех; семинар

to be of importance - иметь значение

to give an opportunity of - дать возможность

to meet the requirements - удовлетворять требованиям (потребности)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 2: Mining and Geological Higher Education in Russia

In Russia young people get mining education at special institutes which train geologists and mining engineers for coal and ore mining. The total number of students of an institute includes full-time students, part-time students and postgraduate students.

Russian higher educational establishments offer different specializations for the students. Thus, at the geological institutes, the students specialize in geology, the science which deals with different problems connected with the Earth, its history, the study of rocks, their physical and chemical properties. One of the main tasks of geology is to prospect, discover and study the deposits of useful minerals.

Geology is both a theoretical and an applied science. Mining geology is of great importance to the mining engineer. As a rule, mining geology includes economic geology.

The outstanding Russian geologist V.A. Obruchev says that geology is the science of the Earth which reveals to us how the Earth took shape, its composition and its changes. Geology helps prospect for ores, coal, oil, salt and other useful minerals.

Higher mining schools (universities, academies, institutes and colleges) develop a wide range of courses and programmes that meet the requirements of the society .They offer courses in mining technology, machinery and transport, hydraulic engineering, electrical engineering, industrial electronics, automation, surveying, geodesy, information technology, etc.

The main trend in the development of higher mining education is the introduction of courses in environmental protection, management (environmental human resources), economics and management of mining enterprises, marketing studies, computer-aided design (CAD) and others.

Computer science is also of great importance. The course aims at providing students with understanding how software and hardware technology helps solving problems.

Laboratory work is an important part in training specialists. Experiments in laboratories and workshops will help students to develop their practical skills. They have a short period of field work to gain working experience.

The students go through practical training at mines, plants and other industrial enterprises.. They become familiar with all stages of production and every job from worker to engineer. Here they get practical knowledge and experience necessary for their diploma (graduation) papers.

A lot of students belong to students' scientific groups. They take part in the research projects which their departments usually conduct. Postgraduates carry out research in different fields of science and engineering.

Sport centres give the students opportunities to play different sports such as tennis, football, basketball, volleyball, swimming, ' skiing, water polo, boxing, wrestling and others.

Students graduate from mining and geological higher schools as mining engineers, mining mechanical engineers, ecologists, mining electrical engineers, geologists, economists and managers for mining industry.

1. Переведите следующие сочетания слов.

а) широкий круг проблем
б) денные месторождения полезных ископаемых
в) горный инженер-механик
г) вести научно-исследовательскую работу
д) принимать форму
е) техническое и программное обеспечение
ж) студенты (последнего курса)
з) дипломная работа
и) физические и химические свойства
к) месторождение полезных ископаемых

1. оканчивать институт
2. поступать в университет
3. получать образование

4. готовить геологов и горних инженеров
5. высшие горные учебные заведения
6. приобретать опыт
7. студенческие научные общества
8. заниматься различными видами спорта

№3

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accurate - *a* точный, правильный; **accuracy -** *n* точность

archive - *n* архив

attend - v посещать *(лекции, практические занятия, собрания)*

comprehensive - *a* всесторонний, исчерпывающий

concern - v касаться, относиться; иметь отношение к чему-л.; *n* дело, отношение; важность; **concerning** *prep* относительно, касательно

consider - v рассматривать; считать; **considerable -** значительный, важный; **consideration -** *n* рассмотрение; обсуждение

draw (drew, **drawn**) - v *зд,* чертить, рисовать; **draw the conclusion** делать вывод; *syn* **come to the conclusion**

employ - v применять, использовать; предоставлять *(работу); syn* **use, utilize, apply; employment -** *n* служба; занятие; применение, использование

familiarize - v знакомить; осваивать

fundamental - *n pl* основы *(наук)*

levelling - *n* нивелирование, сглаживание *(различий);* выравнивание

number - *n* число, количество, большое количество; *(порядковый)* номер, ряд

observe - v наблюдать, следить *(за чём-л.),* соблюдать *(правило, обычаи)*

obtain - v получать; достигать; добывать; *syn* **get, receive**

present - v преподносить, дарить; подавать, представлять; **presentation -** *n* изложение; предъявление

proximity - *n* близость, соседство; **in proximity to** поблизости, вблизи от *(чего-л.)*

require - v требовать; *syn* **call for; demand; meet the requirements** удовлетворять требованиям

traversing - *n* горизонтальная съемка

to keep in close touch with - поддерживать связь с

to touch upon (on) затрагивать, касаться вкратце *(вопроса)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 3: Mining Education in Great Britain

In Great Britain the students get mining education at special colleges and at mining departments of universities.

For example, the Mining Department at the University of Nottingham ranks as one of the foremost teaching and research mining schools in Great Britain. The students come to the University from all parts of the country and from abroad. The close proximity of Nottingham to mines extracting coal and different metals makes it possible for the University to keep in close touch with new achievements in mining.

The aim of training at the University is to give the student an understanding of applied science based on lectures, tutorial system, laboratory work and design classes. The laboratory work trains the student in accurate recording of observations, drawing of logical conclusions and presentation of scientific reports. Besides, it gives the student an understanding of experimental methods and familiarizes him (or her) with the characteristics of engineering materials, equipment and machines.

At Nottingham there are two types of laboratories, general and Specialized. General laboratories deal with the fundamentals of engineering science and specialized ones1 study the more specialized problems in different branches of engineering.

During the final two years of his course the student gets a comprehensive training in surveying. Practical work both in the field and in drawing classes forms an important part of this course. Besides, the students have practical work in survey camps during two weeks. The equipment available for carrying out traversing, levelling, tacheometric and astronomical surveying is of the latest design.

The practical and laboratory work throughout the three or four years of study forms a very important part of the course, so the students obtain the required standard in their laboratory course work before they graduate.

British educational system is fee-paying. The annual fee includes registration, tuition, examination, graduation and, in the case of full-time students, membership of the Union of Students.

Students from all over the world (nearly 100 countries) study at the University of Nottingham. For many years the University has had a thriving community of international students.

The University pays much attention to learning foreign languages. For individual study there is a 16-place self-access tape library with a tape archive of 3,000 tapes in 30 languages. There are also 16 video work stations where the students play back video tapes or watch TV broadcasts in a variety of languages.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. In Great Britain the students can get mining education only at special colleges.
2. The training at universities is based on tutorial system.
3. The laboratory work familiarizes the student with modern equipment.
4. There are three types of laboratories at the University of Nottingham.
5. When the students study surveying, they have practical work both in the field and in drawing classes.
6. The students from abroad don't study at Nottingham.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Where can one get mining education in Great Britain?
2. Is the Mining Department at the University of Nottingham one of the foremost research mining schools in Great Britain?
3. What makes it possible for the University to keep in close touch with the, achievements in mining?
4. What are the students supposed to do in the laboratories?
5. Will the students have practical work in survey camps or in the laboratories?
6. What do the students use surveying equipment for?
7. What can you say about studying foreign languages at the University?

№4

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advance - *n* прогресс, успех; продвижение вперед; v делать успехи, развиваться, продвигаться вперед; **advanced courses** курсы по расширенной программе

authority - *n* администрация; начальство

differ - v (from) отличаться (от); **difference** *n* различие; разница; **different** *a* различный; *syn* **various**

excavate - v добывать *(уголь);* вырабатывать полезное ископаемое открытым способом; вынимать *(грунт);* **excavation** - *n* открытая разработка карьером; разрез, карьер; **surface excavation** открытая разработка; *syn* **open-cast (opencast)**

experience - *n* жизненный опыт; опыт работы; стаж

found - v основывать**; *syn* establish, set up; foundation -** *n* основание; учреждение; основа; **lay the foundation** положить начало чему-л , заложить основу чего-л.

manage - v управлять, заведовать, справляться, уметь обращаться; **management -** *n* управление, заведование; правление, дирекция; **management studies -** наука об управлении

mean (meant) - *v* значить, иметь значение, подразумевать; намереваться, иметь в виду; **means -** *n, pl* средства, **meaning -** *n* значение, **by means of** посредством (чего-л)

metalliferous – *a* содержащий металл, рудоносный

preliminary - *a* предварительный**; preliminary course** подготовительные курсы

realize - v представлять, себе; понимать *(во всех деталях); **syn*** **understand**

recognize - *v* признавать; узнавать

work out -v разрабатывать *(план);* решать задачу

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 4: Mining Education in Great Britain (continued)

At present in Great Britain there are a number of universities and colleges which give instruction in mechanical engineering, mining, metallurgy, etc. These institutions provide full-time and part-time education. It should be noted that technical colleges confer diplomas' on college graduates.

A university graduate leaves with the degree of Bachelor of Arts or Bachelor of Science, which is an academic qualification awarded by universities.

For example, the University in Cardiff has become one of the largest in Wales. It is one of the four colleges which together with the Welsh National School of Medicine form the University of Wales. There is the Mining Engineering Department in the University of Wales. The Department deals with the whole range of extractive industries such as coal and metalliferous mining, quarrying and oil technology.

After graduating from the college a student can be recommended for entry to the university by a college authority and he can apply for admission to the university.

At the Mining Department students may take several courses such as geology, mining engineering, mine surveying, quarrying, management studies and others. It has become a tradition that the courses are based on an intensive tutorial system. It means that students are allotted to members of the teaching staff for individual tuition separately in mining, in quarrying and in mine surveying. The system is founded on that of the older universities of Great Britain.

At the Department of Mining Engineering of the Newcastle University mining has now become a technically advanced profession. The Department of Mining Engineering trains industrially experienced engineers through various advanced courses in rock mechanics and surface excavation. For many years the Mining Engineering Department at Newcastle has recognized the need for highly-qualified engineers and realized that the courses in rock mechanics and surface excavation are of great importance for mining engineers.

At the University a student studies for three or four years. The organization of the academic year is based on a three-term system which usually runs from about the beginning of October to the middle of December, from the middle of January to the end of March and from the middle of April to the end of June or the beginning of July.

Students course is designed on a modular basis. Modules are self-contained 'units' of study, which are taught and assessed independently of each other. When a student passes a module, he (she) gains a credit. All modules carry a number of credits. At the end of the term, the number of credits a student gets, determines the award he (she) receives. Each module is continuously assessed by coursework and/or end-of-term examinations.

Admission to the British universities is by examination and selection. The minimum age for admission to the four-year course is normally 18 years. Departments usually interview all the candidates. The aim of the interview is to select better candidates.

Just over half of all university students live in colleges, halls of residence, or other accommodation provided by their university, another third lives in lodgings or privately rented accommodation; and the rest live at home.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. At present there are about a hundred technical institutions in Great Britain.
2. It should be noted that British colleges confer degrees.
3. As a rule a college authority recommends the graduates for entry to the university.
4. At the Mining Engineering Department of the University of Wales the students study only metalliferous mining.
5. At the Mining Engineering Department the courses are based on an intensive tutorial system.
6. The Mining Engineering Department at the Newcastle University has recognized the importance of teaching rock mechanics and surface excavation (open-cast mining).

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Are there many technical institutions in Great Britain?
2. What is the difference between colleges and universities?
3. Is the Mining Engineering Department the only one in the University of Wales?
4. Does the Mining Engineering Department deal only with metalliferous mining?
5. Can a student enter the university after he has graduated from the college?
6. What courses are of special importance for mining engineers?
7. What do you know about the organization of the academic year at British universities?
8. When do the students take their examinations?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) курсы по расширенной программе
б) рудоносные отложения
в) средства производства
г) горный факультет
д) открытые горные работы
е) опытный инженер
ж) администрация колледжа
з) поощрять студентов
и) отвечать требованиям университета
к) наука об управлении

1. зависеть от условий
2. значить, означать
3. признать необходимость (чего-л.)
4. ежегодная производительность (шахты)
5. начальник шахты
6. добывающая промышленность
7. представлять особую важность
8. механика горных пород
9. единственный карьер
10. основывать факультет (школу, систему и т.д.)

№5

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный
adjacent - *a* смежный, примыкающий
ash - *n* зола
belt - *n* пояс; лента; ремень
body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты
common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**
cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**
dust - *n* пыль
dyke – *n* дайка
extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*
fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь
flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 5: Igneous Rocks

Igneous rocks have crystallized from solidified magma.

Igneous rocks can be classified in a number of ways and one of (hem is based on mode of occurrence. They occur either as intrusive (below the surface) bodies or as extrusive masses solidified at the Earth's surface. The terms "intrusive" and "extrusive" refer to the place where rocks solidified.

The grain size of igneous rocks depends on their occurrence. The intrusive rocks generally cool more slowly than the extrusive rocks and crystallize to a larger grain size. The coarser-grained intrusive rocks with grain size of more than 0.5 mm called plutonic or abyssal are referred to as intrusive igneous rocks because they are intruded into older pre-existing rocks. Extrusive or volcanic rocks have even finer grains, less than 0.05 mm and are glassy.

Exposed igneous rocks are most numerous in mountain zones for two reasons. First, the mountain belts have been zones of major deformation. Second, uplifts in mountain belts have permitted plutonic masses to be formed.

The largest bodies of igneous rocks are called batholiths. Batholiths cooled very slowly. This slow cooling permitted large mineral grains to form. It is not surprising that batholiths are composed mainly of granitic rocks with large crystals called plutons. As is known, granites and diorites belong to the group of intrusive or plutonic rocks formed by solidification of igneous mass under the Earth's crust. Granites sometimes form smaller masses called stocks, when the occurrence has an irregular shape but smaller dimensions than the batholiths.

Laccoliths and sills, which are very similar, are intruded between sedimentary rocks. Sills are thin and they may be horizontal, inclined or vertical. Laccoliths are thicker bodies and in some cases they form mountains.

Dykes are also intrusive bodies. They range in thickness from a few inches to several thousand feet. Dykes are generally much longer than they are wide. Most dykes occupy cracks and have straight parallel walls. These bodies cool much more rapidly and are commonly fine-grained. For example, granite may occur in dykes that cut older rocks.

Pegmatites (quartz, orthoclase and mica) also belong to the group of plutonic or intrusive rocks. They occur in numerous veins which usually cut through other plutonites, most often granite, or adjacent rocks.

Extrusive igneous rocks have been formed from lava flows which come from fissures to the surface and form fields of volcanic rocks such as rhyolite, andesite, basalt, as well as volcanic ashes and dust, tuff, etc. As a rule, these rocks of volcanic origin cool rapidly and are fine-grained. It is interesting to note that basalt is the most abundant of all lavatypes. It is the principal rock type of the ocean floor.

Igneous rocks are rich in minerals that are important economically or have great scientific value. Igneous rocks and their veins are rich in iron, gold, zinc, nickel and other ferrous metals.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Igneous rocks have been formed by sedimentation.
2. Intrusive rocks have been formed by the cooling of rocks of the Earth's crust.
3. Extrusive rocks have been formed the same way.
4. The grain size of igneous rocks depends on mode of occurrence.
5. Exposed igneous rocks are numerous in mountain zones.
6. Granites and diorites belong to the group of extrusive rocks.
7. As a rule, granite may occur in dykes.
8. Pegmatites do not belong to the group of plutonic or intrusive rocks.

2). Ответьте на вопросы:

1. Have igneous rocks crystallized from magma or have they been formed by sedimentation?
2. Which types of igneous rocks do you know?
3. What does the grain size of igneous rocks depend on?
4. Can you give an example of intrusive or plutonic rocks?
5. Are diorites intrusive or extrusive formations?
6. What do you know about batholiths?
7. Do pegmatites belong to the group of plutonic or volcanic rocks?
8. How do pegmatites occur?
9. What minerals are igneous rocks rich in?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	adjacent layers	а) способ залегания
2.	abyssal rocks	б) крупнозернистый
3.	dimensions of crystals	в) зоны крупных нарушений
4.	valuable minerals	г) абиссальные (глубинные) породы
5.	shape and size of grains	д) смежные пласты (слои)
6.	mode of occurrence	е) размеры кристаллов
7.	coarse-grained	ж) взбросы
8.	uplifts	з) форма и размер зерен
9.	zones of major deformation	и) ценные минералы

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1.	затвердевшие массы	а) irregular shape
2.	обломочные породы	б) at a certain depth
3.	медленно остывать	в) economically important
4.	мелкозернистый	г) solidified masses
5.	многочисленные трещины	д) scientific value
6.	неправильная форма	е) to cool slowly
7.	на определенной глубине	ж) existing types of rocks
8.	экономически важный	з) fine-grained
9.	научная ценность	и) fragmentary rocks

10. существующие типы пород к) numerous cracks or fissures

№6

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 6: Metamorphic Rocks

The problem discussed concerns metamorphic rocks which compose the third large family of rocks. "Metamorphic" means "changed from". It shows that the original rock has been changed from its primary form to a new one. Being subjected to pressure, heat and chemically active fluids beneath the Earth's surface, various rocks in the Earth's crust undergo changes in texture, in mineral composition and structure and are transformed into metamorphic rocks. The process described is called metamorphism.

As is known, metamorphic rocks have been developed from earlier igneous and sedimentary rocks by the action of heat and pressure.

Gneisses, mica schists, phyllites, marbles, slate, quartz, etc. belong to the same group of rocks. Having the same mineral composition as granite, gneisses consist chiefly of quartz, orthoclase and mica. However unlike granite, they have a schistose structure. It means that their constituents are distributed in bands or layers and run parallel to each other in one direction. If disturbed the rock cleaves easily into separate plates.

The role of water in metamorphism is determined by at least four variable geologically related parameters: rock pressure, temperature, water pressure, and the amount of water present.

During a normal progressive metamorphism rock pressure and temperature are interdependent, and the amount of water and the pressure of water are related to the sediments and to the degree of metamorphism in such a way that, generally speaking, the low-grade metamorphic rocks are

characterized by the excess of water. The medium-grade rocks defined by some deficiency of water and the high-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.

Many of the metamorphic rocks mentioned above consist of flaky materials such as mica and chlorite. These minerals cause the rock to split into thin sheets, and rocks become foliated.

Slate, phyllite, schist and gneiss belong to the group of foliated metamorphic rocks. Marble and quartzite are non-foliated metamorphic rocks.

The structure of metamorphic rocks is of importance because it shows the nature of pre-existing rocks and the mechanism of metamorphic deformation. Every trace of original structure is of great importance to geologists. It gives an opportunity of analysing the causes of its metamorphism.

Being often called crystalline schists, metamorphic rocks such as gneisses and mica have a schistose structure. Metamorphic rocks represent the oldest portion of the Earth's crust. They are mostly found in the regions of mountain belts where great dislocations on the Earth once took place.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Generally speaking, metamorphic rocks have been developed from ores.
2. Marble, slate and phyllite belong to the group of metamorphic rocks.
3. As is known, unlike granite metamorphic rocks have a schistose structure.
4. It is quite obvious that the role of water in metamorphism is great.
5. As a rule, low-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.
6. Flaky materials cause the rock to split into thin sheets.
7. It should be noted that marble and quartzite are foliated metamorphic rocks.
8. The structure of metamorphic rocks shows the nature of older preexisting rocks and the mechanism of metamorphic deformation as well.
9. All metamorphic rocks are non-foliated.

2). Ответьте на вопросы:

1. Do you know how metamorphic rocks have been formed?
2. Which rocks belong to the group of metamorphic?
3. Does gneiss have the same structure as granite?
4. Is the role of water great in metamorphism?
5. What rocks do we call foliated? What can you say about non-foliated metamorphic rocks?
6. How can geologists trace the original structure of metamorphic rocks?
7. Why are metamorphic rocks often called crystalline schists?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. as a result of the chemical and physical changes
2. constituents of rocks
3. to be subjected to constant development
4. to undergo changes
5. excess of water
6. low-grade ores
7. coal band
8. to cleave into separate layers
9. traces of original structure
10. generally speaking

а) полоса (или прослоек) угля
б) составляющие пород
в) расщепляться на отдельные слои
г) вообще говоря

д) в результате химических и физических изменений
е) избыток воды
ж) изменяться
з) находиться в постоянном развитии
и) низкосортные руды
к) следы первоначальной структуры

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. иметь значение
2. упомянутые выше
3. сланцеватая структура
4. в отличие от гранита
5. недостаток воды
6. существовавшие ранее породы
7. слоистые породы
8. мрамор и сланец
9. гнейс
10. давать возможность
11. определять структуру

а) unlike granite
б) to be of importance
в) pre-existing rocks
г) mentioned above
д) schistose structure
е) to give an opportunity (of doing smth)
ж) to define (determine) rock texture
з) deficiency of water
и) flaky rocks
к) marble and slate
л) gneiss

№7

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory -** *a* разведочный; **exploration -** *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening -** *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved -** *a* разведанный, достоверный; **proving -** *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable -** *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working -** *n* разработка, горная выработка

country rock коренная (основная) порода

distinctive properties отличительные свойства

malleable metal ковкий металл

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 7: Prospecting

Mining activities include prospecting and exploration for a mineral deposit through finding, proving, developing, extracting and processing the ore. That is why it is possible to divide the mining activity into three major phases: 1) before mining which involves prospecting and exploration required to locate, characterize and prove a potential ore body; 2) mining which refers to actual coal or ore extraction. Extraction processes include underground or surface mining and dredging; 3) after mining which involves processing and preparing the raw ore for the end product.

As has already been said, before a mineral deposit can be worked, that is, before it can be extracted from the Earth for use by man, it must first be found. The search for economically useful mineral deposits is called prospecting. To establish the quality and quantity of a mineral deposit, the type of country rock, etc. means to prove it and this process is called proving. Prospecting and proving are only two different stages of mining geological exploration, the latter includes drilling and driving of openings.

Last century prospectors looked for visible evidence of mineralization on the surface of the Earth. To recognize valuable minerals it was necessary to know their various distinctive physical properties. For example, gold occurs in nature as a heavy malleable yellow metal. -Galena, the most important mineral containing lead, is dark grey, heavy and lustrous. The first ores of iron to be mined were deposits of magnetite, a black heavy mineral capable of attracting a piece of iron.

As the deposits of mineral that cropped out at the surface were mined, the search for additional supplies of minerals took place. The science of geology was used to explain the occurrence of ore deposits.

The aim of geological prospecting is to provide information on a preliminary estimation of the deposit and the costs of the geological investigations to be made. It also indicates whether it is available to continue the exploration or not.

Prospecting work includes three stages: 1) finding signs of the mineral; 2) finding the deposit; 3) exploring the deposit.

General indications of the possibility of exposing this or that mineral in a locality can be obtained by studying its general topographical relief, the type of ground and its general natural conditions. Thus, in mountainous regions where fissures were formed during the process of mountain formation, ore minerals could be expected in the fissure fillings. In hilly regions, sedimentary deposits would be expected.

Certain deposits are found only in a particular type of ground. Coal seams, for example, are found in sedimentary formations mainly consisting of sandstones and shales. Veins, on the other hand,

are found in crystalline (igneous) rocks, and the type of country rock usually determines the type of minerals.

At present, prospecting methods to be used are as follows:

1. Surface geological and mineralogical prospecting such as panning.
2. Geophysical, geochemical, geobotanical prospecting.
3. Aerial photography with geological interpretation of the data to be obtained is highly effective from aircraft or helicopter. Besides, successful development of space research has made it possible to explore the Earth's resources from space by satellites.

In modern prospecting the methods mentioned above are used together with the study of geological maps.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The search for economically useful mineral deposits is called proving.
2. Last century prospectors looked for visible evidence of mineral deposits.
3. The first ores of iron to be mined were deposits of galena.
4. The science of geology can explain the mode of occurrence of ore deposits.
5. As a rule prospecting includes four stages.
6. The study of general topographical relief and the type of ground makes it possible to expose this or that deposit.
7. Geologists know that certain deposits are only found in a particular type of ground.
8. As is known, veins are found in metamorphic rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is prospecting?
2. What is proving?
3. How did prospectors find mineral deposits in the 19th century?
4. Does gold occur in nature as a heavy malleable yellow metal or as a heavy dark-grey one?
5. What metal is capable of attracting a piece of iron?
6. What does prospecting work provide?
7. What are the three main stages of prospecting?
8. Is it enough to know only the topographical relief of a locality for exposing this or that mineral?
9. What methods of prospecting do you know?
10. What are the most effective aerial methods of prospecting now?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. country rock	а) залегание рудных месторождений
2. panning	б) блестящий металл
3. the search for commercially useful deposits	в) коренная (основная) порода
4. geological exploration	г) дополнительные запасы минералов
5. to look for evidence of mineralization	д) промывка (золотоносного песка в лотке)
6. distinctive properties	е) геологическая разведка (с попутной добычей)
7. lustrous metal	ж) искать доказательства наличия месторождения
8. capable of attracting a piece of iron	з) отличительные свойства
9. additional supplies of minerals	и) поиски экономически полезных месторождений
10. the occurrence of ore deposits	к) способный притягивать кусок металла

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	стоимость геологических исследований	а) the data obtained
2.	выходить на поверхность (обнажаться)	б) galena, sandstones and shales
3.	произвести предварительную оценку (месторождения)	в) the cost of geological investigations
4.	визуальные наблюдения с воздуха	г) to crop out
5.	полученные данные	д) certain ore deposits
6.	галенит, песчаники и сланцы	е) to make a preliminary estimation (of a deposit)
7.	общие показания	ж) visual aerial observations
8.	находить признаки месторождения	з) to find the signs of a deposit
9.	определенные рудные месторождения	и) general indications

№8

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit -** алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять*;* погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking -** проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping -** *a* наклонный; **gently sloping -** с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike -** вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 8: Exploration of Mineral Deposits

Exploration is known to include a whole complex of investigations carried out for determining the industrial importance of a deposit. The main task is to determine the quality and quantity of mineral and the natural and economic conditions in which it occurs. The exploration of the deposit is divided into three stages, namely preliminary exploration, detailed exploration and exploitation exploration.

The aim of preliminary exploration is to establish the general size of a deposit and to obtain an approximate idea of its shape, dimensions and quality. At this stage the geological map of the deposit is corrected and a detailed survey of its surface is completed.

The information on the preliminary exploration is expected to give an all-round description of the deposit which will enable the cost of its detailed exploration to be estimated.

The following points should be taken into consideration: 1) the shape and area of the deposit; 2) its depth and angles of dip and strike; 3) its thickness; 4) the properties of the surrounding rock and overburden; 5) the degree of uniformity of distribution of the mineral within the deposit and the country rock, etc.

Preliminary explorations can make use of exploratory openings such as trenches, prospecting pits, adits, crosscuts and boreholes. They are planned according to a definite system, and some are driven to a great depth.

All the exploratory workings are plotted on the plan. These data allow the geologist to establish the vertical section of the deposit.

The quality of the mineral deposit is determined on the basis of analyses and tests of samples taken from exploratory workings.

The method of exploration to be chosen in any particular case depends on the thickness of overburden, the angle of dip, the surface relief, the ground water conditions and the shape of the mineral deposit.

The task of the detailed exploration is to obtain reliable information on the mineral reserves, their grades and distribution in the different sectors of the deposit. Detailed exploration data provide a much more exact estimate of the mineral reserves.

Mine or exploitation exploration is known to begin as soon as mining operations start. It provides data for detailed estimates of the ore reserves of individual sections. It facilitates the planning of current production and calculating the balance of reserves and ore mined.

The searching and discovering of new mineralized areas are based on geological survey and regional geophysical prospecting. The results of these investigations provide data on iron-bearing formations and new deposits for commercial extraction.

In detailed exploration both underground workings and borehole survey are used. Core drilling with diamond and carbide bits is widely used. Non-core drilling is also used in loose rocks in combination with borehole geophysical survey.

One of the main methods to explore coal deposits is also core-drilling. Modern drilling equipment makes it possible to accurately measure bed thickness and determine structure of beds, faults and folds. Recording control instruments are attached to drilling rigs which allow the geologists to get reliable samples good for nearly all parameters of coal quality to be determined.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The purpose of preliminary exploration is to determine the mineral reserves and their distribution in the different sectors of the deposit.
2. The properties of the surrounding rock and overburden should be taken into consideration during the preliminary exploration.
3. The purpose of the detailed exploration is to find out the quantity (reserves) of the deposit.
4. Exploitation exploration facilitates the planning of current production.
5. Both core drilling and non-core drilling are widely used.

6. Recording control instruments allow geologists to get reliable ore samples.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What stages does exploration include?
2. What is the main purpose of preliminary exploration?
3. What should be taken into consideration by geologists during preliminary exploration?
4. What exploratory openings do you know?
5. Do you know how the quality of the mineral deposit is determined?
6. What is the aim of a detailed exploration?
7. Is core drilling used in prospecting for loose rocks?
8. What is drilling equipment used for?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. bedded deposits
2. core drilling
3. the angle of dip of the seam
4. the thickness of overburden
5. exploratory workings
6. composition of minerals
7. pits and crosscuts
8. to exploit new oil deposits
9. sampling
10. geological section

а) мощность наносов
б) разрабатывать новые месторождения нефти
в) шурфы и квершлаги
г) пластовые месторождения
д) опробование (отбор) образцов
е) угол падения пласта
ж) колонковое бурение
з) геологический разрез (пород)
и) состав минералов
к) разведочные выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. буровые скважины
2. по простиранию пласта
3. равномерность распределения минерала в залежи
4. водоносность пород
5. карбидные и алмазные коронки
6. детальная разведка
7. использовать новые поисковые методы
8. проникать в залежь
9. коренная порода
10. свойства окружающих пород

а) ground water conditions
б) detailed exploration
в) boreholes
г) along the strike of the bed (seam)
д) carbide and diamond bits
е) the uniformity of mineral distribution in the deposit
ж) the properties of surrounding rocks
з) to make use of new prospecting methods
и) country rock
к) to penetrate into the deposit

3. Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)

Грамматические конструкции представлены на стр. 6 – 40.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

Семья. Family

родственник relative, relation
родители parents
мать (мама) mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа) father (dad, daddy, papa, pa)
жена wife
муж husband
супруг(а) spouse
ребенок, дети child, children
дочь daughter
сын son
сестра sister
брат brother
единственный ребенок only child
близнец twin
близнецы, двойняшки twins
брат-близнец twin brother
сестра-близнец twin sister
однояйцевые близнецы identical twins
тройняшки triplets
бабушка и дедушка grandparents
бабушка grandmother (grandma, granny, grandmamma)
дедушка grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки grandchildren
внучка granddaughter
внук grandson
прабабушка great-grandmother
прадедушка great-grandfather
прабабушка и прадедушка great-grandparents
правнуки great-grandchildren
тётя aunt
дядя uncle
крестный (отец) godfather
крестная (мать) godmother
отчим, приемный отец stepfather
мачеха, приемная мать stepmother
сводный брат stepbrother
сводная сестра stepsister
брат по одному из родителей half-brother
сестра по одному из родителей half-sister
приемный, усыновленный сын adopted son
приемная, удочеренная дочь adopted daughter
приемный ребенок adopted child
патронатная семья, приемная семья foster family
приемный отец foster father
приемная мать foster mother
приемные родители foster parents

приемный сын foster son
приемная дочь foster daughter
приемный ребенок foster child
неполная семья (с одним родителем) single-parent family
родня the kin, the folks
племянница niece
племянник nephew
двоюродный брат cousin (male)
двоюродная сестра cousin (female)
двоюродный брат (сестра), кузен (кузина) first cousin
троюродный брат (сестра) second cousin
четвероюродный брат (сестра) third cousin
родня со стороны мужа или жены in-laws
свекровь mother-in-law (husband's mother)
свёкор father-in-law (husband's father)
тёща mother-in-law (wife's mother)
тесть father-in-law (wife's father)
невестка, сноха daughter-in-law
зять son-in-law
шурин, свояк, зять, деверь brother-in-law
свояченица, золовка, невестка sister-in-law
семейное положение marital status
холостой, неженатый, незамужняя single
женатый, замужняя married
брак marriage
помолвка engagement
помолвленный, обрученный engaged
развод divorce
разведенный divorced
бывший муж ex-husband
бывшая жена ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей separated
вдова widow
вдовец widower
подружка, невеста girlfriend
друг, парень, ухажер boyfriend
любовник, любовница lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный fiance
свадьба wedding
невеста на свадьбе bride
жених на свадьбе (bride)groom
медовый месяц honeymoon

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать;

образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра; **course of studies** - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере; **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **for approval** - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist’s/a pharmacy/a drugstore - аптека

a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки
a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна

a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary -** *a* осадочный; **sedimentation -** *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose -** *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay -** глинистый сланец; **combustible …**, **oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable -** *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable -** *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence -** *n* залегание; **mode of occurrence -** условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant -** *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble -** *a* растворимый; **solvent -** растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

fragmentary - *a* обломочный, пластический

glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток
band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger -** n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding -** *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous -** *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory -** *a* разведочный; **exploration -** *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening -** *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved -** *a* разведанный, достоверный; **proving -** *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable -** *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working -** *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit -** алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking -** проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping -** *a* наклонный; **gently sloping -** с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike -** вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development -** *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal -** *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support -** крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive -** *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader -** *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader -** комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing -** *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper -** *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping -** *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(руды)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)

Самостоятельное изучение тем курса предполагает изучение тем практических занятий, представленных в разделе 1, 2, 3 данных методических указаний студентами заочной формы обучения в межсессионный период.

1.5 Подготовка к контрольной работе и 1.6 Написание контрольной работы

Для выполнения контрольной работы студентами кафедрой подготовлены *Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов данной специальности.*

II. Другие виды самостоятельной работы

2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (Подготовка к ролевой игре, к практико-ориентированным заданиям, опросу)

2.1.1 Подготовка к ролевой игре

Студенты получают ролевые карточки. Им необходимо обдумать свою роль, стратегию своей роли, вопросы и ответы.

Role card 1

Sasha

The worst thing about your house is lack of privacy. You share your room with a younger sister. You think she goes through all your stuff. She asks you ambarrassing questions about boys, makes little nasty comments about you.

Your parents treat you like a baby. Your father is too much interested in your studying and homework. Your mother makes you do the work about the house alone. You are going to leave home as soon as you are old enough.

- Collect all the arguments to explain your attitude to your family.
- Listen to what the members of your family are saying.
- Don't interrupt them.
- Don't forget that both parents and children are to blame in conflict situations.
- Be polite and friendly

Role card 2

Mother

Your daughter has written a letter of complaint to the youth magazine. She is not satisfied with your attitude to her. You have read this letter. You are worried about the situation in the family and have decided to discuss the problems with a family therapist.

- Say why you have invited the therapist
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha

- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 3

Father

Your daughter is complaining that you treat her like a baby. You don't let her out at night during the week. You always ask her about the boys. You don't believe her when she says she doesn't have any homework to do. Your wife has invited a family therapist to discuss the problems of your family.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 4

Sister

Sasha is complaining that you don't help her with the work about the house. She also says that she can't keep anything secret in her room, you go through all her stuff. She is irritated by your behaviour. She is going to leave your home as soon as she is old enough.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 5

Family therapist

- Encourage all the members of the family to speak
- Take notes
- Ask questions
- Summarize what you have heard from all the members of the family
- Try to analyse the situation in a short report

2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию

Подготовьте устные высказывания по темам:

1. From the history of the Ural State Mining University.
2. Faculties and specialities of the University.
3. The layout of the Ural State Mining University.
4. Student's academic work.

Подготовьте письменные ответы на вопросы:

1. Where do you study?
2. What faculty do you study at?
3. How many faculties are there at the Ural State Mining University?
4. What year are you in?
5. What is your future speciality?
6. What specialities are there at your faculty?
7. When did you enter the University?

8. When was the Sverdlovsk Mining Institute founded?
9. When was it reorganized into the University?
10. In how many buildings is the Ural State Mining University housed?
11. In what building is your faculty housed?
12. Who is the dean of your faculty?
13. What books do you take from the library?
14. Where do you live?
15. Where do you usually have your meals?
16. How long does the course of studies for a bachelor's degree last?
17. How long do the students study for a Diplomate Engineer's course and a Magister's degree?
18. What subjects do you study this term?
19. What lectures and practical classes do you like to attend?
20. Where do the students have their practical work?
21. When do the students present their graduation papers for approval?
22. What graduates can enter the post-graduate courses?
23. What kind of sport do yon like?
24. Where do you go in for sports?

2.1.3 Подготовка к опросу

Ответьте на вопросы на иностранном языке:

1. What specialities does the geological faculty train geologic engineers in?
2. What problems does Geology study?
3. What branches is Geology divided into?
4. What does Economic Geology deal with?
5. What does mineralogy investigate?
6. What does paleontology deal with?
7. What is the practical importance of Geology?
8. Where do graduates of the geological faculty of the Mining University work?
9. What is your future speciality?
10. What kind of work do geologists-prospectors conduct?
11. What do geologists explore during the early stages of geological exploration?
12. What work do geologists conduct while working in. the field?
13. When do geologists start exploratory work?
14. What is the purpose of the exploratory work?
15. How is exploratory work conducted?
16. What contribution do geologists make to the development of the National Economy of our country?
17. What does hydrogeology deal with?
18. Where are ground waters used?
19. Where is thermal (hot) water used?
20. What must hydrogeologists do with ground waters which complicate construction work or mineral extraction?

2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного (по 2 текста на тему)

Text 1: A.M. Terpigorev (1873-1959)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

to defend graduation paper (thesis) - защищать дипломную работу (диссертацию)

to pass an entrance examination - сдать вступительный экзамен

to get a higher education - получить высшее образование

to do one's best (one's utmost, all one can, everything in one's power) - сделать все возможное, не жалеть сил

to make contribution (to) - вносить вклад в *(науку, технику* и т.д.)

choose (chose, **chosen**) - v выбирать; **choice -** *n* выбор

collect - v собирать, коллекционировать

dangerous - *a* опасный

deposit - *n* месторождение, залежь; **bedded deposits -** пластовые месторождения

describe - v описывать, изображать; **description -** *n* описание; **descriptive -** *a* описательный

facility - *n (pl* **facilities)** средства; возможности; оборудование; устройства

fire damp - *n* рудничный газ, метан

harm - *n* вред; *v* вредить; **harmful -** *a* вредный

relate - v относиться, иметь отношение

safety - *n* безопасность; **mine safety** безопасность труда при горных работах; техника безопасности; **safety measures** меры безопасности; **safe -** *a* безопасный; надежный

seam - *n* пласт *(угля); syn* **bed, layer; flat seam** горизонтальный, пологопадающий пласт; **inclined seam** наклонный пласт; **steep seam** крутопадающий пласт; **thick seam** мощный пласт; **thin seam** тонкий пласт

state - *n* состояние; государство; штат; *a* государственный; v заявлять; констатировать; излагать

success - *v* успех; удача; **be a success** иметь успех; **successful** *a* успешный

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Academician A.M. Terpigorev is a well-known mining engineer who successfully combined his practical experience with scientific research. He was bom in 1873 in Tambov. In 1892 he finished school with honours1 and decided to get a higher education. He chose the Mining Institute in St. Petersburg, passed all the entrance examinations successfully and became a student of the Mining Institute.

At the Institute he studied the full range of subjects2 relating to metallurgy, mining and mining mechanics.

At that time students' specialization was based on descriptive courses and elementary practical training. One of the best lecturers was A. P. Karpinsky. His lectures on historical geology were very popular.

During his practical training Terpigorev visited mines and saw that the miners' work was very difficult. While he was working in the Donbas he collected material for his graduation paper which he soon defended. The Mining of flat seams in the Donbas was carefully studied and described in it.

In 1897 Terpigorev graduated from the Institute with a first-class diploma of a mining engineer.

His first job as a mining engineer was at the Sulin mines where he worked for more than three years first as Assistant Manager and later as Manager.

From 1900 till 1922 Terpigorev worked at the Yekaterinoslav Mining Institute (now the Mining Institute in Dnepropetrovsk).

In 1922 he accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Academy and moved to Moscow. From 1930 he headed the chairs5 of Mining Transport and Mining of Bedded Deposits at the Moscow Mining Institute.

Academician Terpigorev took a particular interest in mine safety. As a result of his investigations a series of safety measures in gassy collieries was worked out. For some time he was working on the problem of fire damp, the most harmful and dangerous of all the gases in mines.

His two-volume work Coal Mining and Mine Transport Facilities is a full description of the state of mechanization and the economy of the Donbas. His other works are about mining transport facilities, mechanization of coal mining and mining machinery. He is one of the pioneers in scientific methods of coal gasification.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. After school Terpigorev decided to work in a mine.
2. Terpigorev collected material for his graduation paper which dealt with mining thick seams in the Donbas.
3. For more than three years Terpigorev worked at the Sulin mines.
4. In 1922 Terpigorev accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Institute.
5. He investigated the problems of mine safety.
6. He was one of the first to work on the problem of gasification of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. When and where was Terpigorev born?
2. What institute did he graduate from?
3. What material did he collect while he was working in the Donbas?
4. Where did Terpigorev work from 1900 till 1922?
5. At what institute did Terpigorev head the chair of Mining Bedded Deposits?
6. What did Terpigorev take a particular interest in?
7. What works by Terpigorev do you know?
8. What problems do Terpigorev's works deal with?
9. What was the result of his investigations on mine safety?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) охрана труда в шахтах
б) подтверждать
в) добыча угля
г) эксплуатация месторождений
д) метан
е) принять предложение
ж) выполнить задачу, задание
з) горизонтальный пласт
и) собирать материал

1. поступить в институт
2. решать важные проблемы
3. выдающиеся исследователи
4. успешно провести эксперименты
5. выбрать профессию
6. описательный курс
7. происхождение железной руды
8. начальник шахты
9. мероприятия по охране труда

Text 2: A.P. Karpinsky (1847-1936)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abroad - *adv* за рубежом
confirm - v подтверждать; утверждать
consider - v считать, полагать, рассматривать
contribute - v вносить вклад; **contribution** вклад
crust - *n* земная кора
detailed - a подробный, детальный
elect - v избирать, выбирать *(голосованием);* назначать *(на должность)*
embrace - v охватывать; обнимать
entire - *a* весь, целый; полный; *syn* **whole**
exist – *v* существовать, быть, жить
foreign - *a* иностранный
former - *a* прежний

investigate - v исследовать; изучать

prominent - *a* знаменитый, выдающийся, известный; *syn* **remarkable, outstanding**

regularity - *n* закономерность

significant - *a* значительный; **significance -** *n* значение, важность; **exhaust the significance** исчерпывать значение

society – *n* общество

staff - *n* персонал; личный состав; штат

various - *a* различный, разный, разнообразный

to advance the view - высказывать мнение *(точку зрения)*

to be interested in - быть заинтересованным *(чём-л.),* интересоваться

to take (an) interest in - заинтересоваться *(чём-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

V.A. Obruchev, I.M. Gubkin, A.Y. Fersman, V.I. Vernadsky and A. P. Karpinsky were the prominent Russian scientists who laid the foundation1 of the Russian school of geology and mining.

An entire epoch in the history of Russian geology is connected with Karpinsky's name. One of the greatest Russian geologists, he was a member and for some time President of the Academy of Sciences of the former USSR and a member of several Academies abroad. The Geological Society of London elected him a foreign member in 1901. His greatest contribution to geology was a new detailed geological map of the European part of Russia and the Urals.

For many years he headed the Russian Geological Committee the staff of which was made up of his pupils. He was one of those geologists who embraced the whole of geological science. He created the new stratigraphy of Russia. He studied the geological systems in various regions of the country and was the first to establish3 the regularity of the Earth's crust movement. His paleontological studies are of no less importance, especially those on palaeozoic ammonoids. He also took an interest in deposits of useful minerals and gave a classification of volcanic rocks. He advanced the view that petroleum deposits existed in Russian, which was confirmed later. He studied some ore and platinum deposits and may be justly considered5 the founder of practical geology of the Urals. He was the first Russian scientist who introduced microscope in the study of petrographic slides.

Karpinsky was a prominent scientist, an excellent man and citizen. He was one of the best lecturers at the Mining Institute in his time. He was also one of the greatest Russian scientists who later became the first elected President of the Academy of Sciences of the USSR. Students were attracted to him not only because he was a great scientist but also because of his charming personality and gentle manner.

Every geologist and every geology student knows very well Karpinsky's most significant work An Outline of the Physical and Geographical Conditions in European Russia in Past Geological Periods.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Karpinsky was the first President of the Academy of Sciences.
2. He worked at the Mining Institute in St.Petersburg.
3. Karpinsky was a member of many Academies abroad.
4. Karpinsky made up a detailed map of the Asian part of our country.
5. He headed the Russian Geological Committee.
6. Karpinsky created a new branch of geology, namely stratigraphy.
7. He only tried to establish the regularity of the Earth's crust movement.
8. Karpinsky may be justly considered the founder of the practical geology of the Urals.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What society elected Karpinsky a foreign member and when?
2. Did he head the Russian Geological Committee or was he a member of that Committee?

3. Did Karpinsky investigate various regions of the Russian territory?
4. Which of his works are the most remarkable?
5. What can you say about Karpinsky's investigations in petrology?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) земная кора
б) составить подробную карту
в) замечательные работы
г) выдающийся ученый
д) залежи полезных ископаемых
е) научное общество
ж) избирать председателя (президента)
з) заложить основы школы
и) интересоваться геологией
к) высказать точку зрения
л) возглавлять комитет

Text 3: Sedimentary Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**
clay - *n* глина; глинозем
consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**
crust - *n* кора; *геол.* земная кора
decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение
derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать
destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный
dissolve v растворять
expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение
external - *a* внешний
extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*
force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие
glacier - *n* ледник, глетчер
grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый
gravel - *n* гравий, крупный песок
internal - *a* внутренний
intrusive - *a* интрузивный, плутонический
iron - *n* железо
layer - *n* пласт
like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно
lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк
loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый
make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*
particle - *n* частица; включение
peat - *n* торф; торфяник
represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный
rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода
sand - *n* песок
sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник
sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary -** *a* осадочный; **sedimentation -** *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose -** *a* сланцеватый, слоистый
shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay -** глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец
siltstone - *n* алеврит
stratification - *n* напластование, залегание
stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
substance - *n* вещество, материал; сущность
thickness - *n* толщина, мощность
value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable -** *a* ценный *(о руде)*
vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable -** *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The rocks of the Earth's crust are divided into three main groups: sedimentary rocks, which consist of fragments or particles of pre-existing rocks; igneous rocks which have solidified from magma and metamorphic rocks. Metamorphic rocks have been derived from either igneous or sedimentary rocks.

Sedimentary rocks represent one of the three major groups of rocks that make up the crust of the Earth. Most sedimentary rocks have originated by sedimentation. They are layered or stratified. Thus, stratification is the most important characteristic of sediments and sedimentary rocks. It is necessary to note that the processes which lead to the formation of sedimentary rocks are going on around us.

Sediments are formed at or very near the surface of the Earth by the action of heat, water (rivers, glaciers, seas and lakes) and organisms.

It should be noted that 95 per cent of the Earth's crust is made up of igneous rocks and that only 5 per cent is sedimentary. In contrast, the amount of sedimentary rocks on the Earth's surface is three times that of igneous rocks.

Strictly speaking, sedimentary rocks form a very small proportion by volume of the rocks of the Earth's crust. On the contrary, about three quarters of the Earth's surface is occupied by sedimentary rocks. It means that most of sedimentary rocks are formed by sediments, accumulations of solid material on the Earth's surface.

The thickness of the layers of sedimentary rocks can vary greatly from place to place. They can be formed by the mechanical action of water, wind, frost and organic decay. Such sediments as gravel, sand and clay can be transformed into conglomerates, sandstones and clay schists as a result of the accumulation of materials achieved by the destructive mechanical action of water and wind.

Mechanical sediments can be unconsolidated and consolidated. For example, gravel, sand and clay form the group of unconsolidated mechanical sediments, because they consist of loose uncemented particles (grains).

On the Earth's surface we also find consolidated rocks, which are very similar to the loose sediments whose particles are firmly cemented to one another by some substance. The usual cementing substances are sand, clay, calcium carbonate and others. Thus sandstones are consolidated rocks composed of round or angular sand grains, more or less firmly consolidated. Like sand, sandstones can be divided into fine-grained, medium-grained and coarse-grained.

On the other hand, chemical sediments are the result of deposits or accumulations of substances achieved by the destructive chemical action of water. The minerals such as rock salt, gypsum and others are formed through sedimentation of mineral substances that are dissolved in water.

Sediments can also be formed by the decay of the remains of organisms, by the accumulation of plant relics.1 They are called organic sediments. Limestones, peat, coal, mineral oil and other sediments may serve as an example of organic sediments.

The most principal kinds of sedimentary rocks are conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone and dolomite. Many other kinds with large practical value include common salt, gypsum, phosphate, iron oxide and coal.

As is known, water, wind and organisms are called external forces, because their action depends on the energy which our planet receives from the Sun.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The rocks of the Earth's crust are divided into two main groups.
2. Igneous rocks are composed of particles of pre-existing rocks.
3. Sedimentary rocks are stratified.
4. Sediments are formed by the action of glaciers.
5. Igneous rocks make up 75 per cent of exposed rocks.
6. Conglomerates are formed as a result of the accumulation of materials caused by the destructive mechanical action of water.
7. Sandstones are consolidated rocks.
8. Clays are unconsolidated mechanical sediments.
9. Chemical sediments are formed by the destructive chemical action of water.
10. Peat and coal are the organic sediments which are of great practical value.
11. Clay schist was formed at the beginning of the sedimentation period and clay was formed later.

2). Ответьте на вопросы:

1. What main groups of rocks do you know?
2. Do sedimentary rocks consist of particles of pre-existing rocks?
3. How were igneous rocks formed?
4. Do you know how sedimentary rocks have originated?
5. What is the most important characteristic feature of sediments?
6. Do sedimentary rocks account for 10 per cent of the Earth's crust?
7. Is gravel consolidated mechanical sediment? And what about sand and clay?
8. What are cementing substances? Can calcium carbonate be used as a cementing substance?
9. Are there only fine-grained sandstones?
10. What can you say about chemical sediments?
11. Can you give an example of organic sediments? How are they formed?

3) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	земная кора	а) sandstone
2.	растворяться в воде	б) fine-grained sand
3.	песчаник	в) the Earth's crust
4.	уплотненные осадки	г) exposed rocks
5.	изверженные породы	д) to dissolve in water
6.	мелкозернистый песок	е) like gypsum
7.	затвердевать	ж) consolidated sediments
8.	подобно гипсу	з) igneous rocks
9.	обнаженные породы	и) to solidify, to consolidate

б) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов.

1.	coarse-grained sand	а) разрушительная сила воды
2.	siltstone and shale	б) пластовые месторождения
3.	the destructive action of water	в) доледниковый период

4.	existing rocks	г) крупнозернистый (грубо- зернистый) песок
5.	chemical decay	д) частицы вещества
6.	sedimentary rocks	е) алеврит и сланец
7.	stratified deposits	ж) существующие породы
8.	pre-glacial period	з) осадочные породы
9.	particles of a substance	и) химический распад

Text 4: Weathering of Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

contain - v содержать *(в себе),* вмещать
crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться
contract - v сжиматься; сокращаться
dust - *n* пыль
expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**
fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель
fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*
freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать
gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно
hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом
hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф
influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*
lateral - *a* боковой
occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence -** *n* залегание; **mode of occurrence -** условия залегания
penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*
phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**
pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы
rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**
refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*
resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant -** *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся
size - *n* размер; величина; класс *(угля)*
solution – *n* раствор; **soluble -** *a* растворимый; **solvent -** растворитель; *a* растворяющий
succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно
undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*
uniform – *a* однородный; одинаковый
weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*
to be subjected to подвергаться

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

All rocks which are exposed on the Earth's surface (high mountain peaks, deserts) are decomposed to a certain degree. The process of rock disintegration by the direct influence of local atmospheric conditions on the Earth's surface is called weathering. This phenomenon is often referred to in geology because weathering is an active process. It takes place in the upper layers of the Earth's crust.

The main cause of physical weathering is the change in temperature that takes place with the succession of day and night. This phenomenon can best be observed in the deserts and high mountains where the changes in temperature are common.

During the day under the influence of heat, rocks expand whereas at night they begin to contract. As rocks are generally composed of different minerals, their expansion and contraction do not occur uniformly. As a result of this rocks crack. At the beginning these cracks or fissures are hardly noticeable but gradually they become wider and deeper until the whole surface of rock is finally transformed into gravel, sand or dust.

In the regions of a moderate or cold climate, where the temperature in winter goes down to below 0 (zero), the decomposition of rocks is greatly facilitated by the action of water. When water freezes it increases in volume and develops enormous lateral pressure. Under the action of water, rocks decompose to pieces of varied forms and sizes.

The decomposition of rocks under the direct influence of heat and cold is called physical weathering.

Rocks are subjected not only to physical decomposition but also to chemical weathering, i.e. to the action of chemical agents, such as water, carbon dioxide and oxygen. In a general way, chemical weathering is an acid attack on the rocks of the Earth's crust, in particular an attack on the most abundant minerals — quartz (sand) and aluminosilicates (clays). Only few minerals and rocks are resistant to the action of natural waters. The solvent action of water is stronger when it contains carbon dioxide. Water causes more complex and varied changes. With the participation of oxygen and carbon dioxide up to 90 per cent of rocks is transformed into soluble minerals, which are carried away by the waters.

Organisms and plants also take part in the disintegration of rocks. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks by making holes in them to live in. The action of plants can often be even more destructive. Their roots penetrate into the fissures of rocks and develop the lateral pressure which fractures and destroys rocks.

1. Укажите, какие предложены соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The process of sedimentation is called weathering.
2. The change in temperature causes physical weathering.
3. As a rule during the night rocks expand.
4. When freezing water decreases in volume and develops enormous lateral pressure.
5. The decomposition of rocks is due to the influence of heat and cold.
6. As a rule water contains dissolved mineral substances.
7. The solvent action of water is stronger when it does not contain carbon dioxide.
8. It should be noticed that the action of organisms and plants is destructive.
9. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What process is called weathering?
2. What process is called physical weathering?
3. Where can the phenomenon of physical weathering be best observed?
4. What process is called chemical weathering?
5. What substances can act as solvents?
6. Are all minerals and rocks resistant to the action of natural waters or only few minerals and rocks can resist the action of water?
7. How do organisms act on the destruction of rocks?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. the Earth's surface
2. to be composed of different minerals
3. the expansion of rocks
4. changes in temperature

5. under the influence of heat
6. weathering
7. destructive forces
8. a great number of fractures
9. to penetrate into fissures

а) под влиянием тепла
б) разрушительные силы
в) выветривание
г) большое количество трещин
д) состоять из различных минералов
е) расширение пород
ж) проникать в трещины
з) изменения температуры
и) поверхность земли

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. увеличиваться в объеме
2. развивать боковое давление
3. способствовать разрушению пород
4. подвергаться гниению
5. растворять вещества
6. сопротивляться (чему-л.)
7. некоторые органические вещества
8. ускорять процесс выветривания
9. куски породы различных размеров

а) to facilitate the decomposition of rocks
б) to increase in volume
в) to resist (smth)
г) rock pieces of varied (different) sizes
д) to accelerate the process of weathering
е) to be subjected to decay
ж) to dissolve substances
з) to develop lateral pressure
и) certain organic substances

Text 5: Fossil Fuels

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger -** n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**
mudstone - *n* аргиллит
purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**
shale - *n* глинистый сланец
the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The chief sources of energy available to man today are oil, natural gas, coal, water power and atomic energy. Coal, gas and oil represent energy that has been concentrated by the decay of organic materials (plants and animals) accumulated in the geologic past. These fuels-are often referred to as fossil fuels.

The word fossil (derived from the Latin fodere "to dig up") originally referred to anything that was dug from the ground, particularly a mineral. Today the term fossil generally means any direct evidence of past life, for example, the footprints of ancient animals. Fossils are usually found in sedimentary rocks, although sometimes they may be found in igneous and metamorphic rocks as well. They are most abundant in mudstone, shale and limestone, but fossils are also found in sandstone, dolomite and conglomerate.

Most fuels are carbon-containing substances that are burned in air. In burning fuels give off heat which is used for different purposes.

Fuels may be solid, liquid and gaseous. Solid fuels may be divided into two main groups, natural and manufactured. The former category includes coal, wood, peat and other plant products. The latter category includes coke and charcoal obtained by heating coal in the absence of air.

Liquid fuels are derived almost from petroleum. In general, natural petroleum, or crude oil, as it is widely known, is the basis of practically all industrial fuels. Petroleum is a mixture of hundreds of different hydrocarbons — compounds composed of hydrogen and carbon — together with the small amount of other elements such as sulphur, oxygen and nitrogen. Petroleum is usually associated with water and natural gas. It is found in porous sedimentary rocks where the geological formation allowed the oil to collect from a wide area. Petroleum is one of the most efficient fuels and raw materials.

Of gaseous fuels the most important are those derived from natural gas, chiefly methane or petroleum. Using gaseous fuels makes it possible to obtain high thermal efficiency, ease of distribution and control. Gas is the most economical and convenient type of fuels. Today gas is widely utilized in the home and as a raw material for producing synthetics.

Scientists consider that a most promising source of natural resources may be the floor of the sea, a subject which now has become an important field of research.

Generally speaking, all types of fossil fuels described in the text are of great economic importance as they represent the sources of energy the man uses today.

1. Укажете, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Coal, water power and atomic energy are the only sources of energy available to man today.
2. Coal, wood and peat represent natural group of solid fuels.
3. As a rule fossil fuels are found in sedimentary rocks.
4. Crude oil is widely used for producing solid fuels.
5. Petroleum can be found in porous sedimentary rocks.
6. Gas is used to produce synthetic materials.
7. Not all types of fossil fuels burn.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What fuels are often referred to as fossil fuels?
2. What does the word fossil mean?
3. What rocks are most abundant hi fossil fuels?

4. What types of fossil fuels do you know?
5. Is coke a natural or manufactured solid fuel? And what can you say about coal and peat?
6. How are coke and charcoal produced?
7. What rocks is petroleum usually associated with?
8. What are the advantages of gaseous fuels?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов сочетаний слов.

1.	fossil fuel	а) дерево и торф
2.	raw material	б) небольшое количество аргиллита
3.	crude oil	в) органическое топливо
4.	the chief sources of energy	г) сланец и известняк
5.	to refer to	д) сырье
6.	any direct or indirect evidence of the deposit	е) материалы, содержащие углерод
7.	shale and limestone	ж) главные источники энергии
8.	carbon-containing materials	з) любые прямые или косвенные признаки месторождения
9.	wood and peat	и) сырая (неочищенная) нефть
10.	the small amount of mudstone	к) относиться к (чему-л.); ссылаться на (что-л.)

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	древесный уголь и кокс	а) to collect data
2.	жидкое топливо	б) charcoal and coke
3.	накапливать	в) to be composed of limestones
4.	собирать данные	г) liquid fuel
5.	происходить от	д) to accumulate
6.	получать хорошие результаты	е) to derive from
7.	богатый горючими сланцами	ж) to obtain good results
8.	состоять из известняков	з) abundant in oil shales

Text 6: Coal and Its Classification

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*
blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)
combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание
continuity - *n* непрерывность, неразрывность
domestic - *a* внутренний; отечественный
estimate - v оценивать; *n* оценка; смета
fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов
fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding -** *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва
inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя
intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный
liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*
luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous -** *a* блестящий
matter - *n* вещество; материя
moisture - *n* влажность, сырость; влага
parting - *n* прослоек
plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования
rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля
regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**
smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*
store - v запасать, хранить на складе; вмещать
strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**
thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*
uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие
utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**
volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Coal is the product of vegetable matter that has been formed by the action of decay, weathering, the effects of pressure, temperature and time millions of years ago.

Although coal is not a true mineral, its formation processes are similar to those of sedimentary rocks.

Structurally coal beds are geological strata characterized by the same irregularities in thickness, uniformity and continuity as other strata of sedimentary origin. Coal beds may consist of essentially uniform continuous strata or like other sedimentary deposits may be made up of different bands or benches of varying thickness.

You can see a seam limited by two more or less parallel planes, a shape which is typical of sedimentary rocks. The benches may be separated by thin layers, of clay, shale, pyrite or other mineral matter, commonly called partings. Like other sedimentary rocks coal beds may be structurally disturbed by folding and faulting.

According to the amount of carbon coals are classified into: brown coals, bituminous coals and anthracite. Brown coals are in their turn subdivided into lignite and common brown coal. Although carbon is the most important element in coal, as many as 72 elements have been found in some coal deposits, including lithium, chromium, cobalt, copper, nickel, tungsten and others.

Lignite is intermediate in properties between peat and bituminous coal, containing when dry about 60 to 75 per cent of carbon and a variable proportion of ash. Lignite is a low-rank brown-to-black coal containing 30 to 40 per cent of moisture. Developing heat it gives from 2,500 to 4,500 calories. It is easily inflammable but burns with a smoky flame. Lignite is liable to spontaneous combustion. It has been estimated that about 50 per cent of the world's total coal reserves are lignitic.

Brown coal is harder than lignite, containing from 60 to 65 per cent of carbon and developing greater heat than lignite (4,000-7,000 calories). It is very combustible and gives a brown powder. Bituminous coal is the most abundant variety, varying from medium to high rank. It is a soft, black, usually banded coal. It gives a black powder and contains 75 to 90 per cent of carbon. It weathers only slightly and may be kept in open piles with little danger of spontaneous combustion if properly stored. Medium-to-low volatile bituminous coals may be of coking quality. Coal is used intensively in blast furnaces for smelting iron ore. There are non-coking varieties of coal.

As for the thickness, the beds of this kind of coal are not very thick (1-1.5 meters). The great quantities of bituminous coal are found in the Russian Federation.

Anthracite or "hard" coal has a brilliant lustre containing more than 90 per cent of carbon and low percentage of volatile matter. It is used primarily as a domestic fuel, although it can sometimes be blended with bituminous grades of coal to produce a mixture with improved coking qualities. The largest beds of anthracite are found in Russia, the USA and Great Britain.

Coal is still of great importance for the development of modern industry. It may be used for domestic and industrial purposes. Being the main source of coke, coal is widely used in the iron and steel industry. Lignite, for example either in the raw state or in briquetted form, is a source of industrial carbon and industrial gases.

There is a strong tendency now for increased research into new technologies to utilize coal. No doubt, coal will be used as a raw material for the chemical industry and petrochemical processes. All

these processes involve coal conversion which include gasification designed to produce synthetic gas from coal as the basis for hydrogen manufacture, liquefaction (разжижение) for making liquid fuel from coal and other processes.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Anthracite coals may be divided into lignite and common brown coal.
2. Coals are ranked according to the percentage of carbon they contain.
3. Peat, with the least amount of carbon is the lowest rank, then comes lignite or brown coal.
4. Brown coal is hard and it is not liable to spontaneous combustion.
5. Bituminous coal weathers rapidly and one cannot keep it in open piles.
6. Being intensively used in the iron and steel industry bituminous coal varies from medium to high rank.
7. Anthracite or hard coal, the highest in percentage of carbon, can be blended with bituminous grades of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is the classification of coal based on?
2. Is carbon the only element in coal? (Prove it.)
3. Is lignite intermediate in properties between peat and bituminous coal?
4. What heat value does lignite develop when burnt?
5. What coals are liable to spontaneous combustion?
6. What is the difference between lignite and brown coal?
7. Is bituminous coal high- or low-volatile?
8. Does anthracite contain 90 per cent of carbon?
9. Where are the largest deposits of anthracite found? And what can you say about bituminous coal?
10. What do you know about the utilization of coal?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	spontaneous combustion	а) легковоспламеняющийся газ
2.	moisture and ash content	б) высокосортный уголь
3.	the most abundant variety	в) плавить железную руду
4.	in its turn	г) самовозгорание
5.	the amount of volatile matter	д) содержание влаги и золы
6.	easily inflammable gas	е) дымное пламя
7.	brilliant lustre	ж) наиболее широко распространенные угли
8.	to smelt iron ore	з) яркий блеск
9.	high-rank coal	и) в свою очередь
10.	a smoky flame	к) количество летучих веществ

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов н сочетаний слов:

1.	тип угля	а) heat value
2.	некоксующийся уголь	б) amount of carbon
3.	доменная печь	в) coal rank
4.	содержание углерода	г) to store coal
5.	смешиваться с другими углями	д) to weather rapidly
6.	улучшенного качества	е) non-coking coal
7.	складировать уголь	ж) blast furnace
8.	теплотворная способность	з) of improved quality
9.	быстро выветриваться	и) to blend with other coals

Text 7: General Information on Mining

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development -** *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal -** *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support -** крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

As has been said, mining refers to actual ore extraction. Broadly speaking, mining is the industrial process of removing a mineral-bearing substance from the place of its natural occurrence in the Earth's crust. The term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells; metal, non-metallic minerals, coal, peat, oil shale and other hydrocarbons from the earth. In other words, the work done to extract mineral, or to prepare for its extraction is called mining.

The tendency in mining has been towards the increased use of mining machinery so that modern mines are characterized by tremendous capacities. This has contributed to: 1) improving working conditions and raising labour productivity; 2) the exploitation of lower-grade metal-bearing substances and 3) the building of mines of great dimensions.

Mining can be done either as a surface operation (quarries, opencasts or open pits) or by an underground method. The mode of occurrence of the sought-for metallic substance governs to a large degree the type of mining that is practised. The problem of depth also affects the mining method. If the rock containing the metallic substance is at a shallow site and is massive, it may be economically excavated by a pit or quarry-like opening on the surface. If the metal-bearing mass is tabular, as a bed or vein, and goes to a great distance beneath the surface, then it will be worked by some method of underground mining.

Working or exploiting the deposit means the extraction of mineral. With this point in view a number of underground workings is driven in barren (waste) rock and in mineral. Mine workings vary in shape, dimensions, location and function.

Depending on their function mine workings are described as exploratory, if they are driven with a view to finding or proving mineral, and as productive if they are used for the immediate extraction of useful mineral. Productive mining can be divided into capital investment work, development work, and face or production work. Investment work aims at ensuring access to the deposit from the surface. Development work prepares for the face work, and mineral is extracted (or produced) in bulk.

The rock surfaces at the sides of workings are called the sides, or hi coal, the ribs. The surface above the workings is the roof in coal mining while in metal mining it is called the back. The surface below is called the floor.

The factors such as function, direct access to the surface, driving in mineral or in barren rock can be used for classifying mine workings:

I. Underground workings:

a) Long or deep by comparison with their cross-section may be: 1) vertical (shaft, blind pit); 2) sloping (slopes, sloping drifts, inclines); 3) horizontal (drifts, levels, drives, gate roads, adits, crosscuts).

b) Large openings having cross dimensions comparable with their length.

c) Production faces, whose dimensions depend on the thick ness of the deposit being worked, and on the method of mining it.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. As a rule, the term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells as well as coal, iron ores and other useful minerals from the earth.
2. The increased use of mining machinery has greatly contributed to raising labour productivity and improving working conditions.
3. It is quite obvious that the problem of depth is not always taken into consideration in choosing the mining method.
4. Productive workings are usually used for the immediate extraction of useful mineral.
5. Underground workings are driven in barren rock or in mineral.
6. A shaft is a vertical underground working which is long and deep in comparison with its cross-section.
7. The surface above the mine working is usually called the floor.
8. The rock surfaces at the sides of mine workings arc called the ribs.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is mining?
2. What has contributed to the better working conditions of the miners?
3. What factors influence the choice of the mining method?
4. In what case is useful mineral worked by open pits?
5. Are exploratory workings driven with a view to finding and proving mineral or are they driven for immediate extraction of mineral?
6. What is the difference between development and production work?
7. What main factors are used for classifying mine workings?
8. What do the dimensions of production faces depend on?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. direct access to the surface
2. open-cast mining
3. tabular (or bedded) deposits
4. oil well
5. underground workings
6. cross-section of a working
7. production face
8. the roof of the mine working
9. to drive mine workings in barren rock
10. to affect the mining method

а) нефтяная скважина
б) проходить горные выработки по пустой породе
в) влиять на метод разработки
г) прямой доступ к поверхности
д) пластовые месторождения
е) открытая разработка
ж) поперечное сечение выработки
з) подземные выработки
и) очистной забой
к) кровля горной выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов сочетаний слов:

1. способствовать чему-л.
2. размер ствола
3. извлекать, добывать (уголь)
4. штреки и квершлаги
5. пустая порода
6. вообще говоря
7. удалять, перемещать (крепь, вскрышу и др.)
8. с целью ...
9. подготовительные работы
10. мощность пласта

а) thickness of a seam
б) shaft dimension
в) with a view to
г) to contribute to smth.
д) development work
е) to remove (timber, overburden, etc.)
ж) drifts (gate roads) and crosscuts
з) generally speaking

и) to recover (coal)
к) waste (barren) rock

Text 8: Methods of Working Bedded Deposits Underground

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The method of working (or method of mining) includes a definite sequence and organization of development work of a deposit, its openings and its face work in certain geological conditions. It depends on the mining plan and machines and develops with their improvements. A rational method of working should satisfy the following requirements in any particular conditions: 1) safety of the man; 2) maximum output of mineral; 3) minimum development work (per 1,000 tons output); 4) minimum production cost and 5) minimum losses of mineral.

Notwithstanding the considerable number of mining methods in existence, they can be reduced to the following main types: 1. Methods of working with long faces (continuous mining); 2. Methods of working with short faces (room-and-pillar). The characteristic feature of the continuous mining is the absence of any development openings made in advance of production faces. The main advantage of long continuous faces is that they yield more mineral. Besides, they allow the maximum use of combines (shearers), cutting machines, powered supports and conveyers. The longwall method permits an almost 100 per cent recovery of mineral instead of 50 to 80 per cent obtainable in room-and-pillar methods.

The basic principle of room-and-pillar method is that rooms from 4 to 12 meters wide (usually 6-7) are driven from the entries, each room is separated from each other by a rib pillar. Rib pillars are recovered or robbed after the rooms are excavated. The main disadvantage of shortwall work is a considerable loss of mineral and the difficulty of ventilation. In working bedded deposits methods of mining mentioned above may be used either with stowing or with caving.

In Russia, Germany (the Ruhr coal-field), France and Belgium nearly all the faces are now long ones. In Britain longwall faces predominate.

The USA, Canada, Australia and to some extent India are developing shortwall faces and creating the machines for them. In these countries shortwall faces are widely used.

In Russia the thick seams are taken out to full thickness up to 4.5 m thick if they are steep, and up to 3.5 m thick if they are gently sloping or inclined. In the Kuznetsk coal-field long faces are worked to the dip with ashield protection, using a method proposed by N.Chinakal. In shield mining coal is delivered to the lower working by gravity so that additional haulage is not required.

It should also be noted that in Russia hydraulic mining is widely used as it is one of the most economic and advantageous methods of coal getting. New hydraulic mines are coming into use in a number of coal-fields. Hydraulic mining is developing in other countries as well.

The aim of hydraulic mining is to remove coal by the monitors (or giants) which win coal and transport it hydraulically from the place of work right to the surface. It is quite obvious that the choice of the method of mining will primarily depend on the depth and the shape and the general type of the deposit.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. A definite sequence and organization of development work is called mining.
2. Mining methods in existence can be reduced to the two main types.
3. The depth and the shape of the deposit influence the choice of the method of working.
4. As is known, in Belgium all the faces are short now, in Great Britain they amount to 84 per cent.
5. In Australian collieries shortwall faces are widely used.
6. The room-and-pillar method is characterized by the absence of any development openings.
7. High-capacity monitors win coal and transport it hydraulically right to the surface.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What factors does mining depend on?
2. What is mining?
3. What are the most important factors which affect the choice of the method of working?
4. Do short faces or long faces predominate in Russia? What can you say about the Ruhr coal-field?
5. Is Canada developing shortwall faces or longwall faces?
6. What are the main disadvantages of shortwall faces?
7. What are the two main methods of working?
8. What is the main advantage of long continuous faces?
9. What methods of mining long faces do you know?
10. What method of mining is characterized by the absence of development openings?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	development face	а) сплошная система разработки
2.	great losses	б) выемка целиков
3.	shield method of mining	в) подготовительный забой
4.	continuous mining	г) большие потери
5.	longwall advancing to the dip	д) удовлетворять требованиям
6.	the room-and-pillar method of mining	е) зависеть от геологических условий
7.	to open up a deposit	ж) выемка лавами прямым ходом по падению

8. pillar mining з) щитовая система разработки
9. to satisfy the requirements и) вскрывать месторождение
10. to depend upon the geological conditions к) камерно-столбовая система разработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. включать (в себя) а) safety
2. выемка лавами обратным ходом б) annual output
3. достигать 50% в) to involve
4. превышать 60% г) to propose a new method of mining
5. безопасность д) long wall retreating
6. годовая добыча е) in connection with difficulties
7. основной недостаток системы разработки ж) to exceed 60 per cent
8. под-этаж з) notwithstanding (in spite of)
9. крутопадающий пласт и) to reach 50 per cent
10. щитовая система разработки к) the main disadvantage of the method of mining
11. предложить новый способ разработки л) sublevel
12. в связи с трудностями м) the shield method of mining
13. несмотря на н) open up a deposit
14. вскрывать месторождение о) steep seam

2.3 Подготовка доклада

Подготовьте доклад по одной из предложенных тем.

1. Inigo Jones (1573-1652)
2. Christopher Wren (1632-1723)
3. Geoffrey Chaucer (1340-1400)
4. Samuel Johnson (1709-1784)
5. Alfred Tennyson (1809-1892)
6. Thomas Hardy (1840-1928)
7. John Milton (1608-1674)
8. William Makepeace Thackeray (1811-1863)
9. Henry Wadsworth Longfellow (1807 – 1882)
10. Joshua Reynolds (1723-1792)
11. Thomas More (1478 – 1535)
12. J.M.W. Turner (1775-1851)
13. Thomas Gainsborough (1727 – 1788)
14. Henry Moor (1898-1986)
15. Henry Irving (1838-1905)
16. William Gilbert (1836-1911)
17. Arthur Sullivan (1842-1900)
18. James Watt (1736 - 1819)
19. Thomas Telford (1757 - 1834)
20. Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859)
21. George Stephenson (1781 – 1848)
22. David Livingstone (1813 – 1873)
23. Tony Blair (1953)
24. Winston Churchill (1874 - 1965)
25. Margaret Hilda Thatcher (1925)
26. Sir Isaac Newton (1642 – 1727
27. Alexander Graham Bell (1847 - 1922)

28. Robert Burns (1759 – 1796)

Правила предоставления информации в докладе

Размер	**А4**
Шрифт	Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman 12
Поля	слева – 2 см., сверху и справа – 1 см., снизу – 1
Абзацный отступ	1 см устанавливается автоматически
Стиль	Примеры выделяются курсивом
Интервал	межстрочный интервал – 1
Объем	1 -2 страницы (до 7 минут устного выступления)
Шапка доклада	***Иванова Мария Ивановна*** Екатеринбург, Россия ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13 НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА
	Список использованной литературы

Краткое содержание статьи должно быть представлено на 7-10 слайдах, выполненных в PowerPoint.

2.4 Подготовка к тесту

Тест направлен на проверку страноведческих знаний и знаний межкультурной коммуникации. Для этого студентам необходимо повторить материал, представленный в *Социально-культурной сфере общения* по теме «Страны изучаемого языка» (Я и мир). Для успешного написания теста изучите следующий материал:

THE GEOGRAPHICAL POSITION OF GREAT BRITAIN

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland covers an area of some 244 thousand square miles. It is situated on the British Isles. The British Isles are separated from Europe by the Strait of Dover and the English Channel. The British Isles are washed by the North Sea in the east and the Atlantic Ocean in the west.

England is in the southern and central part of Great Britain. Scotland is in the north of the island. Wales is in the west. Northern Ireland is situated in the north-eastern part of Ireland.

England is the richest, the most fertile and most populated part in the country. There are mountains in the north and in the west of England, but all the rest of the territory is a vast plain. In the northwestern part of England there are many beautiful lakes. This part of the country is called Lake District.

Scotland is a land of mountains. The Highlands of Scotland are among the oldest mountains in the world. The highest mountain of Great Britain is in Scotland too. The chain of mountains in Scotland is called the Grampians. Its highest peak is Ben Nevis. It is the highest peak not only in Scotland but in the whole Great Britain as well. In England there is the Pennine Chain. In Wales there are the Cumbrian Mountains.

There are no great forests on the British Isles today. Historically, the most famous forest is Sherwood Forest in the east of England, to the north of London. It was the home of Robin Hood, the famous hero of a number of legends.

The British Isles have many rivers but they are not very long. The longest of the English rivers is the Severn. It flows into the Irish Sea. The most important river of Scotland is the Clyde. Glasgow stands on it. Many of the English and Scottish rivers are joined by canals, so that it is possible to travel by water from one end of Great Britain to the other.

The Thames is over 200 miles long. It flows through the rich agricultural and industrial districts of the country. London, the capital of Great Britain, stands on it. The Thames has a wide mouth, that's

why the big ocean liners can go up to the London port. Geographical position of Great Britain is rather good as the country lies on the crossways of the see routes from Europe to other parts of the world. The sea connects Britain with most European countries such as Belgium, Holland, Denmark, Norway and some other countries. The main sea route from Europe to America also passes through the English Channel.

United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland occupies the territory of the British Isles. They lie to the north-west of Europe.

Once upon a time the British Isles were an integral part of the mainland. As a result of sinking of the land surface they became segregated. Great Britain is separated from the continent by the English Channel. The country is washed by the waters of the Atlantic Ocean. Great Britain is separated from Belgium and Holland by the North Sea, and from Ireland — by the Irish Sea.

There are several islands along the coasts. The total area of the British Isles is 325 000 km2. The main islands are Great Britain and Ireland.

The surface of the country is much varied. Great Britain is the country of valleys and plains.

The insular geographical position of Great Britain promoted the development of shipbuilding, different trading contacts with other countries. It has also allowed the country to stay independent for quite a long period of time.

THE BRITISH PARLIAMENT

The British Parliament is the oldest in the world. It originated in the 12th century as Witenagemot, the body of wise councillors whom the King needed to consult pursuing his policy. The British Parliament consists of the House of Lords and the House of Commons and the Queen as its head.

The House of Commons plays the major role in law-making. It consists of Members of Parliament (called MPs for short). Each of them represents an area in England, Scotland, Wales and Ireland.

MPs are elected either at a general election or at a by-election following the death or retirement. Parliamentary elections are held every 5 years and it is the Prime Minister who decides on the exact day of the election. The minimum voting age is 18. And the voting is taken by secret ballot.

The election campaign lasts about 3 weeks, The British parliamentary system depends on political parties.

The party which wins the majority of seats forms the government and its leader usually becomes Prime Minister. The Prime Minister chooses about 20 MPs from his party to become the cabinet of ministers. Each minister is responsible for a particular area in the government. The second largest party becomes the official opposition with its own leader and «shadow cabinet». The leader of the opposition is a recognized post in the House of Commons.

The parliament and the monarch have different roles in the government and they only meet together on symbolic occasions, such as coronation of a new monarch or the opening of the parliament. In reality, the House of Commons is the one of three which has true power.

The House of Commons is made up of six hundred and fifty elected members, it is presided over by the speaker, a member acceptable to the whole house. MPs sit on two sides of the hall, one side for the governing party and the other for the opposition. The first 2 rows of seats are occupied by the leading members of both parties (called «front benches»). The back benches belong to the rank-and-life MPs.

Each session of the House of Commons lasts for 160-175 days. Parliament has intervals during his work. MPs are paid for their parliamentary work and have to attend the sittings.

As mention above, the House of Commons plays the major role in law making. The procedure is the following: a proposed law («a bill») has to go through three stages in order to become an act of Parliament; these are called «readings».

The first reading is a formality and is simply the publication of the proposal. The second reading involves debate on the principles of the bill; it is examination by parliamentary committee.

And the third reading is a report stage, when the work of the committee is reported on to the house. This is usually the most important stage in the process.

When the bill passes through the House of Commons, it is sent to the House of Lords for discussion, when the Lords agree it, the bill is taken to the Queen for royal assent, when the Queen sings the bill, it becomes act of the Parliament and the Law of the Land.

The House of Lords has more than 1000 members, although only about 250 take an active part in the work in the house. Members of this Upper House are not elected; they sit there because of their rank. The chairman of the House of Lords is the Lord Chancellor. And he sits on a special seat, called «Woolsack».

The members of the House of Lords debate the bill after it has been passed by the House of Commons. Some changes may be recommended and the agreement between the two houses is reached by negotiations.

BRITISH TRADITIONS AND CUSTOMS

British nation is considered to be the most conservative in Europe. It is not a secret that every nation and every country has its own customs and traditions. In Great Britain people attach greater importance to traditions and customs than in other European countries. Englishmen are proud of their traditions and carefully keep them up. The best examples are their queen, money system, their weights and measures.

There are many customs and some of them are very old. There is, for example, the Marble Championship, where the British Champion is crowned; he wins a silver cup known among folk dancers as Morris Dancing. Morris Dancing is an event where people, worn in beautiful clothes with ribbons and bells, dance with handkerchiefs or big sticks in their hands, while traditional music-sounds.

Another example is the Boat Race, which takes place on the river Thames, often on Easter Sunday. A boat with a team from Oxford University and one with a team from Cambridge University hold a race.

British people think that the Grand National horse race is the most exciting horse race in the world. It takes place near Liverpool every year. Sometimes it happens the same day as the Boat Race takes place, sometimes a week later. Amateur riders as well as professional jockeys can participate. It is a very famous event.

There are many celebrations in May, especially in the countryside.

Halloween is a day on which many children dress up in unusual costumes. In fact, this holiday has a Celtic origin. The day was originally called All Halloween's Eve, because it happens on October 31, the eve of all Saint's Day. The name was later shortened to Halloween. The Celts celebrated the coming of New Year on that day.

Another tradition is the holiday called Bonfire Night. On November 5, 1605, a man called Guy Fawkes planned to blow up the Houses of Parliament where the king James 1st was to open Parliament on that day. But Guy Fawkes was unable to realize his plan and was caught and later, hanged. The British still remember that Guy Fawkes' Night. It is another name for this holiday. This day one can see children with figures, made of sacks and straw and dressed in old clothes. On November 5th, children put their figures on the bonfire, burn them, and light their fireworks.

In the end of the year, there is the most famous New Year celebration. In London, many people go to Trafalgar Square on New Year's Eve. There is singing and dancing at 12 o'clock on December 31st.

A popular Scottish event is the Edinburgh Festival of music and drama, which takes place every year. A truly Welsh event is the Eisteddfod, a national festival of traditional poetry and music, with a competition for the best new poem in Welsh. If we look at English weights and measures, we can be convinced that the British are very conservative people. They do not use the internationally accepted measurements. They have conserved their old measures. There are nine essential measures. For general use, the smallest weight is one ounce, then 16 ounce is equal to a pound. Fourteen pounds is one stone.

The English always give people's weight in pounds and stones. Liquids they measure in pints, quarts and gallons. There are two pints in a quart and four quarts or eight pints are in one gallon. For length, they have inches: foot, yards and miles.

LONDON

As well as being the capital of England, London is the capital of the United Kingdom. London was founded by the Romans in 43 A.D. and was called Londinium. In 61 A.D. the town was burnt down and when it was rebuilt by the Romans it was surrounded by a wall. That area within the wall is now called the City of London. It is London's commercial and business centre. It contains the Bank of England, the Stock Exchange and the head offices of numerous companies and corporations. Here is situated the Tower of London.

The Tower was built by William the Conqueror who conquered England in 1066. He was crowned at Westminster Abbey. Now most of the Government buildings are located there.

During the Tudor period (16th century) London became an important economic and financial centre. The Londoners of the Elizabethan period built the first theatres. Nowadays the theatre land is stretched around Piccadilly Circus. Not far from it one can see the British Museum and the «Covent Garden» Opera House.

During the Victorian period (19th century) London was one of the most important centers of the Industrial Revolution and the centre of the British Empire. Today London is a great political centre, a great commercial centre, a paradise for theatre-goers and tourists, but it is also a very quiet place with its parks and its ancient buildings, museums and libraries.

LONDON

London is the capital of Great Britain, its political, economic and commercial center. It`s one of the largest cities in the world and the largest city in Europe. Its population is about 9 million. London is one of the oldest and most interesting cities in the world. Traditionally it`s divided into several parts: the City, Westminster, the West End and the East End.

They are very different from each other and seem to belong to different towns and epochs. The heart of London is the City, its financial and business center. Numerous banks, offices and firms are situated there, including the Bank of England, the Stock Exchange and the Old Bailey. Few people live here, but over a million people come to the City to work. There are some famous ancient buildings within the City. Perhaps the most striking of them in St. Paul`s Cathedral, the greatest of British churches. St. Paul`s Cathedral has always dominated the center of London. It stands on the site of former Saxon and Norman churches. They latter were destroyed in the Great Fire and the present building, completed in 1710, is the work of the eminent architect Sir Christopher Wren. It is an architectural masterpiece.

Londoners have a particular affection for St. Paul`s, which is the largest Protestant Church in England. Its high dome, containing the remarkable Whispering Gallery, is a prominent landmark towering above the multistoried buildings which line the river-bank.

The Tower of London was one of the first and most impressive castles built after the Norman invasion of England in 1066. Since the times of William I various kings have built and extended the Tower of London and used it for many purposes. The Tower has been used as a royal palace, an observatory, an arsenal, a state prison, and many famous and infamous people have been executed within its walls. It is now a museum. For many visitors the principal attraction is the Crown Jewels, the finest precious stones of the nation. A fine collection of armour is exhibited in the keep. The security of the Tower is ensured by a military garnison and by the Yeoman Warders or Beefeaters, who still wear their picturesque Tudor uniform.

Westminster is the historic, the governmental part of London. Westminster Abbey is a national shrine where the kings and queens are crowned and famous people are buried. Founded by Edward the Confessor in 1050, the Abbey was a monastery for along time. The present building dates largely from the times of Henry 3, who began to rebuild the church, a task which lasted nearly 300 years. The West towers were added in the eighteenth century. Since William I almost every English monarch has been

crowned in this great church, which contains the tombs and memorials of many of Britain`s most eminent citizens: Newton, Darwin, Chaucer, Dickens, Tennyson, Kipling and etc. One of the greatest treasures of the Abbey is the oaken Coronation Chair made in 1300. The Abbey is also known for its Poet`s Corner. Graves and memorials to many English poets and writers are clustered round about.

Across the road from Westminster Abbey is Westminster Palace, or the Houses of Parliament, the seat of the British Parliament. The Parliament of Great Britain and Northern Ireland consists of the House of Lords and the House of Commons. The House of Lords consists of just over 1,000 members of the different grades of nobility — dukes, marquises, earls, viscounts and barons.

The House of Commons consists of 650 members. They are elected by secret ballot by men and women aged 18 and over. Every Parliament is divided into Sessions. Each of these may last a year and usually begins early in November. The Clock Tower, which contains the hour-bell called Big Ben, is known over the world. The bell is named after Sir Benjamin Hall.

Buckingham Palace is the official residence of the Queen. The West End is the richest and most beautiful part of London. It is the symbol of wealth and luxury. The best hotels, shops, restaurants, clubs, and theatres are situated there. There are splendid houses and lovely gardens belonging to wealthy people.

Trafalgar Square is the geographical center of London. It was named in memory of Admiral Nelson`s victory in the battle of Trafalgar in 1805. The tall Nelson`s Column stands in the middle of the square. On the north side of Trafalgar Square is the National Gallery and the National Portrait Gallery.

Not far away is the British Museum — the biggest museum in London. It contains a priceless collection of ancient manuscripts, coins, sculptures, est., and is famous for its library.

The East End is the poorest district of London. There are a lot of factories, workshops and docks here. The streets are narrow, the buildings are unimpressive. The East End is densely populated by working class families.

PLACES OF INTERESTS IN GREAT BRITAIN

Britain is rich in its historic places which link the present with the past. The oldest part of London is Lud Hill, where the city is originated. About a mile west of it there is Westminster Palace, where the king lived and the Parliament met, and there is also Westminster Abby, the coronation church. Liverpool, the «city of ships», is England’s second greatest port, ranking after London. The most interesting sight in the Liverpool is the docks. They occupy a river frontage of seven miles.

The University of Liverpool, established in 1903, is noted for its School of Tropical Medicine. And in the music world Liverpool is a well-known name, for it’s the home town of «The Beatles».

Stratford-on-Avon lies 93 miles north-west of London. Shakespeare was born here in 1564, and here he died in 1616.

Cambridge and Oxford Universities are famous centers of learning. Stonehenge is a prehistoric monument, presumably built by Druids, members of an order of priests in ancient Britain. Tintagel Castle is King Arthur’s reputed birthplace. Canterbury Cathedral is the seat of the Archbishop of Canterbury, head of the Church of England.

The British Museum is the largest and richest museum in the world. It was founded in 1753 and contains one of the world’s richest collections of antiquities. The Egyptian Galleries contain human and animal mummies. Some parts of Athens’ Parthenon are in the Greek section.

Madam Tussaud’s Museum is an exhibition of hundreds of life-size wax models of famous people of yesterday and today. The collection was started by Madam Tussaud, a French modeller in wax, in the 18th century. Here you can meet Marilyn Monroe, Elton John, Picasso, the Royal Family, the Beatles and many others: writers, movie stars, singers, politicians, sportsmen, etc.

5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает в себя повторение всех изученных тем курса.

Билет на экзамен включает в себя тест и практико-ориентированное задание.

Наименование оценочного средства	*Характеристика оценочного средства*	*Методика применения оценочного средства*	*Наполнение оценочного средства в КОС*	*Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию*
Экзамен:				
Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тест состоит из 20 вопросов.	КОС - тестовые задания	Оценивание уровня знаний, умений, владений
Практико-ориентированное задание	Задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию	Количество заданий в билете – 1. Предлагаются задания по изученным темам в виде практических ситуаций.	КОС- Комплект заданий	Оценивание уровня знаний, умений и навыков

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Специальность
21.05.04 Горное дело

форма обучения: **очная, заочная**

квалификация выпускника: **специалист (горный инженер)**

Авторы: Гребенкин С.М., Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 16.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

Цель практического занятия — закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Человек и среда обитания: воздействия негативных факторов окружающей среды на человека», и формирование практических навыков расчета воздухообмена в производственных помещениях необходимого для очистки воздуха от вредностей: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

Общие сведения. Среда обитания — это окружающая человека среда, осуществляющая через совокупность факторов (физических, биологических, химических и социальных) прямое или косвенное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье, трудоспособность и потомство. В жизненном цикле человек и окружающая среда обитания непрерывно взаимодействуют и образуют постоянно действующую систему «человек — среда обитания», в которой человек реализует свои физиологические и социальные потребности. В составе окружающей среды выделяют природную, техногенную, производственную и бытовую среду. Каждая среда может представлять опасность для человека. В данной работе рассматривается расчет потребного воздухообмена (L м^3/ч), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

Задание. В помещении объемом V работают n человек со средней производительностью a каждый. Они производят покраску и шпаклевку изделий нитро- (на основе ацетона) красками, эмалями и шпаклевками, для чего используется ручное и механизированное оборудование. В этом же помещении производится пайка N контактов припоем ПОС-60. Источники тепловыделения

– оборудование мощностью Рном и осветительная сеть мощностью Роев из люминесцентных ламп. Расчеты вести для холодного периода года. Помещение имеет *К* окон направленных на север размерами 2,5х1,75 м с двойным остеклением и деревянными рамами. Категория работ – III (тяжелая).

Рассчитать потребный воздухообмен и определить кратность воздухообмена для: 1) испарений растворителей и лаков; 2) при пайке припоем ПОС-60; 3) удаления выделяемой людьми углекислоты; 4) удаления избыточного тепла.

Методика и порядок расчета воздухообмена для очистки воздуха.

Потребный воздухообмен определяется по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_н - x_в}, \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (1.1)$$

где *L*, м^3/ч – потребный воздухообмен; *G*, г/ч – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения; $x_в$, мг/м^3 – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1]; $x_н$, мг/м^3 – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338- 03) 4 .

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение n может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$n = \frac{L}{V_n}, \text{ ч}^{-1}, \qquad (1.2)$$

где n, раз/ч – кратность воздухообмена; *L*, м^3/ч – потребный воздухообмен; V_n – внутренний объем помещения, м^3.

Согласно СП 2.2.1.1312-03, кратность воздухообмена n > 10 недопустима.

Так как $x_н$ определяется по табл. 1.1 прил.1, а $x_в$ по табл. 1.2 прил.1, то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять

количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

Таблица 1.0

Исходные данные для расчёта потребного воздухообмена

№ вар.	*a*, м^2/ч	Материал	*n* чел.	*V* м^3	*N* шт/час	Местность	$P_{ном.}$ кВт	$P_{осв.}$ кВт	*m* окон
1	2	Бесцветный аэролак, окраска кистью	1	100	40	Сельские населенные пункты	10	0,5	2
2	1,5		2	200	35		20	0,5	3
3	1		3	300	400		30	1	4
4	2		4	400	45	Малые города	40	1	5
5	3	Цветной аэролак, окраска механизир.	1	500	305		200	1	6
6	4		1	600	48		150	1,5	6
7	3,5		1	700	450	Большие города	200	1	6
8	5		1	800	480		100	2	8
9	0,2	Шпаклевка кистью	3	80	325		10	0,5	2
10	0,3		4	200	420	Сельские населенные пункты	20	1	4
11	1,5	Шпаклевка механизир,	1	200	250		30	1	3
12	1		2	300	450		40	1,5	4
13	0,8	Бесцветный аэролак, окраска кистью	1	150	300	Малые города	50	0,6	2
14	1		2	150	48		60	0,8	3
15	1,2		1	120	335		70	1	2
16	0,7		2	200	400	Большие города	80	1,2	4
17	2	Цветной аэролак, окраска механизир.	1	200	280		90	0,6	4
18	2,5		2	400	480		100	0,8	6
19	2,2		1	400	290	Сельские населенные пункты	150	1,2	8
20	1,8		2	600	300		200	1,5	8
21	0,3	Шпаклевка кистью	1	80	200		250	0,5	I
22	0,4		2	100	250	Малые города	300	0,6	2
23	1	Шпаклевка механизир.	1	150	242		60	1	2
24	1		2	400	440	Большие города	80	1	3
25	1,5	Шпаклевка	1	100	270		100	1,2	4

26	2	кистью	3	200	180		150	0,5	6

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

1.1. Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле

$$G = \frac{a \times A \times m \times n}{100}, \text{ г/ч}, \qquad (1.3)$$

где a, м^2/ч – средняя производительность по покраске одного рабочего (при ручной покраске кистью – 12 м^2/ч, пульверизатором – 50 м^2/ч); A, г/м^2 – расход лакокрасочных материалов; m, % – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах; n – число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин A и m определяются по табл. 1.3 прил. 1.

Пример. Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

Решение:

По табл. 3 прил. 1 для цветного аэролака при окраске распылением находим, что A = 180 г/м^2, m = 75 %, тогда G = 50·180·75·2/100 = 13500 г/ч. Далее определяем потребный воздухообмен в помещении по формуле (1.3). Находим для ацетона из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1, что $x_в$ = 200 мг/м^3, $x_н$ = 0,35 мг/м^3, тогда L = 13500·1000/(200 - 0,35) = 67500 м^3/ч.

Ответ: L = 67500 м^3/ч.

1.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем ПОС-60, который содержит C = 0,4 доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до B = 0,1 % свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек – N, количество выделяемых паров свинца определяется по формуле

$$G = C \times B \times N, \text{ мг/ч}, \qquad (1.4)$$

где G, г/ч – количество выделяемых паров свинца; C – содержание свинца; B – % свинца; N – число паек.

Пример. В помещении объемом $V_п$ = 1050 м^3 три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

Решение:

По формуле (1.4) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух: G = 0,6·0,001·10·100·3 = 1,8 мг/ч. Далее определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1). Находим из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1 для свинца и его соединений $x_в$ = 0,01 мг/м^3; $x_н$ = 0,001 мг/м^3. Тогда L = 1,8 / (0,01- 0,001) = 200,0 м^3/ч.

Ответ: L = 185,5 м^3/ч.

1.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота (CO_2). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и

выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в табл. 1.4 и 1.5 прил. 1.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержания CO_2 следующие значения: для сельских населенных пунктов – 0,33 л/м^3, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 0,4 л/м^3, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 0,5 л/м^3.

Пример. Определить потребную кратность воздухообмена в помещении, где работают 3 человека.

Решение:

По табл. 1.4 прил.1 определяем количество CO_2, выделяемой одним человеком g = 23 л/ч. По табл. 1.5 прил. 1 определяем допустимую концентрацию CO_2. Тогда $x_в$ = 1 л/м3 и содержание CO_2 в наружном воздухе для больших городов $x_н$ = 0,5 л/м^3 .Определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1) $L = 23 \cdot 3/(1- 0,5) = 138$ м$^{3/}$ч. Ответ: L = 138 м^3/ч.

1.4. Определение потребного воздухообмена при выделении газов (паров) через неплотности аппаратуры, находящейся под давлением

Производственная аппаратура, работающая под давлением, как правило, не является вполне герметичной. Степень герметичности аппаратуры уменьшается по мере ее износа. Считая, что просачивание газов через неплотности подчиняется тем же законам, что и истечение через небольшие отверстия, и, предполагая, что истечение происходит адиабатически, количество газов, просочившихся через неплотности, можно определить по формуле

$$G = k \times c \times \sqrt[v]{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч}, \qquad (1.5)$$

где k – коэффициент, учитывающий повышение утечки от износа оборудования (k = 1–2); c – коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате; v – внутренний объем аппаратуры и трубопроводов, находящихся под давлением, м^3; M – молекулярный вес газов, находящихся в аппаратуре; T – абсолютная температура газов в аппаратуре, К.

Таблица 1.2

Коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате

Давление p, атм	до 2	2	7	17	41	161
c	0,121	0,166	0,182	0,189	0,25	0,29

Пример. Система, состоящая из аппаратов и трубопроводов, заполнена сероводородом. Рабочее давление в аппаратуре p_a = 3 атм, а в проводящих трубопроводах $p_а$=4 атм. Внутренний объем аппаратуры v_a = 5 м^3, объём трубопроводов, $v_{тр}$ = 1,2 м^3. Температура газа в аппаратуре – $t_а$ = 120 °С, в трубопроводе – $t_{тр}$ = 25 °С. Определить потребный воздухообмен в помещении.

Решение:

Определяем величины утечек сероводорода (H_2S) из аппаратуры и трубопроводов. Принимаем k = 1,5; c = 0,169 (по табл. 1.2); M = 34, для H_2S; Утечка газа из аппаратуры составляет:

$$G_а = 1{,}5 \times 0{,}169 \times \sqrt[5]{\frac{34}{393}} = 0{,}372$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{ТР} = 1{,}5 \times 0{,}172 \times 1{,}2 = 0{,}104$$

$$G = G_а + G_{ТР} = 0{,}372 + 0{,}104 = 0{,}476, \text{кг/ч}$$

Используя данные табл. 1.1 прил. 1, находим, что для сероводорода

$x_в$ =10 мг/м^3; $x_н$ = 0,008 мг/м^3. Потребный воздухообмен равен

$$L = \frac{4761000}{(10 - 0{,}008)} = 47638{,}1\ {}^{м^3}/_{ч}$$

Ответ: L = 47638,1 м^3/ч

Вывод: В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ. По действию на организм человека они могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения потребного воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Пример. Для первой вредности в воздухе рабочей зоны – вредных (токсичны) веществ в рассмотренных примерах все относятся к веществам разнонаправленного действия, поэтому принимаем к дальнейшему расчету максимальное из полученных значений, т. е. L = 67500 м^3/ч (потребный воздухообмен для паров растворителей при окраске).

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена n = 67500/4800 = 14,1 ч$^{-1}$. Данное значение превышает установленную величину – 10 ч$^{-1}$, поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения от двух мест окраски растворителей по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции.

Расчет объёма воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по формуле

$$L_{МВ} = F \times v \times 3600,\ {}^{м^3}/_{ч}\ , \qquad (1.6)$$

где F – площадь сечения всасывающих отверстий, м^2; v – скорость воздуха

в сечении вытяжной вентиляции, м/с. Рекомендуется принимать значение скорости в интервале 0,8-1,5 м/с.

Таким образом, потребный воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений сероводорода: L = 47638,1 м^3/ч.

Проверка:

$$n = 47638,\ 1/4800 = 9,\ 9\ ч^{-1}.$$

1.5. Расчёт потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла

Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma_B \times c\Delta t},\ м^3/ч, \qquad (1.7)$$

где L, м^3/ч – потребный воздухообмен; $Q_{изб}$, ккал/ч – избыточное тепло; $\gamma_в$ = 1,206 кг/м^3 – удельная масса приточного воздуха; $c_в$ = 0,24 ккал/кг град – теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{вых} - t_{пр},\ ^oC \qquad (1.8)$$

где $t_{вых}$, ^{o}C – температура удаляемого воздуха; $t_{пр}$, ^{o}C – температура приточного воздуха.

Величина Δt при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – $Q_н$: при $Q_н \leq 20$ ккал/м^3·ч Δt = 6 ^{o}C; при $Q_н > 20$ ккал/м^3·ч Δt = 8 ^{o}C;

$$Q_н = \frac{Q_{изб}}{V_п},\ ккал/\ м^3 \cdot ч, \qquad (1.9)$$

где $V_п$, м^3 – внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения потребного воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд},\ ккал/ч, \qquad (1.10)$$

где $Q_{об}$, ккал/ч – тепло, выделяемое оборудованием; $Q_{осв}$, ккал/ч – тепло, выделяемое системой освещения; $Q_{л}$, ккал/ч – тепло, выделяемое людьми в помещении; $Q_{р}$, ккал/ч – тепло, вносимое за счет солнечной радиации; $Q_{отд}$, ккал/ч – теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{об} = 860 \times P_{об} \times y_1 \text{, ккал/ч} \quad (1.11)$$

где Y_1 – коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования; $P_{об}$, кВт – мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{об} = P_{ном} \times y_2 \times y_3 \times y_4 \text{, кВт,} \quad (1.12)$$

где $P_{ном}$, кВт – номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения; Y_2 – коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой; Y_3 – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности (во времени) к максимально необходимой; Y_4 – коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным:

$$y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 = 0{,}25 \quad (1.13)$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{осв} = 860 \times P_{осв} \times \alpha\beta \times \cos(\varphi), \quad (1.14)$$

где α – коэф. перевода электрической энергии в тепловую для лампы накаливания α = 0,92 – 0,97, люминесцентной лампы α = 0,46 – 0,48; b – коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников b = 1); cos (φ) = 0,7 – 0,8 – коэффициент мощности; $P_{осв}$, кВт – мощность осветительной установки.

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися в помещении людьми

$$Q_{л} = N \times q_{л}, \quad (1.15)$$

где N – количество людей в помещении; $q_л$, ккал/ч – тепловыделения одного человека табл. 1.6 прил. 1.

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_p = K \times S \times q_{ост}\,, \qquad (1.16)$$

где K – количество окон; S, м^2 – площадь одного окна; $q_{ост}$, ккал/ч – солнечная радиация через остекленную поверхность табл. 1.7 прил. 1.

Определяем теплоотдачу, происходящую естественным путем. Если нет дополнительных условий, то можно считать ориентировочно, что $Q_{отд} = Q_р$ для холодного и переходного периодов года (среднесуточная температура наружного воздуха ниже +10 °С). Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше +10 °С) принимаем $Q_{отд} = 0$.

Общий вывод: Среди полученных расчетных значений потребного воздухообмена для вредных веществ и удаления избыточного тепла выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Приложение 1

Таблица 1.1

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03)

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Агрегатн состояние
Азота диоксид	0,085	0,04	п
Азота оксид	0,6	0,06	п
Акролеин	0,03	0,03	п
Амилацетат	0,10	0,10	п
Аммиак	0,2	0,04	п
Ацетон	0,35	0,35	п
Бензин (углеводороды)	5,0	1,5	п
Бензол	1,5	0,1	п
Бутан	200	-	п
Бутилацетат	0,1	0,1	п
Винилацетат	0,15	0,15	п
Дихлорэтан	3,0	1,0	п
Ксилол	0,2	0,2	п
Марганец и его соединения	0,01	0,001	а
Метилацетат	0,07	0,07	п
Мышьяк и его неорг. соединения	-	0,003	а
Озон	0,16	0,03	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	0,15	0,05	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	0,5	0,15	а
Ртути хлорид (сулема)	-	0,0003	а
Сажа	0,15	0,05	а
Свинец и его соединения	0,001	0,0003	а
Сернистый ангидрид	0,5	0,15	п
Серная кислота	0,3	0,1	а

Продолжение табл. 1.1

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Агрегатн состояние
Сероводород	0,008	-	п
Сероуглерод	0,03	0,005	п
Спирт бутиловый	0,16	-	п
Спирт изобутиловый	0,1	0,1	п
Спирт метиловый	1,0	0,5	п
Спирт этиловый	5	5	п
Стирол	0,04	0,002	п
Толуол	0,6	0,6	п
Углерода оксид	5,0	3,0	п
Фенол	0,01	0,003	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,02	0,005	п
Хлор	0,1	0,03	п
Хлористый водород	0,2	0,2	п
Этилацетат	0,1	0,1	п

Примечание: п – пары и/или газы; а – аэрозоль

Таблица 1.2

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухерабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м^3	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2	п
Бутан	300	4	п
Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртути хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10,0	3	п

Продолжение табл. 1.2

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м^3	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Сероуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт изобутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

Примечание: значение в числителе – максимально разовые; в знаменателе – среднесменные

Таблица 1.3

Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей

Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски	Расход лакокрасочных материалов, *A*, г/м^2	Содержание летучей час- ти, *m*, %
Нитролаки и краски		
Бесцветный аэролак /кистью	200	92
Цветные аэролаки/распыление пульверизатором	180	75
Нитрошпаклевка /кистью	100-180	10-35
Нитроклей /кистью	160	80-85
Масляные лаки и эмали		
Окраска распылением	60-90	35

Таблица 1.4

Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO_2	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые:		
при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Таблица 1.5

Предельно-допустимые концентрации углекислоты

Наименование помещений	Количество CO_2	
	в л/ч	в г/кг
Для постоянного пребывания людей (жилые ком.)	1	1,5
Для пребывания детей и больных	0,7	1
Для учреждений	1,25	1,75
Для кратковременного пребывания людей	2	3

Таблица 1.6

Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $q_л$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
Средней тяжести	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Таблица 1.7

Солнечная радиация через остекленную поверхность

	Солнечная радиация, $q_{ост}$, ккал/ч от стороны света и широты, град.														
	ЮГ			ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД				ВОСТОК ЗАПАД				СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД			
	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением и деревянными рамами	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60
Окна с двойным остеклением и металлическими рамами	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	70
Фо- нарь с двойным остеклением и металлическими переплет.	130	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	70

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 342 с.

2. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 289 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГН2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОЦЕНКА РИСКА

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Основы теории безопасности: системный анализ безопасности», и формирование практических навыков расчета индивидуального и группового (социального) риска в конкретных ситуациях.

Общие сведения. Опасность – одно из центральных понятий безопасности жизнедеятельности (БЖД).

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики (параметры), несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Можно сказать, что опасность – это риск неблагоприятного воздействия.

Практика свидетельствует, что абсолютная безопасность недостижима. Стремление к абсолютной безопасности часто вступает в антагонистические противоречия с законами техносферы.

В сентябре 1990 г. в г. Кельне состоялся первый Всемирный конгресс по безопасности жизнедеятельности человека как научной дисциплине. Девиз конгресса: «Жизнь в безопасности». Участники конгресса постоянно оперировали понятием «риск».

Возможны следующие определения риска:

1. Это количественная оценка опасности, вероятность реализации опасности;

2. При наличии статистических данных, это частота реализации опасностей.

Различают опасности реальные и потенциальные. В качестве аксиомы принимаются, что любая деятельность человека потенциально опасна. Реализация потенциальной опасности происходит через ПРИЧИНЫ и приводит к НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ.

Сейчас перед специалистами ставится задача – не исключение до нуля безопасности (что в принципе невозможно). А достижение заранее заданной величины риска реализации опасности. При этом сопоставлять затраты и получаемую от снижения риска выгоду. Во многих западных странах для более объективной оценки риска и получаемых при этом затрат и выгод, вводят финансовую меру человеческой жизни. Заметим, что такой подход имеет противников, их довод – человеческая жизнь свята, бесценна и какие-то финансовые оценки недопустимы. Тем не менее, по зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается, что позволяет более объективно рассчитывать ставки страховых тарифов при страховании и обосновывать суммы выплат.

Поскольку абсолютная безопасность (нулевой риск) невозможна, современный мир пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

Суть концепции заключается в стремлении к такой безопасности, которую принимает общество в данное время. При этом учитывается уровень технического развития, экономические, социальные, политические и др. возможности. Приемлемый риск – это компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Это можно рассмотреть в следующей ситуации. После крупной аварии на Чернобыльской АЭС, правительство СССР решило повысить надежность всех ядерных реакторов. Средства были взяты из госбюджета и, следовательно, уменьшилось финансирование социальных программ здравоохранения, образования и культуры, что в свою очередь привело к увеличению социально-экономического риска. Поэтому следует всесторонне оценивать ситуацию и находить компромисс – между затратами и величиной риска.

Переход к «риску» дает дополнительные возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются и экономические методы управления риском (страхование, денежные компенсации ущерба, платежи за риск и

др.). Есть здравый смысл в том, чтобы законодательно ввести квоты за риск. При этом возникает проблема расчета риска: статистический, вероятностный, моделирование, экспертных оценок, социологических опросов и др. Все эти методы дают приблизительную оценку, поэтому целесообразно создавать базы и банки данных по рискам в условиях предприятий, регионов и т.д.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями. Записать определения.
2. Выполнить практические задачи.

Практические задачи

Задача 1. В таблице 2.0 приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные табл.1 методом экспертных оценок охарактеризуйте вашу настоящую деятельность и условия вашей будущей работы.

Таблица 2.0

Классификация профессиональной безопасности

Категория	Условия профессиональной деятельности	Риск смерти (на человека в год)	Профессия
1	Безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$	Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др.
2	Относительно безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	Шахтеры, металлурги, судостроители и др.
3	Опасные	$1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	Рыбопромысловики, верхолазы, трактористы и др.
4	Особо опасные	больше $1 \cdot 10^{-2}$	Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов.

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска

$$P = \frac{h}{H}, \qquad (2.1)$$

где Р – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.); h – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т.д.); Н – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Пример решения задачи по формуле (2.1).

Пример. Задача 1. Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

Решение.

$Рж = 2{,}5 \cdot 10^5 / 1{,}5 \cdot 10^8 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Или будет 0,0017. Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то по нашим данным оказывается, что уже через 588 лет (1:0,0017) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100%).

Примечание. Здесь и в задачах №2,3 данные приближены к России.

Задача 2. Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

Задача 3. Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

Задача 4. Используя данные индивидуального риска фатального

исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей.

Таблица 2.1

Индивидуальный иск гибели в год

Причина	Риск	Причина	Риск
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$	Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$	Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$	Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$	Железная дорога	$4 \cdot 10^{-6}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$	Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$	Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$	Ядерная энергетика	$2 \cdot 10^{-10}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$	(пренебрегаемо мал. риск)	

Риск общий для американца: $P_{общ} = 6 \cdot 10^{-4}$

Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Задачи на риск гибели неестественной смертью в России и с риском гибели в год для американца ($P_{общ}$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русак О.Н. Труд без опасности. Л. «Лениздат», 1986, 191 с.

2. Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. М., «Машиностроение», 1977, 320 с.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель практического занятия :закрепление теоретических знаний, полученных при изучении раздела “Гелиофизические и метеорологические фактора: микроклимат производственных помещений”, и формирование практических навыков расчета метеорологических условий в производственном помещении и гигиенической оценки параметров микроклимата.

Общие сведения:

Одним из основных условий эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях. Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на терморегуляцию организма человека и могут привести кпереохлаждение или перегреву тела

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения, температуры поверхности ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний является местное и общее охлаждение. Переохлаждение организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при

переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

Перегревание возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°Си более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состав крови, шум в ушах, искажение цветового восприятия

Тепловой удар – это быстрое повышение температуры тела 40°С и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержание температуры тела в определенных границах (36,1…37,2°С) Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, - теплоотдачей, т.е сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 8Вт до 50 Вт.

Теплопродукция. Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на категории.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы, средние физические работы, тяжелые физические работы.

К категории 1а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140…174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (в полиграфической промышленности, на часовом, швейном производствах, в сфере управления)

К категории 2а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…232 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории 3 относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Теплоотдача. Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состояние покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующие распределения, % радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные тепло ощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине 2-3

см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла у человека появляются субъективно ощущения «прохлады», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно»

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Этими документами установлены влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом теплым периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С.

Допустимыми считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

Оптимальными являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Расчет показателей микроклимата базируются на опытных данных о давлении, температуре и скорости движения воздуха на рабочем месте полученных при замерах на нем с помощью соответствующих приборов

Показатели микроклимата вычисляются в следующей последовательности:

1. Атмосферное давление В, Па, на рабочем месте, измеренное с помощью барометра-анероида БАММ-1

$$В = В_п + В_ш + В_т + В_д\,, \qquad (3.1)$$

где В– исправленное значение замеренного давления, Па; Вп – отсчет по прибору, Па; Вш – шкаловая поправка;Вт – температурная поправка, равная произведению температуры прибора на удельную температуру поправки прибора; Вд – добавочная поправка, Па.



Рис. 3.1 Барометр-анероид «БААМ-1»

Барометр-анероид «БААМ-1» измеряет атмосферное давление в наземных условиях в диапазоне температур от 0 до +40 С° и при относительной влажности воздуха более 80%

2. Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров

3. Влажность воздуха – абсолютная и относительная определяется с помощью психрометров. Психрометр состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показания сухого.

Психрометры бывают типа Августа (Рис 3.2) и переносными, типа Ассмана (Рис 3.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянно скоростью 4 м/с.

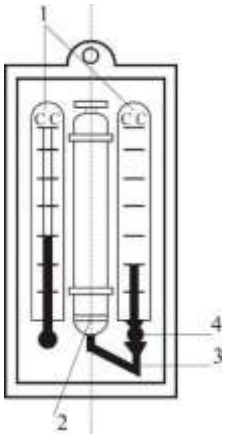


Рис. 3.2 Психрометры Августа

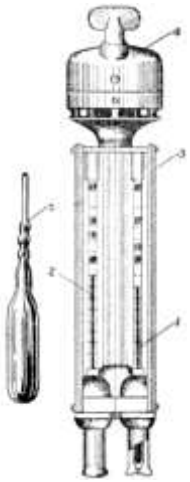


Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

Влажность воздуха может быть рассчитана: 1) по давлению водяного пара, находящегося в воздухе или 2) по плотности водяного пара

При первом способе сначала определяется давление водяного параЮ находящегося в воздухе при данной температуре

$$P_{в.п} = P_{н.в} - c(T_c - T_B)B \qquad (3.2)$$

где Рн.в– давление насыщенного водяного пара при температуре tв, зафиксированной влажным термометром, Па;с–коэффициент психрометра, зависящий от скорости движения воздуха около шарика мокрого термометра (при скорости движения воздуха до 4 м/с принимают с = 0.00074, свыше 4 м/с – 0,00066) tc и tв – температура сухого и влажного термометра,В–

барометрическое давление воздуха в момент измерения температур психрометром, Па

Определив порациональнее давление водяного пара, находят относительную влажность воздуха

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $P_{н.с}$– давление насыщенного водяного пара при температуре t_c, зафиксированной влажным термометром,

При расчете влажности воздуха по плотности водяного пара определяются:

а) абсолютная влажность воздуха (масса водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре)

$$F = \frac{(1000 * P_{в.п})}{(461{,}5(273 + t_C))}, \quad (3.4)$$

где 461,5 – удельная газовая постоянная водяного пара Дж/(кг *К);

б) максимальная абсолютная влажность воздуха

$$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5 * (273 + t_C)}, \quad (3.5)$$

в) относительная влажность воздуха φ

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} * 100, \quad (3.6)$$

Таблица 3.0

Давление насыщенного водяного пара Р, Па при температуре воздуха

t, С	Р, Па	t, С	Р, Па	t, С	Р, Па	t, С	Р, Па
0	611	10	1228	20	2328	30	4242
1	657	11	1312	21	2486	31	4493
2	705	12	1403	22	2644	32	4754
3	759	13	1497	23	2809	33	5030
4	813	14	1599	24	2894	34	5320
5	872	15	1705	25	3168	35	5624
6	935	16	1817	26	3361	36	5941

7	1001	17	1937	27	3565	37	6275
8	1073	18	2064	28	3780	38	6625
9	1148	19	2197	29	4005	39	6991

Значение относительной влажности ,φ найденного описанными способами, может быть проверено по данным психометрической таблицы

4. Скорость движения воздуха измеряется с помощью крыльчатых или чашечных анемометров (Рис 3.4). Крыльчатый анемометр принимается для измерения скорости воздуха до 10 м/с, а чашечный – до 30м/с. Принцип действия анемометров обоих типов основан на том, что частоты вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость движения воздуха. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарировочный паспорт, предлагаемый к каждому прибору позволяет по вычисленной величине делений определить скорость движения воздуха.



Рис 3.4 Чашечный анемометр

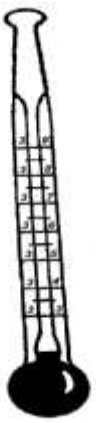


Рис. 3.5 Кататермометр

Скорость движения воздуха в интервале величин от 0.1 до 0.5 м/с можно определить с помощью кататермометра (Рис.3.5). Шаровой кататермометр представляет собой стартовый термометр с двумя резервуарами: шаровым внизу и цилиндрическим вверху. Шкала кататермометра имеет давление от 31 до 41 градуса. Для работы с этим прибором его предварительно нагревают на водяной бане, затем вытирают насухо и помещают в исследуемое место. По величине падения столба спирта в единицу времени на кататермометре при его охлаждении судят о скорости движения воздуха. Для измерения малых скоростей (от 0.03 до 5 м/с) при температуре в производственных помещениях не ниже 10С применяется термоанемометр. Это электрический прибор на полупроводниках, принцип его действия основан на измерении величины сопротивления датчика при изменении температуры и скорости движения воздуха.

Таблица 3.1

Значения относительной влажности

t_c °C	Разность показаний сухого и влажного термометров t_c - t_b °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Относительная влажность φ, %									
0	100	81	63	45	28	11				

1	100	83	65	48	32	16				
2	100	84	68	51	35	20				
3	100	84	69	54	39	24	10			
4	100	85	70	56	42	28	14			
5	100	86	72	58	45	32	19	6		
6	100	86	73	60	47	35	23	10		
7	100	87	74	61	49	37	26	14		
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7	
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5

Продолжение табл. 3.1

11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41

28	100	93	85	78	71	65	59	52	48	42
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Скорость движения воздуха V, м/с , при замере ее анемометром АСО-3 подсчитывается по формуле

$$V = an + b, \quad (3.7)$$

где n число делений в 1 с; $n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}}$; $n_н$ и $n_к$ – начальный и конечный отсчеты по анемометру; t зам – продолжительность замера по прибору.

При выполнении настоящего практического занятия рекомендуется использовать формулу:

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

5. Гигиеническая оценка результатов расчета параметров микроклимата: производится по санитарным нормам, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 3.2

Оптимальные нормы температуры, относительно влажности и скорости движения воздуха по рабочей зоне производственных помещений

Период Года	Категория Работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха м/с не более
Холодный (температура наружного воздуха ниже +10°С)	Легкая – 1	22-24	40-60	0,1
	Легкая – 1б	21-23	40-60	0,1
	Средней тяжести – Па	18-20	40-60	0,2
	Средней тяжести – Пб	17-19	40-60	0,2
	Тяжелая – III	16-18	40-60	0,3

Теплый (температура наружного воздуха +10	Легкая – 1а	23-25	40-60	0,1
	Легкая – 1б	22-24	40-60	0,2
	Средней тяжести – Па	21-23	40-60	0,3
	Средней тяжести – Пб	20-22	40-60	0,3
	Тяжелая - III	18-20	40-60	0,4

Пример расчета:

Исходный данные: $B_п$= 87937 Па, $B_ш$ = -50 Па, $t_с$ = 22 °С, $t_с$ = 16 °С, $\Delta t = -\frac{10Па}{°С}$, $B_д$ = +100 Па, $n_н$=6000, t зам= 200с, период года – теплый.

Решение:

1. Атмосферное давление на рабочем месте (при температурной поправке)

$$B_т = t_с * \Delta t = 22(-10) = -220\ Па$$

$$B = B_п + B_ш + B_т + B_д = 87837 - 50 - 220 + 110 = 87667\ Па.$$

2. Скорость движения воздуха по исходным данным, полученным при помощи анемометра АСО-3. При числе давлений в 1с

$$n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}} = 6040 - \frac{6000}{200} = 0{,}2\ дел/с$$

Скорость движения воздуха составляет;

$$V=0{,}45n + 0{,}01 = 0{,}45 * 0{,}2 + 0{,}01 = 0{,}10\ м/с$$

3. Относительная влажность воздуха по давлению водяного пара. При давлении насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра Рн.с = 2644 Па и температуре влажного термометра Р н.в = 1817 Па и парциальном давлении водяного пара в воздухе:

$$P_{в.п} = P_{н.в} - C(t_с - t_в) * B = 1817 - 0{,}00074 * (22 - 16) * 87837 = 1427\ Па$$

относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{P_{в.п}}{P_{н.с}} 100 = \frac{1427}{2644} 100 = 54\%$$

3б. Относительная влажность воздуха по плотности (массе) водяного пара. При абсолютной влажности воздуха:

$$A = \frac{1000 * P_{в.п}}{461{,}5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 1527}{461{,}5(273 + 22)} = 10{,}48 \text{ г/м}^3$$

И максимальной влажности воздуха:

$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5(273+t_c)} = \frac{1000*2644}{461{,}5(273+22)} = 19{,}42$ г/м^{3}относительная влажность воздуха равна:

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} 100 = \frac{10{,}48}{19{,}42} 100 = 54\%$$

3в. Правильность произведенных подсчетовφ подтверждают данные таблицы. При разности показаний сухого и влажного термометров Тс – Тв = 22 – 16 = 6 ℃ относительная влажность воздуха φравна 54%

Варианты заданий

Для выполнения задания даются следующие показатели: отсчет по барометру Вп Температура воздуха по сухому (Тс) и влажному (Тв) термометрам психрометра, начальный (Nн) и конечный (Nк) отсчеты по анемометру, продолжительность замера скорости движения воздуха Тзам, период года (холодный, теплый) Для отсчета скорости движения воздуха использовать формулу

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте полагать равной 50 Вт/м^2. Числовые значения исходных данных приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Числовые значения поправок к барометру

вариант	Вв, Па	Вш, Па	$\Delta t, Па/°C$	Ва, Па	Тс, °С	Тв,°С	Nн	Nк	Т зам, °С	Период года
1	110146	-100	-10	+100	23	18	6000	6246	140	Холодный
2	105752	-100	-10	+100	22	16	6107	6138	155	То же
3	97989	+75	-10	+100	18	13	6357	6407	160	То же
4	90498	+25	-10	+100	17	11	6841	6909	170	То же
5	94232	+150	-10	+100	16	11	6944	7051	200	То же
6	103379	-50	-10	+100	24	17	6107	6387	150	Теплый
7	107509	-100	-10	+100	23	17	6305	6696	187	То же
8	89371	0	-10	+100	22	15	6421	6501	190	То же
9	94263	+150	-10	+100	20	15	6725	6830	175	То же
10	96946	+100	-10	+100	19	12	6100	6176	11	То же

Порядок выполнения работы

1. Расчет и оформление практической работы провести в соответствии с примером расчета. Варианты заданий определяются пр-ем.

2. Результаты расчетов микроклимата на рабочем месте в производственном помещении занести в таблицу.

Таблица 3.4

Пример заполнения таблицы

Температура воздуха		Относительная влажность %		Скорость движения воздуха	
Фактическая данная	Оптимальная по нормам	Фактическая рассчитанная	Оптимальная по нормам	Фактическая рассчитанная	Оптимальная по нормам

3. На основании полученных результатов определить категорию работ, в соответствии с периодом года.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под микроклиматом производственных помещений?
2. Опишите характер действия климатических факторов на организм человека.
3. В чем состоит нормирование воздействий климатических факторов на человека?
4. Как определяют давление, температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха?
5. Назовите способы и средства нормализации микроклимата на рабочих местах.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ И БОРЬБА С ИЗБЫТОЧНЫМ ТЕПЛОМ В ШАХТАХ

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Комфортные условия жизнедеятельности», и овладение методикой расчета тепловыделений в выработки глубоких шахт и выбора технических решений по борьбе с избыточным теплом.

Общие сведения. Климатические условия в подземных выработках, особенно в глубоких шахтах, как правило, отличаются от климатических условий на земной поверхности. Микроклимат горных выработок (т. е. действующее в них на организм человека сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха, его давления и температуры окружающих поверхностей) в значительной степени зависит от теплообменных процессов, происходящих на пути движения воздуха. Под воздействием этих процессов температура шахтного воздуха в выработках существенно повышается с увеличением глубины ведения горных работ.

Нагревание воздуха, движущегося по горным выработкам, происходит в результате:

- теплообмена между потоком шахтного воздуха и окружающим выработки массивом горных пород, т. е. охлаждения пород;
- естественного адиабатического сжатия воздуха при движении его вниз по вертикальным и наклонным выработкам;
- изменения содержания влаги в воздухе;
- теплообмена между воздухом и подземной водой, текущей по выработкам;
- окисления угля, угольной пыли, сульфидных руд, крепежного леса и некоторых других веществ;
- охлаждения отбитых и транспортируемых масс угля и породы;
- работы горных машин и механизмов;
- выделения тепла осветительными установками, электрическими кабелями, трубопроводами сжатого воздуха, телом человека, а также действия других второстепенных факторов.
- Вызванное перечисленными факторами приращение температуры шахтного воздуха (оС = К), может быть определено из выражения

$$\Delta t = \frac{\Sigma Q_i}{C_p \rho V}, \qquad (4.1)$$

где ΣQ_i - суммарное количество теплоты, идущее на нагревание воздуха, кДж/ч; C_p - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м^3; V - объемный расход воздуха, м^3/ч.

Шахтный воздух уже при температуре свыше 25 °С оказывает отрицательное тепловое воздействие на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. При задержке отдачи телом человека накопившегося в нем тепла возникает перегрев организма, осложняющий протекание жизненных процессов. Чрезмерный перегрев организма вызывает ухудшение самочувствия человека, приводит к серьезным заболеваниям (в наиболее тяжелых случаях - к

тепловому удару, или стрессу, или даже к смерти), увеличивает вероятность травматизма, снижает производительность труда.

Изменение температуры воздуха (и других параметров микроклимата) в подземных выработках оказывает влияние также на физико-механические свойства горных пород и на безопасное состояние сооружений и выработок.

Расчет выделения теплоты в выработки глубоких шахт ведется по следующим зависимостям.

1. Тепловыделение при охлаждении горных пород. Количество теплоты $Q_{охл}$, кДж/ч, выделяющееся вследствие охлаждения окружающих выработку горных пород, описывается уравнением Ньютона для конвективного теплообмена

$$Q_{охл} = K_{\tau} P l (t_{п} - t_{в}), \qquad (4.2)$$

где K_{τ} - коэффициент нестационарного теплообмена между массивом горных пород и воздухом, кДж/(м^2·ч·К) (рассчитывается по формуле, приводимой ниже); P и l - периметр и длина выработки, м; $t_{п}$ - естественная температура неохлажденных пород на данной глубине, (°С = K, расчет приводится ниже); $t_{в}$= $t_{пб}$ - допустимая температура воздуха в выработке, °С (принимается согласно Правилам безопасности).

Коэффициент K_{τ}, кДж/(м^2·ч·К) определяется по формуле

$$K_{\tau} = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi \alpha \tau (1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э})}} \right], \qquad (4.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности породы, кДж/(м·ч·К) (принимается по табл. 3.1); α_0 - суммарный коэффициент теплоотдачи от стен шахтной выработки к воздуху, кДж/(м^2·ч·К) (расчет ниже); $R_э$ - эквивалентный радиус выработки, м: $R_э = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.564\sqrt{S}$, a - коэффициент температуропроводности

породы, м^2/ч: $\alpha = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п}$ (принимается по табл. 3.1); $c_п$ - удельная теплоемкость породы, кДж/(кг·К) (принимается по табл. 3.1); $\rho_п$ - плотность породы, кг/м^3 (принимается по табл. 3.1); τ - расчетное время процесса теполообмена, ч (например, при длительности процесса теплообмена 4 года значение τ = 4·365·24 = = 35040 ч).

Таблица 4.0

Тепловая характеристика пород

Порода	ρ, кг/м^3	$c_п$, кДж/(кг·К)	λ, кДж/(м·ч·К)	a, м^2/ч
Песчаник (Центральный Донбасс)	2475	0,854	9,211	0,00436
Глинистые и песчанистые сланцы (там же)	2450	0,904	6,363	0,00287
Уголь (там же)	1225	1,184	1,051	0,00073
Бурый уголь (Челябинский бассейн)	1210	1,130	0,913	0,00067
Каменный уголь (Карагандинский бассейн)	1275	1,055	0,963	0,00072
Углистый сланец	1765	1,021	3,006	0,00167
Глинистый сланец	2433	0,992	3,354	0.00139
Змеевик	2690	0,950	5,694	0,00223
Гранит	2722	0,917	7,972	0.00319
Серный колчедан (Дегтярское месторождение)	4620	0,908	15,010	0,00358
Медный колчедан (там же)	4716	0,862	15,165	0,00373

Суммарный коэффициент теплоотдачи с поверхности горной выработки α_0, кДж/(м^2·ч·К), находится их выражения

$$\alpha_0 = \alpha_к + \alpha_и,$$

где $\alpha_к$ - конвективный коэффициент теплоотдачи от стен выработки к воздуху, кДж/(м^2·ч·К)

$$\alpha_к = 2{,}9 \cdot 4{,}1868 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}} = 12{,}14 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}}$$

где v - скорость движения воздуха в выработке, м/с; $Д_э$ - эквивалентный диаметр выработки, м: $Д_э = \frac{4S}{P}$; $\alpha_и$ - коэффициент, учитывающий испарения влаги с мокрых стен выработки, кДж/(м^2·ч·К)

$\alpha_и = 1{,}3\beta \cdot r$,

где β - коэффициент массоотдачи (коэффициент испарения), кг/(м^2·ч·К), принимается равным 0,01 - для стволов, 0,15 - для капитальных выработок, 0,03 - для лав; r - теплота парообразования воды, принимается r = 2256 кДж/кг.

Температура горных пород в массиве $t_п$, °С, на заданной глубине H, м, от земной поверхности определяется по формулам:

$$t_п = h \cdot t_н + \frac{H - H_0}{Г_{ст}} \text{ или } t_п = h \cdot t_н + (H - H_0)\delta, \qquad (4.6)$$

где $t_п$ - температура пород нейтрального слоя (зоны с постоянной температурой пород) в данной местности; принимается примерно равной среднегодовой температуре воздуха на земной поверхности в данном районе, °С; $t_н$ = 8,5; 2,5; 2,5; 3,0 °С для условий соответственно Донбасса, Кузбасса, Караганды и Мосбасса; H_0 - глубина (толщина) нейтрального слоя, м: H_0 = 20-40 м; $Г_{ст}$ - геотермическая ступень данного района, м/°С: в среднем $Г_{ст}$ составляет для угольных месторождений 30–40 м/ °С, рудных 50-140 м/ °С, нефтяных 15-20 м/ °С; δ - геотермический градиент, °С/м.

2. Тепловыделение при сжатии воздуха. Количество теплоты $Q_{сж}$, кДж/ч, выделяющееся при движении воздуха вниз по вертикальным и наклонным выработкам, определяется выражением

$$Q_{сж} = 9{,}81 \cdot \rho \frac{V_в \cdot H}{1000} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_в \cdot H, \qquad (4.7)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м^3; $V_в$ - количество воздуха, проходящего по выработке (объемный часовой расход воздуха), м^3/ч: $V_в = 3600 \cdot v \cdot S$;

v - скорость движения воздуха в выработке, м/с; S - площадь поперечного сечения выработки, м^2; H - глубина расположения выработки, м; для наклонной выработки

$$H = l_н \cdot sin\,\psi, \tag{4.8}$$

где $l_н$ - длина наклонной выработки; ψ - угол наклона выработки, град.

3. Тепловыделение при окислительных процессах. Количество теплоты $Q_{ок}$, кДж/ч, образующееся при окислении угля, угленосных сланцев, сульфидных руд и древесины, подсчитывается по формуле А. Ф. Воропаева

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l, \tag{4.9}$$

где $q_{ок}$ - тепловыделение в результате окислительных процессов, приведенное к скорости движения воздуха в выработке, V = 1 м/с, кДж/(м^2·ч); $q_{ок}$ можно принимать равным 12-21 кДж/(м^2·ч).

4. Тепловыделение от местных источников. К местным источникам теплоты относят электродвигатели, трансформаторы, светильники, электрические кабели, трубопроводы сжатого воздуха, пневматические двигатели, другие тепловыделяющие машины, механизмы и устройства, а также работы, производимые с применением бетона на участке выработки или в призабойной зоне, когда тепло выделяется при его отвердении.

Расчетные формулы для определения количества теплоты от местных источников имеют следующий вид:

4.1. Тепловыделение при работе ***электродвигателей*** горных машин и освещения $Q_{эд}$, кДж/ч

$$Q_{эд} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot k_з}{\eta_э}, \tag{4.10}$$

где $N_{потр}$ - потребляемая мощность электродвигателей и осветительных установок, кВт; $k_з$ - коэффициент загрузки оборудования во времени: $k_з$ = 0,8; $\eta_э$ - к. п. д. электродвигателя: $\eta_э$ = 0,95.

4.2. Тепловыделение в выработку (ствол, уклон, бремсберг и др.) при эксплуатации ***лебедок*** $Q_л$, кДж/ч:

- при подъеме груза лебедкой $Q_{лп} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з(1 - \eta_м)$;

- при спуске груза лебедкой $Q_{лс} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з$.

где $N_л$ - установленная мощность электродвигателя лебедки, кВт; $\eta_м$ - механический к. п. д.: $\eta_м = 0{,}8$.

4.3. Тепловыделение при работе ***трансформатора*** $Q_{тр}$, кДж/ч

$$Q_{тр} = 3600 \cdot N_{тр} \cdot p_{тр}, \quad (4.11)$$

где $N_{тр}$ - мощность трансформатора, кВт; $p_{тр}$ - тепловые потери трансформатора: $p_{тр} = 0{,}04 \div 0{,}05$.

4.4. Тепловыделение при затвердевании монолитной ***бетонной крепи*** $Q_б$, кДж/ч

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц, \quad (4.12)$$

где $q_б$ - удельное выделение теплоты при отвердевании бетона, кДж/(м^2·ч); принимается $q_б$ = 200÷400 кДж/(м^2/ч); P - периметр выработки, м; $l_ц$ - длина участка бетонирования, контактирующего с вентиляционной струей за один цикл проходки, м.

4.5. Тепловыделение при ***взрыве ВВ***. В выработке большого сечения при использовании более 100 кт ВВ тепловыделение при взрыве $Q_{взр}$, кДж/ч, рассчитывается по формуле

$$Q_{взр} = 0{,}8 \cdot q_{взр} \cdot m_з, \quad (4.13)$$

где $q_{взр}$ - удельное тепловыделение при взрыве 1 кг ВВ, кДж/кт; $m_з$ - масса заряда, кг.

Таблица 4.1

Рекомендуемые значения $q_{взр}$ для применяемых ВВ

Аммонит ПЖВ-20	3360		Аммонит АП-5ЖВ	3780

Угленит Э-6	2570		Аммонит скальный №1	5400
Победит ВП-4	3810		Аммонит № 6 ЖВ	4290
Аммонит АП-4ЖВ	3560		Игданит	3790

4.6. Тепловыделение при работе шахтных ***вентиляторов*** происходит в результате работы электродвигателя, внутренних потерь энергии в вентиляторе и аэродинамического сжатия воздуха. Количество теплоты $Q_{вен}$, кДж/ч, поступающее в выработку при работе вентилятора, выражается формулой

$$Q_{вен} = 3600 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{1000\eta_{ву}} = 3{,}6 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{\eta_{ву}}, \quad (4.14)$$

где $V_{вс}$ - количество воздуха, проходящего по выработке (секундный расход), м^3/с; $h_в$ - депрессия выработки, Па;

$$h_в = \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^2}{S}, \quad (4.15)$$

где $\alpha_в$ - коэффициент аэродинамического сопротивления трения выработки, Н·с^2/м^4 = Па· с^2/м^2; P, l, S - периметр, длина и площадь поперечного сечения выработки, м, м, м^2; v - средняя скорость движения воздуха по выработке, м/с;

$$\eta_{ву} = \eta_в \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п, \quad (4.16)$$

$\eta_в$ = 0,6÷0,8; $\eta_{дв}$ = 0,85÷0,95 и $\eta_п$ - к. п. д. соответственно вентиляторной установки, вентилятора, двигателя и редукторной ($\eta_п$ = 1) или ременной ($\eta_п$ = = 0,9÷0,95) передач.

Подставляя (4.15) в (4.16) и учитывая, что

$$V_{вс} = v \cdot S \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.17)$$

получим (кДж/ч)

$$Q_{вен} = 3{,}6 \cdot \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^3}{\eta_{ву}}. \quad (4.18)$$

4.7. Тепловыделение при работе ***людей*** $Q_л$, кДж/ч

$$Q_л = q_л \cdot n_л, \quad (4.19)$$

где $q_л$ - количество теплоты, выделяемое работающим человеком, кДж/ч·чел $q_л$ = 1050÷2500 кДж/ч·чел.; $n_л$ - число одновременно работающих людей в выработке.

5. Общее тепловыделение в выработку $Q_{общ}$, кДж/ч, находится суммированием всех частных выделений теплоты

$$Q_{общ} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \quad (4.20)$$

Способы искусственного охлаждения шахтного воздуха

Целью искусственного охлаждения шахтного воздуха является отвод определенного («излишнего») количества теплоты от него при помощи охлаждающего вещества. Тепло от воздуха можно отвести путем соприкосновения последнего с какой-либо холодной поверхностью или путем смешения его с газообразной струей, имеющей температуру ниже температуры воздуха.

Борьба с избыточным выделением теплоты в горные выработки ведется по нескольким направлениям:

- предохранение воздуха от нагревания при его движении к местам потребления;
- охлаждение воздуха без применения специальных холодильных машин;
- охлаждение воздуха с применением холодильных машин (кондиционирование).

Способы предупреждения нагревания шахтного воздуха включают в себя следующее:

- увеличение количества подаваемого в выработки воздуха путем повышения мощности вентиляторных установок, увеличения скорости движения воздуха, расширения сечений воздухоподающих выработок;

- замена машин с электроприводам машинами с пневматическим приводом;
- тепло- и гидроизоляция стен выработок;
- теплоизоляция и тщательное уплотнение воздухоподающих трубопроводов;
- предупреждение возникновения интенсивных окислительных процессов;
- сокращение пути движения воздуха к местам потребления путем выбора соответствующей схемы проветривания, проведения дополнительных выработок и скважин;
- подача воздуха к местам потребления по специально пройденным выработкам, где скорость движения воздуха может быть существенно увеличена;
- замена восходящего проветривания очистных выработок нисходящим проветриванием (при соблюдении соответствующих требований ПБ).

Для предотвращения нагревания воздуха без применения холодильных машин используются следующие способы:

- осушение воздуха сорбентами, т. е. веществами, способными поглощать влагу из воздуха (например, хлористым кальцием);
- охлаждение воздуха льдом;
- охлаждение воздуха жидким воздухам, при испарении которого поглощается значительное количество теплоты;
- охлаждение воздуха сжатым воздухам (например, от пневмо-кондиционеров);
- охлаждение воздуха водой: путем непосредственного соприкосновения охлаждающей воды с воздухом либо через поверхность труб, где воздух охлаждается в специальных теплообменниках;

- пропускание воздуха через тепловыравнивающие каналы путем подвода воздуха к стволу по горизонтальным выработкам, пройденным на глубине среднегодовой температуры.

Наиболее эффективным является искусственное охлаждение воздуха в системах кондиционирования: в компрессорных и абсорбционных холодильных установках. Холодильные установки бывают передвижные и стационарные. Передвижные установки предназначены для охлаждения воздуха в тупиковых выработках или в отдаленных очистных забоях. Стационарные установки располагаются как на земной поверхности, так и в подземных условиях.

Хладопроизводительность (холодильная мощность) **отечественных шахтных холодильных агрегатов и кондиционеров составляет:**

- передвижных кондиционеров ВК-230 - 230 кВт, КПШ-3 – 105 кВт, КПШ-40 - 47 кВт, КПШ-40П с пневмоприводом - 52 кВт;
- турбокомпрессионных холодильных машин ШХТМ-1300 - 1500 кВт, ХТМФ-235М-2000 - 2325 кВт, ХТМФ-248-4000 - 4650 кВт;
- поршневой холодильной машины МФ-220-1РШ - 255 кВт;
- абсорбционной холодильной машины АБХА-2500-2В – 2800 кВт.

Для стационарной работы на поверхности используются машины ХТМФ-235-2000, ХТМФ-248-4000, АБХА-2500-2В, а машины ШХТМ-1300 и МФ-220-1РШ устанавливаются на глубоких горизонтах.

Охлаждение шахтного воздуха с применением холодильных машин становится необходимым, когда общее тепловыделение в выработку $Q_{общ}$ превышает тепловыделение в нее, допускаемое Правилами безопасности, $Q_{пб}$, т. е. при условии

$$Q_{общ} > Q_{пб}.$$

Поскольку эти количества теплоты описываются формулами:

$$Q_{общ} = c_р \cdot \rho \cdot V_{теп} \cdot (t_{пб} - t_н) \text{ и } Q_{пб} = c_р \cdot \rho \cdot V_в \cdot (t_{пб} - t_н),$$

то критерий необходимости кондиционирования воздуха в выработке может быть записан в виде соотношения

$$V_{теп} > V_{в},$$

где $V_{теп}$ - количество воздуха, которое необходимо подать в выработку по тепловому фактору без охлаждения воздуха, м^3/ч;

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{c_р \cdot \rho \cdot \Delta t'} \quad (4.21)$$

где $c_р$ - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К) $c_р$ = 0,241 ккал/(кг·К)·4,1868 кДж/ккал = 1,009 кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м^3; Δt - перепад температур между выходящим (отработанным) и входящим (свежим) воздухам, проходящим по выработке, К (°С):

для стволов $\Delta t = t_в - t_н$, для подземных выработок $\Delta t = t_п - t_в$.

При необходимости кондиционирования воздуха следует выбрать тип кондиционера, рассчитать потребное количество кондиционеров и проверить правильность их установки.

Требуемая хладопроизводительность кондиционера $N_к'$, кВт, находится по формуле

$$N_к^{/} = \frac{c_h \cdot \rho \cdot V_d (t_н - t_{пб})}{3600} \quad (4.22)$$

К установке принимают кондиционер хладопроизводительностью

$N_K \geq N_K^{/}$

При установке кондиционера в выработке (обычно одного) температура смеси за кондиционером $t_{см}$, °С (=К), определяется соотношением

$$t_{см} = t_п - 3600 \frac{N_К}{C_р \cdot \rho \cdot V_в} \quad (4.23)$$

Достаточность установки кондиционера проверяется по условию

$t_{см} < t_в$

Если $t_{см} > t_в$, то необходимо установить более мощный кондиционер.

Пример расчета. Исходные данные:

выработка - ствол шахты,

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 38{,}5$ м^2,

$r_э = 3{,}5$ м,

$d = d_э = 7$ м,

$P = \pi \cdot d = 22$ м,

$l = H = 1200$ м,

$\alpha = 0^o$,

$H_0 = 20$ м,

$\delta = \frac{1}{\Gamma_{ст}} = 0{,}035$ м /^{o}C,

порода - песчаник,

$\rho_п = 2400$ кг/м^3,

$c_п = 0{,}858$ кДж/(кг·К),

$\lambda = 9{,}21$ кДж/(м·ч·К),

$a = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п} = 0{,}00477$ м^2/ч,

v = 2 м/с,

$\tau = 7$ лет $= 7 \cdot 365 \cdot 24 = 61320$ ч,

$t_н = 8{,}5$ ^{o}C,

$t_в = t_{пб} = 24$ ^{o}C,

$N_{потр} = 100$ кВт,

$N_п = 90$ кВт,

$\alpha_б = 0{,}0040$ кгс·с^2/м^4 =

$= 0{,}0392$ Па· с^2/м^2,

$N_{тр} = 100$ кВт,

$n = 7$ человек.

Для обеспечения возможности выполнения расчета тепловыделений по приведенным выше формулам принимаем дополнительно следующие данные (параметры):

$\beta = 0{,}01$ кг/(м^2·ч·К),

$r = 2256$ кДж/кг,

$\rho = 1{,}25$ кг/м^3,

$q_{ок} = 16$ кДж/(м^2·ч),

$к_з = 0{,}8$,

$\eta_{дв} = 0{,}95$,

$P_{тр} = 0{,}05$,

$q_б = 200$ кДж/(м^2·ч),

$l_ц = 5$ м,

$q_п = 2000$ кДж/(ч·чел),

$\eta_{ву} = \eta_у \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п = 0{,}7 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 = 0{,}56$,

$c_р = 1{,}009$ кДж/(кг·К).

Подсчитываем количества теплоты, выделяющиеся в выработку.

1. Тепловыделение при охлаждении горных пород

$$\alpha_k = 12.4 \cdot \frac{V^{0.8}}{d_э{}^{0.2}} = 12.4 \cdot \frac{2^{0.8}}{7^{0.2}} = 14.32, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К;}$$

$$\alpha_и = 1.3 \cdot \beta \cdot r = 1{,}3 \cdot 0{,}001 \cdot 2256 = 29{,}33, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_и = 14{,}32 + 29{,}33 = 43{,}65, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$K_\tau = \frac{\frac{\lambda}{}}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau}\left(1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}\right)}\right] =$$

$$\frac{9{,}211}{1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 43{,}65 \cdot 3{,}5}} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 3{,}5} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot 0{,}00447 \cdot 61320}\left(1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 43{,}65 \cdot 3{,}5}\right)}\right] = 1{,}57,$$

кДж/(м^2·ч·К);

$$t_п = t_Н + (H - H_0)\delta = 8{,}5 + (1200 - 20)0{,}035 = 50\ °C;$$

$$Q_{охл} = K_\tau \cdot P \cdot l(t_п - t_в) = 1{,}57 \cdot 22 \cdot 1200(50 - 24) = 107764 \text{ кДж/ч.}$$

2. Тепловыделение при сжатии шахтного воздуха

$$V_и = 3600 \cdot v \cdot S = 3600 \cdot 2 \cdot 38{,}5 = 277200 \text{ м}^3\text{/ч;}$$

$$Q_{сж} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_В \cdot H = 0{,}00981 \cdot 1.25 \cdot 277200 \cdot 1200 = 4078998$$

кДж/ч.

3. Тепловыделение при окислительных процессах

$$Q_{ОК} = q_{ОК} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l = 16 \cdot 2^{0,8} \cdot 22 \cdot 1200 = 735441 \text{ кДж/ч.}$$

4. Тепловыделение от местных источников:

- при работе электродвигателей горных машин и освещения

$$Q_{ЭД} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot K_з}{\eta_{ДВ}} = \frac{3600 \cdot 100 \cdot 0{,}8}{0{,}95} = 303158 \text{ кДж/ч;}$$

- при спуске груза лебедкой

$$Q_{ЛС} = 3600 \cdot N_п \cdot K_з = 3600 \cdot 90 \cdot 0{,}8 = 259200 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе трансформатора

$$Q_{ТР} = 3600 \cdot N_{ТР} \cdot P_{ТР} = 3600 \cdot 100 \cdot 0{,}5 = 18000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе шахтных вентиляторов

$$Q_{ВБН} = 3{,}6 \cdot \alpha_В \cdot P \cdot l \frac{V^3}{\eta_{ВУ}} = 3{,}6 \cdot 0{,}0392 \cdot 22 \cdot 1200 \frac{2^3}{0{,}565} = 52751 \text{ кДж/ч;}$$

- при затвердевании монолитной бетонной крепи

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц = 200 \cdot 22 \cdot 5 = 22000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе людей

$$Q_Л = q_л \cdot n_л = 2000 \cdot 7 = 14000 \text{ кДж/ч.}$$

5. Общее тепловыделение в ствол

$$Q_{общ} = \sum_{i-1}^{n} Q_i = Q_{охл} + Q_{сж} + Q_{ок} + Q_{зд} + Q_{лс} + Q_{тр} + Q_{вен} + Q_б + Q_л = 1077648 + 4078998 + 735441 + 303158 + 259200 + 18000 + 52751 + 22000 + 14000 = 6561196$$

кДж/ч.

Находим количество воздуха, необходимое для проветривания выработки по тепловому фактору без охлаждения воздуха

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{C_р \cdot \rho (t_{пб} - t_Н)} = \frac{6561196}{1{,}009 \cdot 1{,}25(24-8{,}5)} = 335611 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

Проверяем условие достаточности расхода воздуха по тепловому фактору $V_{теп} \langle V_в$.

В рассматриваемом случае это условие не выполняется, так как

$$V_{теп} = 335611 < V_В = 277200$$

Следовательно, требуется искусственное охлаждение воздуха при помощи холодильных машин.

Определяем требуемую хладопроизводительность холодильной машины

$$N_k = \frac{C_р \cdot \rho \cdot V_В (t_П - t_{пб})}{3600} = \frac{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200(50-24)}{3600} = 2525 \text{ кВт.}$$

Принимаем $N_к$ = 2550 кВт. Температура смеси теплого и охлажденного воздуха за кондиционером составит

$$t_{см} = t_п - \frac{3600 \cdot N_k}{c_р \cdot \rho \cdot V_В} = 50 - \frac{3600 \cdot 2550}{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200} = 23{,}7$$

что удовлетворяет требованиям ПБ.

Варианты заданий

Перечень вариантов заданий к расчету тепловыделений в горные выработки приведен в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные для расчетов тепловыделений

	Величины	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Выработка	Штрек		Уклон		Квершлаг		Бремберг		Ствол	
2	S, м^2	8	10	7	6	12	14	10	12	44,2	33,2
3	P, м	11,8	13,2	11,0	10,2	14,4	15,6	13,2	14,4	23,6	20,4
4	L, м	900	1000	300	500	700	600	1000	900	1100	1200
5	α, °	6	8	40	50	10	8	15	20	90	90
6	H, м	800	900	600	700	1000	800	1200	1500	1100	1200

Продолжение табл. 4.2

7	H_0, м	20	21	22	23	24	25	30	35	28	30
8	$\Gamma_{ст}$, м/°С	30	25	26	27	31	29	32	28	34	27
9	Порода	Бурый уголь	Каменный уголь	Каменный уголь	Каменный уголь	Песчаник	Песчаник	Каменный уголь	Каменный уголь	Глинистый и песчанистый сланец	Песчаник
10	V, м/с	0,5	0,75	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	2,0	1,0	0,5
11	τ, м/с	3	2	6	8	5	9	10	7	6	4
12	$t_н$, °С	8,5	2,5	3,0	2,5	7,5	8,3	7,9	4,2	8,0	7,5
13	$t_в = t_{пб}$, °С	24	23	20	25	23	25	24	26	24	23
14	$N_{потр}$, кВт	70	60	50	40	100	90	50	50	100	100
15	$N_л$, кВт	-	-	50	50	-	-	-	-	-	100

16	$N_{тр}$, кВт	5	10	-	-	5	5	5	5	10	10
17	$\alpha_в$, Па·с^2/м^2	0,017	0,019	0,018	0,016	0,015	0,014	0,013	0,020	0,049	0,049
18	$n_л$, чел.	7	6	3	3	6	5	6	6	5	8

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте климатические условия в горных выработках глубоких шахт.

2. Как осуществляется теплоотдача тела человека в окружающую среду?

3. Какой микроклимат в выработках глубоких шахт считается допустимым?

4. Перечислите виды (формы) нагревания воздуха, движущегося по горным выработкам.

5. Как выполняется тепловое кондиционирование воздуха в горных выработках?

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫЕ И ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель работы – ривить практические навыки в применении сигнальных цветов и знаков безопасности; изучить назначение, характеристики и порядок применения сигнальных цветов и знаков безопасности.

Теоретические положения.

Для предупреждения многих несчастных случаев на производстве и в быту эффективным средством является цветовое оформление машин, приборов, помещений и рациональное применение сигнальных цветов и знаков безопасности, которые устанавливает ГОСТ Р 12.4.026–01 [1].

Различают прямое психологическое воздействие цвета на челове- ка, вызывающее, например, чувство радости или печали, создающее впе- чатление легкости или тяжести какого-либо предмета, удаленности или близости его, и вторичное воздействие, связанное с ассоциациями. Напри- мер, красный, оранжевый и желтый цвета ассоциируются с огнем, солн- цем, т. е. теплом. Такие цвета создают впечатление тепла и называются те- плыми цветами. Белый, голубой, зеленый и некоторые другие цвета ассо- циируются с холодом и называются холодными цветами.

Сигнальные цвета применяются для окраски поверхностей конст- рукций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих.

ГОСТом установлены красный, желтый, зеленый и синий сигналь- ные цвета. Для усиления контраста сигнальных цветов они применяются на фоне контрастных цветов. Контрастные цвета применяются также для выполнения символов и поясняющих надписей.

Красный сигнальный цвет применяется: для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности, обозначений от-

ключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находя- щихся в рабочем состоянии под напряжением, и обозначения пожарной техники.

Желтый сигнальный цвет используется: для предупреждающих знаков элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм (низкие балки, выступы и перепады в полости пола, малозаметные ступени, пандусы), мест, в которых существует опасность падения, сужений проездов, колонн, стоянок и опор производствен- ного оборудования (открытые движущиеся части оборудования); кромок штампов, прессов, ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, и т. п. элементов внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, кабин и ограждений кранов, боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек и постоянных и временных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных и временных ограждений лестниц, перекрытий строящихся зданий; балконов и других мест, где возможно падение с высоты, емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами, на которые предупреждающую окраску наносят в виде полосы шириной 50–100 мм в зависимости от размещения емкости; границ подходов к эвакуационным или запасным выходам.

Зеленый сигнальный цвет применяется для предписывающих знаков дверей и светового табло эвакуационных или запасных выходов, сигнальных ламп.

Синий сигнальный цвет используется для указательных знаков. Символ на знаках безопасности – это простое, всем понятное изображение характера опасности, мер предосторожности, инструктивных указаний или информации

по безопасности. Знаки должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности. Знаки безопасности, устанавливаемые на воротах и входных дверях помещений, обозначают, что зона их действия – все помещение. При необходимости ограничения зоны действия знака приводятся соответствующие указания с вышеуказанным ГОСТом. Они контрастно выделются на окружающем их фоне и находятся в поле зрения людей, для которых предназначены. На местах и участках, являющихся временно опасными, устанавливаются переносные знаки и временные ограждения, окрашенные в сигнальный цвет. Всего предусмотрено четыре группы знаков безопасности:

1 запрещающий (в виде круга);

2 предупреждающий (в виде треугольника);

3 предписывающий (в виде квадрата);

4 указательный (в виде вертикального прямоугольника).

Для более полного усвоения формы символов на знаках и мест их установки следует дополнительно изучить раздел 3 ГОСТ Р 12.4.026-01 [1]. Для этого ниже дается необходимая выдержка из данного ГОСТа.

Стандарт не распространяется:

- на цвета, применяемые для световой сигнализации всех видов транспорта, транспортных средств и дорожного движения;
- цвета, знаки и маркировочные щитки баллонов, трубопроводов, емкостей для хранения и транспортирования газов и жидкостей;
- дорожные знаки и разметку, путевые и сигнальные знаки железных дорог, знаки для обеспечения безопасности движения всех видов транспорта (кроме знаков безопасности для подъемно-транспортных меха- низмов, внутризаводского, пассажирского и общественного транспорта);
- знаки и маркировку опасных грузов, грузовых единиц, требующих специальных условий транспортирования и хранения;

- знаки для электротехники.

Назначение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки состоит в обеспечении однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба без применения слов или с их минимальным количеством.

Сигнальные цвета, знаки безопасности и сигнальную разметку следует применять для привлечения внимания людей, находящихся на производственных, общественных объектах и в иных местах, к опасности, опасной ситуации, предостережения в целях избегания опасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью, предписания или требования определенных действий, а также для сообщения необходимой информации.

Применение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки на производственных, общественных объектах и в иных местах не заменяет необходимости проведения организационных и технических мероприятий по обеспечению условий безопасности, использования средств индивидуальной и коллективной защиты, обучения и инструктажа по технике безопасности.

Размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах должна проводить организация-изготовитель. При необходимости дополнительное размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, проводит эксплуатирующая их организация.

Графические символы и поясняющие надписи на знаках безопасности отраслевого назначения, не предусмотренные настоящим стандартом, необходимо устанавливать в отраслевых стандартах, нормах, правилах с соблюдением требований настоящего стандарта.

Назначение и правила применения сигнальных цветов.

Стандарт устанавливает следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами – белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

Сигнальные цвета необходимо применять:

- для обозначения поверхностей, конструкций (или элементов конструкций), приспособлений, узлов и элементов оборудования, машин, механизмов и т. п., которые могут служить источниками опасности для лю- дей, поверхности ограждений и других защитных устройств, систем бло- кировок и т. п.;
- обозначения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов;
- знаков безопасности, сигнальной разметки, планов эвакуации и других визуальных средств обеспечения безопасности;
- светящихся (световых) средств безопасности (сигнальные лампы, табло и др.);
- обозначения пути эвакуации.

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета установлены в табл. 5.0.

Красный сигнальный цвет следует применять:

- для обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;
- внутренних поверхностей крышек (дверец) шкафов с открытыми токоведущими элементами оборудования, машин, механизмов и т. п. (если оборудование, машины, механизмы имеют красный цвет, то внутренние поверхности крышек (дверец) должны быть окрашены лакокрасочными

материалами желтого сигнального цвета);

- рукояток кранов аварийного сброса давления;

- корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

- обозначения различных видов пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов, требующих оперативного опознания (пожарные машины, наземные части гидрант-колонок, огнетушители, баллоны, устройства ручного пуска систем (установок) пожарной автоматики, средств оповещения, телефоны прямой связи с пожарной охраной, насосы, пожарные стенды, бочки для воды, ящики для песка, а также ведра, лопа- ты, топоры и т. п.);

- окантовки пожарных щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей. Ширина окантовки – 30–100 мм (допускается выполнять окантовку пожарных щитов в виде чередующихся наклонных под углом 45–60° полос красного сигнального и белого контра- стного цветов);

- орнаментовки элементов строительных конструкций (стены, колонны) в виде отрезка горизонтально расположенной полосы для обозначения мест нахождения огнетушителя, установки пожаротушения с ручным пуском, кнопки пожарной сигнализации и т. п. Ширина полос – 150–300 мм. Полосы должны располагаться в верхней части стен и колонн на высоте, удобной для зрительного восприятия с рабочих мест, проходов и т. п. В состав орнаментовки, как правило, следует включать знак пожарной безопасности с соответствующим графическим символом средства противопожарной защиты;

- сигнальных ламп и табло с информацией, извещающей о нару- шении технологического процесса или нарушении условий безопасности:

«Тревога», «Неисправность» и др.;

- обозначения захватных устройств промышленных установок и промышленных роботов;

Таблица 5.0

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

Сигнальный цвет	Смысловое значение	Область применения	Контрастный цвет
Красный	Непосредственная опасность Аварийная или опасная ситуация Пожарная техника, средства противо-пож. защиты, их элементы	Запрещение опасного поведения или действия.Обозначение непо-средственной опасности Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (техноло- гического процесса) Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов	Белый
Желтый	Возможная опас-ность	Обозначение возможной опасно- сти, опасной ситуации. Преду- преждение о возможной опасно-сти	Черный
Зеленый	Безопасность, безопасные усло-вия	Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном со- стоянии технологического про-цесса	Белый
	Помощь, спасение	Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи	
Синий	Предписание во избежание опасно-сти	Требование обязательных дейст- вий в целях обеспечения безо-пасности	Белый
	Указание	Разрешение определенных дей-ствий	

- обозначения временных ограждений или элементов временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий, ям, котлованов, временных ограждений мест химического, бактериологического и радиационного загрязнения, а также ограждений других мест, зон, участков, вход на которые временно запрещен.

Поверхность временных ограждений должна быть целиком окра- шена красным сигнальным цветом или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы красного сигнального и белого контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос крас- ного и белого цветов от 1:1 до 1,5:1,0;

- запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности.

Не допускается использовать красный сигнальный цвет:

- для обозначения стационарно устанавливаемых средств противопожарной защиты (их элементов), не требующих оперативного опознания (пожарные извещатели, пожарные трубопроводы, оросители установок пожаротушения и т. п.);

- на пути эвакуации во избежание путаницы и замешательства (кроме запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности).

Желтый сигнальный цвет следует применять:

а) для обозначения элементов строительных и иных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими: низких балок, выступов и перепадов в плоскости пола, малозаметных ступеней, пандусов, мест, в которых существует опасность падения (кромки погрузочных платформ, грузовых поддонов, неогражденных площадок, люков, проемов и т. д.), сужений проездов, малозаметных распорок, узлов, колонн, стоек и опор в местах интенсивного движения внутризаводского транспорта и т. д.;

б) обозначения узлов и элементов оборудования, машин и механизмов, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для людей:

открытых движущихся узлов, кромок оградительных устройств, не полностью закрывающих движущиеся элементы (шлифовальные круги, фрезы, зубчатые колеса, приводные ремни, цепи и т. п.), ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, а также постоянно подвешенных к потолку или стенам технологической арматуры и механизмов, выступающих в рабочее пространство;

в) обозначения опасных при эксплуатации элементов транспортных средств, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, площадок грузоподъемников, бамперов и боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек, поворотных платформ и боковых поверхностей стрел экскаваторов, захватов и площадок автопогрузчиков, рабочих органов сельскохозяйственных машин, элементов грузоподъемных кранов, обойм грузовых крюков и др.;

г) подвижных монтажных устройств, их элементов и элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подъемников, подвижных частей монтажных вышек и лестниц;

д) внутренних поверхностей крышек, дверец, кожухов и других ограждений, закрывающих места расположения движущихся узлов и элементов оборудования, машин, механизмов, требующих периодического доступа для контроля, ремонта, регулировки и т. п.

Если указанные узлы и элементы закрыты съемными ограждениями, то окрашиванию лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета подлежат сами движущиеся узлы, элементы и (или) поверхности смежных с ними неподвижных деталей, закрываемые ограждениями;

е) постоянных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий: у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных ограждений лестниц, балконов, перекрытий и других мест, в которых возможно падение с высоты.

Поверхность ограждения должна быть целиком окрашена

лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

ж) обозначения емкостей и технологического оборудования, содержащих опасные или вредные вещества.

Поверхность емкости должна быть целиком окрашена лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 50–300 мм в зависимости от размера емкости при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

з) обозначения площадей, которые должны быть всегда свободными на случай эвакуации (площадки у эвакуационных выходов и подходы к ним, возле мест подачи пожарной тревоги, возле мест подхода к средствам противопожарной защиты, средствам оповещения, пунктам оказания первой медицинской помощи, пожарным лестницам и др.).

Границы этих площадей должны быть обозначены сплошными линиями желтого сигнального цвета, а сами площади – чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина линий и полос – 50 – 100 мм;

и) предупреждающих знаков безопасности.

На поверхность объектов и элементов, перечисленных в а) и в), допускается наносить чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 50– 300 мм в зависимости от размера объекта и расстояния, с которого должно быть видно предупреждение.

Если оборудование, машины и механизмы окрашены лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета, то перечисления б) и д), их узлы и

элементы должны быть обозначены чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм в зависимости от размера узла (элемента) оборудования при соотношении ширины полос желтого и черного цветов от 1:1 до 1,5:1,0.

Для строительно-дорожных машин и подъемно-транспортного оборудования, которые могут находиться на проезжей части, допускается применять предупреждающую окраску в виде чередующихся красных и белых полос.

Синий сигнальный цвет следует применять:

- для окрашивания светящихся (световых) сигнальных индикаторов и других сигнальных устройств указательного или разрешающего назначения;
- предписывающих и указательных знаков безопасности.

Зеленый сигнальный цвет следует применять:

- для обозначения безопасности (безопасных мест, зон безопасного состояния);
- сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования, нормальном состоянии технологических процессов и т. п.;
- обозначения пути эвакуации;
- эвакуационных знаков безопасности и знаков безопасности медицинского и санитарного назначения.

Характеристики сигнальных и контрастных цветов.

Знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в поле зрения людей, для которых они предназначены.

Знаки безопасности должны быть расположены таким образом, чтобы они были хорошо видны, не отвлекали внимания и не создавали неудобств при выполнении людьми своей профессиональной или иной деятельности, не загораживали проход, проезд, не препятствовали перемещению грузов.

Знаки безопасности, размещенные на воротах и на (над) входных(ми) дверях(ми) помещений, означают, что зона действия этих знаков

распространяется на всю территорию и площадь за воротами и дверями.

Размещение знаков безопасности на воротах и дверях следует выполнять таким образом, чтобы зрительное восприятие знака не зависело от положения ворот или дверей (открыто, закрыто). Эвакуационные знаки безопасности Е 22 «Выход» и Е 23 «Запасный выход» должны размещаться только над дверями, ведущими к выходу.

Знаки безопасности, установленные у въезда (входа) на объект (участок), означают, что их действие распространяется на объект (участок) в целом.

При необходимости ограничить зону действия знака безопасности соответствующее указание следует приводить в поясняющей надписи на дополнительном знаке.

Знаки безопасности, изготовленные на основе несветящихся материалов, следует применять в условиях хорошего и достаточного освеще- ния.

Знаки безопасности с внешним или внутренним освещением следует применять в условиях отсутствия или недостаточного освещения.

Световозвращающие знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в местах, где отсутствует освещение или имеется низкий уровень фонового освещения (менее 20 лк по СНиП 23-05-95): при проведении работ с использованием индивидуальных источников света, фонарей (например, в туннелях, шахтах и т. п.), а также для обеспечения безопасности при проведении работ на дорогах, автомобильных трассах, в аэропортах и т. п.

Фотолюминесцентные знаки безопасности следует применять там, где возможно аварийное отключение источников света, а также в качестве элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем для обеспечения самостоятельного выхода людей из опасных зон в случае возникновения аварий, пожара или других чрезвычайных ситуаций.

Для возбуждения фотолюминесцентного свечения знаков безопасности необходимо наличие в помещении, где они установлены, искусст- венного или естественного освещения.

Освещенность поверхности фотолюминесцентных знаков безопасности источниками света должна быть не менее 25 лк.

Основные и дополнительные знаки безопасности.

Основные знаки безопасности необходимо разделять на следующие группы: запрещающие знаки; предупреждающие знаки; знаки пожарной безопасности; предписывающие знаки; эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения; указательные знаки.

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности должны соответствовать приведенным в табл. 5.1

Таблица 5.1

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности

Группа	Геометрическая форма <*>	Сигнальный цвет	Смысловое значение
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой	Красный	Запрещение опасного пове- дения или действия
Предупреждающие знаки	Треугольник	Желтый	Предупреждение о возмож- ной опасности. Осторож- ность. Внимание
Предписывающие знаки	Круг	Синий	Предписание обязательных действий во избежание опасности
Знаки пожарной безопасности <**>	Квадрат или прямоугольник	Красный	Обозначение и указание мест нахождения средств проти- вопожарной защиты, их эле- ментов
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник	Зеленый	Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация для обеспечения безопасности
Указательные знаки	Квадрат или прямоугольник	Синий	Разрешение. Указание. Над- пись или информация

Примечание: <*> Рисунки не приводятся. <**> К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: P 01 «Запрещается курить», P 02 «Запрещается пользо- ваться открытым огнем», P 04 «Запрещается тушить водой», P 12 «Запрещается загромождать проходы (или) складировать» (табл. 5.2);
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества», W 02 «Взрывоопасно», W 11

«Пожароопасно. Окислитель» (табл. 5.3).

Таблица 5.2

Запрещающие знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 01		Запрещается курить	Использовать, когда курение мо- жет стать причиной пожара. На дверях и стенах помещений, уча- стках, где имеются горючие и лег- ковоспламеняющиеся вещества, или в помещениях, где курить за- прещается
Р 02		Запрещается пользоваться от- крытым огнем и курить	Использовать, когда открытый огонь и курение могут стать при- чиной пожара. На входных дверях, стенах помещений, участках, ра- бочих местах, емкостях, производ- ственной таре
Р 03		Проход запрещен	У входа в опасные зоны, помеще- ния, участки и др.
Р 04		Запрещается ту- шить водой	В местах расположения электро- оборудования, складах и других местах, где нельзя применять воду при тушении горения или пожара
Р 05		Запрещается ис- пользовать в ка- честве питьевой воды	На техническом водопроводе и емкостях с технической водой, не- пригодной для питья и бытовых нужд
Р 06		Доступ посто- ронним запре- щен	На дверях помещений, у входа на объекты, участки и т. п. для обо- значения запрета на вход (проход) в опасные зоны или для обозначе- ния служебного входа (прохода)

Продолжение таблицы 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 07		Запрещается движение средств наполь- ного транспорта	В местах, где запрещается применять средства напольного транс- порта (например, погрузчики или напольные транспортеры)
Р 08		Запрещается прикасаться. Опасно	На оборудовании (узлах оборудо- вания), дверцах, щитах или других поверхностях, прикосновение к которым опасно
Р 09		Запрещается прикасаться. Корпус под на- пряжением	На поверхности корпусов, щитов и т. п., где есть возможность пора- жения электрическим током
Р 10		Не включать!	На пультах управления и включе- ния оборудования или механизмов при ремонтных и пусконаладоч- ных работах
Р 11		Запрещается работа (присутствие) людей со стимуляторами сердечной деятельности	В местах и на оборудовании, где запрещено работать или находить- ся людям с вживленными стиму- ляторами сердечной деятельности
Р 12		Запрещается за- громождать про- ходы и (или) складировать	На пути эвакуации, у выходов, в местах размещения средств про- тивопожарной защиты, аптечек первой медицинской помощи и других местах
Р 13		Запрещается подъем (спуск) людей по шахтному стволу (запрещается транспортировка пассажиров)	На дверях грузовых лифтов и дру- гих подъемных механизмов

Продолжение табл. 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 14		Запрещается вход (проход) с животными	На воротах и дверях зданий, со- оружений, помещений, объектов, территорий и т. п., где не должны находиться животные, где запре- щен вход (проход) вместе с жи- вотными
Р 16		Запрещается работа (присутствие) людей, имеющих металлические имплантанты	На местах, участках и оборудова- нии, где запрещено работать или находиться людям с вживленными металлическими имплантантами
Р 17		Запрещается разбрызгивать воду	На местах и участках, где запре- щено разбрызгивать воду
Р 18		Запрещается пользоваться мобильным (сотовым) телефоном или переносной рацией	На дверях помещений, у входа на объекты, где запрещено пользоваться средствами связи, имею- щими собственные радиочастот- ные электромагнитные поля
Р 21		Запрещение (прочие опасности или опасные действия)	Применять для обозначения опасности, не предусмотренной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с поясняющей надписью или с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью
Р 27		Запрещается иметь при (на) себе металлические предметы (часы и т. п.)	При входе на объекты, на рабочих местах, оборудовании, приборах и т. п. Область применения знака может быть расширена
Р 30		Запрещается принимать пищу	На местах и участках работ с вредными для здоровья веществами, а также в местах, где прием пищи запрещен. Область применения знака может быть расшире- на

Окончание табл. 5.2

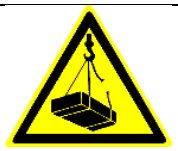
Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
P 32		Запрещается подходить к элементам оборудования с маховыми движениями большой амплитуды	На оборудовании и рабочих местах по обслуживанию оборудования с элементами, выполняющими маховые движения большой амплитуды
P 33		Запрещается брать руками. Сыпучая масса (непрочная упа- ковка)	На производственной таре, в складах и иных местах, где используют сыпучие материалы
P 34		Запрещается пользоваться лифтом для подъема (спуска) людей	На дверях грузовых лифтов и других подъемных механизмах. Знак входит в состав группового знака безопасности «При пожаре лифтом не пользоваться, выходить по лестнице»

Таблица 5.3

Предупреждающие знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 01		Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества	Использовать для привлечения внимания к помещениям с легковоспламеняющимися веществами. На входных дверях, дверцах шкафов, емкостях и т. д.

Продолжение табл.5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 02		Взрывоопасно	Использовать для привлечения внимания к взрыво- опасным веществам, а так- же к помещениям и участ- кам. На входных дверях, стенах помещений, дверцах шкафов и т. д.
W 03		Опасно. Ядовитые ве- щества	В местах хранения, выделения, производства и применения ядовитых веществ
W 04		Опасно. Едкие и корро- зионные вещества	В местах хранения, выде- ления, производства и применения едких и корро- зионных веществ
W 05		Опасно. Радиоактивные вещества или ионизи- рующее излучение	На дверях помещений, дверцах шкафов и в других местах, где находятся и применяются радиоактивные вещества или имеется ионизирующее излучение. Допускается применять знак радиационной опасно- сти по ГОСТ 17925
W 06		Опасно. Возможно падение груза	Вблизи опасных зон, где используется подъемно-транспортное оборудование
W 07		Внимание. Автопогруз- чик	В помещениях и на участках, где проводятся погрузочно-разгрузочные работы

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 08		Опасность поражения электрическим током	На опорах линий электропередачи, электрооборудовании и приборах, дверцах силовых щитков, на элек-тротехнических панелях и шкафах, а также на ограж- дениях токоведущих частей оборудования, механизмов, приборов
W 09		Внимание. Опасность (прочие опасности)	Применять для привлече- ния внимания к прочим ви- дам опасности, не обозна- ченной настоящим стан- дартом. Знак необходимо использовать вместе с дополнительным знаком безопасности с поясняю- щей надписью
W 10		Опасно. Лазерное излу- чение	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где имеет- ся лазерное излучение
W 11		Пожароопасно. Окисли- тель	На дверях помещений, дверцах шкафов для привлечения внимания на наличие окислителя

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 12		Внимание. Электромагнитное поле	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют электромагнитные поля
W 13		Внимание. Магнитное поле	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют магнитные поля
W 14		Осторожно. Малозаметное препятствие	В местах, где имеются малозаметные препятствия, о которые можно споткнуться
W 15		Осторожно. Возможность падения с высоты	Перед входом на опасные участки и в местах, где возможно падение с высоты
W 16		Осторожно. Биологическая опасность (инфекционные вещества)	В местах хранения, производства или применения вредных для здоровья биологических веществ
W 17		Осторожно. Холод	На дверцах холодильников и морозильных камер, компрессорных агрегатах и других холодильных аппаратах
W 18		Осторожно. Вредные для здоровья аллергические (раздражающие) вещества	В местах хранения, произ- водства или применения вредных для здоровья аллергических (раздражающих) веществ

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 19		Газовый баллон	На газовых баллонах, скла- дах и участках хранения и применения сжатых или сжиженных газов. Цвет баллона черный или белый, выбирается по ГОСТ 19433
W 20		Осторожно. Аккумуля- торные батареи	В помещениях и на участках изготовления, хранения и применения аккумуля- торных батарей
W 22		Осторожно. Режущие валы	На участках работ и оборудовании, имеющем незащищенные режущие валы
W 23		Внимание. Опасность зажима	На дверцах турникетов и шлагбаумах
W 24		Осторожно. Возможно опрокидывание	На дорогах, рампах, складах, участках, где возможно опрокидывание внутризаводского транспорта
W 25		Внимание. Автоматическое включение (запуск) оборудования	На рабочих местах, оборудовании или отдельных узлах оборудования с автоматическим включением
W 26		Осторожно. Горячая поверхность	На рабочих местах и обо-рудовании, имеющем на-гретые поверхности

Окончание табл.5.3

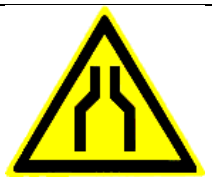
Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 27		Осторожно. Возможно травмирование рук	На оборудовании, узлах оборудования, крышках и дверцах, где возможно получить травму рук
W 28		Осторожно. Скользко	На территории и участках, где имеются скользкие места
29		Осторожно. Возможно затягивание между вращающимися элемен-тами	На рабочих местах и обо- рудовании, имеющем вра- щающиеся элементы, на- пример на валковых мель- ницах
W 30		Осторожно. Сужение проезда (прохода)	На территориях, участках, в цехах и складах, где имеются сужения прохода (проезда) или присутствуют выступающие конструкции, затрудняющие проход (проезд)

Таблица 5.4

Предписывающие знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению
M 01		Работать в защитных очках	На рабочих местах и участках, где требуется защита органов зрения

Продолжение табл. 5.4

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 02		Работать в защитной каске (шлеме)	На рабочих местах и участках, где требуется защита головы
М 03		Работать в защитных наушниках	На рабочих местах и участках с повышенным уровнем шума
М 04		Работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания	На рабочих местах и участках, где требуется защита органов дыхания
М 05		Работать в защитной обуви	На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной защиты
М 06		Работать в защитных перчатках	На рабочих местах и участках работ, где требуется защита рук от воздействия вредных или агрессивных сред, защита от возможного поражения электрическим током
М07		Работать в защитной одежде	На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной зашиты
М 08		Работать в защитном щитке	На рабочих местах и участках, где необходима защита лица и органов зрения

Продолжение табл. 5.4

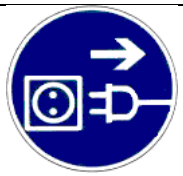
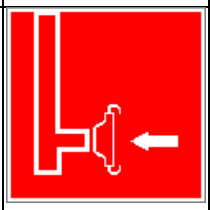
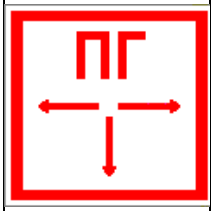
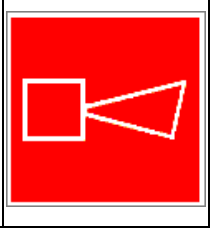
Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 09		Работать в предохранительном (страховочном) поясе	На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов
М 10		Проход здесь	На территориях и участках, где разрешается проход
М 11		Общий предписывающий знак (прочие предписания)	Для предписаний, не обозначенных настоящим стандартом. Знак необходимо применять вместе с поясняющей надписью на дополнительном знаке безопасности
М 12		Переходить по надземному переходу	На участках и территориях, где установлены надземные переходы
М 13		Отключить штепсельную вилку	На рабочих местах и оборудовании, где требуется отключение от электросети при наладке или остановке электрооборудования и в других случаях
М 14		Отключить перед работой	На рабочих местах и оборудовании при проведении ремонтных или пусконаладочных работ
М 15		Курить здесь	Используется для обозначения места курения на производственных объектах

Таблица 5.5

Знаки пожарной безопасности

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению
F 01-01		Направляющая стрелка	Использовать только вместе с другими знаками пожар- ной безопасности для указания направления движе- ния к месту нахождения (размещения) средства противопожарной зашиты
F 01-02		Направляющая стрелка под углом 45°	Использовать только вместе с другими знаками пожарной безопасности для указания направления движения к месту нахождения (размещения) средства противопожарной защиты
F 02		Пожарный кран	В местах нахождения комплекта пожарного крана с пожарным рукавом и стволом
F 03		Пожарная лестница	В местах нахождения пожарной лестницы
F 04		Огнетушитель	В местах размещения огнетушителя
F 05		Телефон для использования при пожаре	В местах размещения телефона, по которому мож- но вызвать пожарную охрану

Продолжение табл. 5.5

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению
F 06		Место размещения нескольких средств противопожарной защиты	В местах одновременного нахождения (размещения) нескольких средств противопожарной защиты
F 07		Пожарный водоисточник	В местах нахождения пожарного водоема или пир- са для пожарных машин
F 08		Пожарный сухотрубный стояк	В местах нахождения пожарного сухотрубного стояка
F 09		Пожарный гидрант	У мест нахождения подземных пожарных гидран- тов. На знаке должны быть цифры, обозначающие расстояние от знака до гидранта в метрах
F 10		Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики	В местах ручного пуска установок пожарной сигна- лизации, пожаротушения и (или) систем противодым- ной защиты. В местах (пунктах) подачи сигнала пожарной тревоги
F 11		Звуковой оповещатель пожарной тревоги	В местах нахождения зву- кового оповещателя или совместно со знаком F 10 «Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики»

К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользоваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы и (или) складировать»;
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», W 02 «Взрывоопасно», W 11 «Пожароопасно. Окислитель»;
- эвакуационные знаки;

Таблица 5.6

Эвакуационные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 01-01		Выход здесь (левосторонний)	Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с левой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуа- ционному выходу
Е 01-02		Выход здесь (правосторонний)	Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с правой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 02-01		Направляющая стрелка	Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения

Продолжение табл.5.6

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 02-02		Направляющая стрелка под углом 45°	Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения
Е 03		Направление к эвакуационному выходу на- право	На стенах помещений для указаниянаправления движения к эвакуационному выходу
Е 04		Направление к эвакуационному выходу налево	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 05		Направление к эвакуационному выходу направо вверх	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 06		Направление к эвакуационному выходу нале- во вверх	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плос- кости
Е 07		Направление к эвакуационному выходу на- право вниз	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 08		Направление к эвакуационному выходу налево вниз	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 09		Указатель двери эвакуа- ционного выхода	Над дверями эвакуацион- ных выходов

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
E 10		Указатель двери эвакуационного выхода (левосторонний)	Над дверями эвакуационных выходов
E 11		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или под- вешивается к потолку
E 12		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку
E 13		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 14		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 15		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 16		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 17		Для доступа вскрыть здесь	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах, где для доступа в помещение или выхода необходимо вскрыть определенную кон- струкцию, например раз- бить стеклянную панель

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 18		Открывать движением от себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 19		Открывать движением на себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 20		Для открывания сдви- нуть	На дверях помещений для обозначения действий по открыванию сдвижных две- рей
Е 21		Пункт (место) сбора	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах для обозначения заранее преду- смотренных пунктов (мест) сбора людей в случае воз- никновения пожара, аварии или другой чрезвычайной ситуации
Е 22		Указатель выхода	Над дверями эвакуацион- ного выхода или в составе комбинированных знаков безопасности для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 23		Указатель запасного выхода	Над дверями запасного выхода

Эвакуационные знаки следует устанавливать в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу.

Изображение графического символа фигуры человека в дверном проеме на эвакуационных знаках Е 01-01 и Е 01-02 смыслового значения

«Выход здесь» должно совпадать с направлением движения к эвакуационному выходу».

Таблица 5.7

Знаки медицинского и санитарного назначения

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по при-менению
ЕС 01		Аптечка первой медицинской помощи	На стенах, дверях помещений для обозначения мест размещения аптечек первой медицинской помощи
ЕС 02		Средства выноса (эвакуации) пораженных	На дверях и стенах помещений в местах размеще- ния средств выноса (эва- куации) пораженных
ЕС 03		Пункт приема гигиенических процедур (душевые)	На дверях и стенах помещений в местах расположения душевых и т. п.
ЕС 04		Пункт обработки глаз	На дверях и стенах поме- щений в местах располо- жения пункта обработки глаз
ЕС 05		Медицинский кабинет	На дверях медицинских кабинетов
ЕС 06		Телефон связи с медицинским пунктом (скорой медицинской помощью)	В местах установки телефонов

Таблица 5.8.

Указательные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению
D 01		Пункт(место) приема пищи	На дверях комнат приема пищи, буфетах, столовых, бытовых помещениях и в других местах, где разре- шается прием пиши
D 02		Питьевая вода	На дверях бытовых помещений и в местах распо- ложения кранов с водой, пригодной для питья и бы- товых нужд (туалеты, душевые, пункты приема пищи и т. д.)
D 03		Место курения	Используется для обозначения места курения на общественных объектах

Порядок выполнения работы

1. Изучить выдержку из ГОСТ Р 12.4.026–01.

2. Проверить усвоение материала, ответив на контрольные вопросы:

В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?

Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на тару и оборудование?

Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?

Какую форму имеет предписывающий знак?

Какую форму имеет запрещающий знак?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 45 м. Какой размер должен иметь внешний диаметр круга запрещающего знака, мм?

Какой цвет имеют символические изображения или поясняю- щие надписи, наносимые на указательные знаки?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 60 м. Какие размеры

(стороны прямоугольника) должен иметь указательный знак, мм?

Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?

Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака № 5, наносимого на производственное оборудование и тару?

3. Составить отчет. Отчет должен включать:

- цель практической работы;
- ответы на вопросы задания;
- зарисовку формы знаков (запрещающего, предупреждающего, предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надпи- сей.

4. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.026–01. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение, правила применения. Общие технические требования и реко- мендации. Методы испытания [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-поисковой системы «Техэксперт».

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель задания - ознакомиться с понятием и причинами возникновения несчастных случаев, порядком их расследования и учет на производстве, также с методами анализа травматизма.

Порядок выполнения задания:

а) изучить и законспектировать общие сведения по пункту 1;

б) изучить методы анализа и рассчитать по вариантам показатели травматизма по пункту 2 (см контр. вопросы к пунктам 1 и 2);

в)изучить «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» и законспектировать ответы на контрольные вопросы к пункту 3.

Общие сведения о несчастных случаях.

Несчастным случаем на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется **производственной**.

Опасным называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредным называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе

действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются на:

а) механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);

б) поражение электрическим током (электроудар, электротравма);

в) термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);

г) химические повреждения (ожоги, острые отравления);

д) комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу).
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней).
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособно-сти);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или не использование защитных средств);
- санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам(СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

- психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

Методы анализа показателей травматизма

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует необходимый этап - исследование и анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический.

Статистический метод позволяет количественно оценить повторяемость несчастных случаев по ряду относительных коэффициентов. В результате сравнения полученных коэффициентов за отчетный период с предшествующим периодом можно оценить эффективность профилактических мер. Обычно при этом методе анализа несчастные случаи группируются по однородным признакам: профессиям, видам работ, возрасту, стажу работ, причинам, вызвавшим травму. Простота и наглядность являются несомненным достоинством этого метода. Однако у него есть и недостаток - он не выявляет опасные произ-водственные факторы. Среди основных показателей травматизма, используемых при статистическом методе анализа, являются:

а) коэффициент частоты травматизма - число пострадавших при несчастных случаях за отчетный период на 1ООО работающих, определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = T_x \cdot \frac{1000}{P_C},$$

где Кч - коэффициент частоты травматизма; Т - число учтенных травм с потерей трудоспособности; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период.

б) коэффициент тяжести травматизма - число человеко-дней нетрудоспособно-сти, которое приходится на один несчастный случай и определяется по формуле:

$$\text{К}_\text{Т} = \frac{\text{Д}}{\text{Т}},$$

где Кт - коэффициент тяжести травматизма; Д - общее количество дней

нетрудоспособности за отчетный период; Т - количество учтенных травм.

в) коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев

- показывает через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи и оп-ределяется по формуле:

$$В = 22{,}5 \cdot \frac{12}{Т},$$

где В - календарная повторяемость несчастных случаев; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

г) коэффициент средней повторяемости - показывает на сколько человекодней приходится один несчастный случай, определяется по формуле:

$$B_{ср} = 22{,}5 \cdot 12 \cdot \frac{P_c}{T},$$

где Вср - коэффициент средней повторяемости несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

д) коэффициент опасности работ - характеризуется тяжестью и частотой несчастных случаев, определяется по формуле:

$$О_р = К_Т \cdot Т_х \cdot \frac{100}{Р_с \cdot М \cdot 22{,}5},$$

где Ор - коэффициент опасности работ; Кт - коэффициент тяжести травматизма ; Т - количество учтенных несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих; М - число месяцев в отчетном периоде.

Таблица 5.0

Исходные данные для расчета показателей травматизма

Показатели	Варианты									
										0
Отчетный период, мес. (М)				2				2		

Число несчастных случаев (Т)				0				1		
Число дней нетрудоспособности (Д)	80	00	80	20	00	50	70	20	60	00
Среднесписочное числоработающих (Рс)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на органи-зационные и технические мероприятия. Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Монографический метод анализа травматизма состоит в углубленном и всестороннем изучении отдельного производства, цеха или участка. Он включает описание технологического процесса, оборудования и особенностей технологического регламента, описание опасных зон на рабочих местах, также санитарно-гигиенические условия труда. При этом обращается внимание на наличие защитных приспособлений, ограждений и травмоопасных ситуаций

Монографический метод анализа травматизма характеризуется полнотой, но трудоемок. Этот метод позволяет выявить потенциальную опасность не только в действующих производствах, но и на этапе проектирования, тем самым исключить причины травматизма.

Топографический метод анализа травматизма проводится по месту происшествия. При этом все несчастные случаи условными знаками наносятся на план производственного участка или схему механизма в тех местах, где они произошли. В результате этого выявляются опасные зоны, требующие соответствующих защитных мер и особого внимания.

Контрольные вопросы к пунктам 1 и 2

1. Что такое несчастный случай?

2. Что такое опасный производственный фактор?

3. Что такое вредный производственный фактор?

4. На какие группы подразделяются опасные и вредные производственные факторы?

5. Какие различают разновидности производственных травм?

6. Какие выделяют категории производственных травм?

7. Каковы основные причины возникновения производственных травм?

8. Какие существуют методы анализа производственного травматизма ?

9. В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?

10. Как определяется коэффициент частоты травматизма?

11. Как определяется коэффициент тяжести травматизма?

12. Как определяется коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев?

13. Как определяется коэффициент средней повторяемости несчастных случаев?

14. Как определяется коэффициент опасности работ?

15. В чем заключается экономический метод анализа производственного травматизма?

16. В чем заключается монографический метод анализа производственного травматизма?

17. В чем заключается топографический метод анализа производственного травматизма?

Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях

Расследование и учет несчастных случаев на производстве проводят в соответствии с “Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях”, утвержденного

Постановлением Министерства труда и социального раз-вития Российской Федерации от 24 октября 2002г. №73, а также статьями 227-231 Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

Несчастный случай на производстве - это случай, происшедший с работающим вследствие воздействия опасного производственного фактора (для застрахованного – это страховой случай).

Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

Несчастные случаи, не связанные с производством, но происшедшие на производстве - это несчастные случаи, происшедшие при изготовлении предметов в личных целях, самовольном использовании транспорта предприятия, участии в спортивных мероприятиях на территории предприятия, при хищении имущества предприятия.

Бытовые несчастные случаи - это несчастные случаи, происшедшие в быту (дома) или при нахождении на предприятии вне рабочего времени.

Расследование несчастных случаев на производстве выполняется в соответствии с Трудовым кодексом РФ и «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях», утверждённым постановлением Минтруда России № 73 от 24 октября 2002 года. Этим же постановлением утверждены формы документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве.

Расследование несчастного случая может быть достаточно сложным процессом, поскольку интересы пострадавшего и работодателя часто не совпадают.

Действие нормативных актов по расследованию и учёту несчастных случаев на производстве распространяется на:

- работодателей - физических лиц, вступивших в трудовые отношения с работниками;
- уполномоченных работодателем лиц (представители работодателя);

- физических лиц, осуществляющих руководство организацией (руководители организации);
- физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем;
- других лиц, участвующих с ведома работодателя в его производственной деятельности своим личным трудом, правоотношения которых не предполагают заключения трудовых договоров.

Расследованию подлежат травмы, в том числе причиненные другими лицами, включая:

- тепловой удар, ожог, обморожение;
- утопление; поражение электрическим током или молнией;
- укусы, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения, полученные в результате взрывов, аварий и т.п.

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи происшедшие:

- при исполнении трудовых обязанностей, в том числе во время коман-дировки, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- на территории организации, в течение рабочего времени, в том числе во время следования на работу и с работы, а также в течение вре-мени, необходимого для приведения в порядок рабочего места;
- при следовании на работу или с работы на транспортном средстве работодателя, а также на личном транспортном средстве при использовании его в производственных целях;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком;
- при следовании к месту служебной командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;
- во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом;
- при привлечении к участию в ликвидации последствий

чрезвычайных ситуаций.

Работники организации обязаны незамедлительно извещать руководство о каждом происшедшем несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья в связи с проявлениями признаков острого заболевания.

О каждом страховом случае работодатель в течение суток обязан сообщить страховщику (фонд социального страхования).

О групповом несчастном случае (пострадало два и более человек), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, работодатель в течение суток обязан направить извещение соответственно:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (объекте), подконтрольной этому органу;
- страховщику.

2) о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если

несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;

- страховщику.

О групповых несчастных случаях, тяжелых несчастных случаях и несчастных случаях со смертельным исходом также информируется Федеральная инспекция труда Минтруда России.

Если указанные несчастные случаи, произошли в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, то соответствующим образом информируются специально уполномоченные органы государственного надзора.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда организации, представители работодателя, представители профсоюзного органа (коллектива), уполномоченный (доверенный) по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций при исполнении ими задания направившего их работодателя, расследуются комиссией, формируемой этим работодателем.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой работодателем, у которого фактически производилась работа по совместительству.

Расследование несчастных случаев со студентами, проходящими произ-водственную практику (выполняющими работу под руководством работодателя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем. В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Для расследования группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая и несчастного случая со смертельным исходом в комиссию дополнительно включаются:

- государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Возглавляет комиссию государственный инспектор труда;
- по требованию пострадавшего (или его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо;
- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- при несчастном случае, происшедшем в организациях на объектах, подконтрольных территориальным органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем

соответствующего территориального органа и возглавляет комиссию представитель этого органа;

- при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, - руководитель этого территориального органа.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится в течение трех дней.

Расследование иных несчастных случаев проводится в течение 15 дней. В некоторых случаях председатель комиссии может продлить срок расследования, но не более чем на 15 дней. Несчастные случаи, о которых не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего в течение месяца.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего (доверенного лица, членов его семьи).

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, знакомится с действующими в организации нормативными и

распорядительными документами, по возможности получает объяснения от пострадавшего.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства;
- смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника;
- несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение.

При поступлении жалобы пострадавшего, выявлении сокрытого несчастного случая, установления нарушений порядка расследования и в некоторых иных случаях, государственный инспектор труда, независимо от срока давности несчастного случая, проводит дополнительное расследование.

Несчастные случаи, квалифицированные, как несчастные случаи на производстве, подлежат оформлению актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1*.

Акт формы Н-1 составляется комиссией в двух экземплярах. При несчастном случае на производстве с застрахованным работником составляется дополнительный экземпляр акта формы Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляются на каждого пострадавшего отдельно.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного работника, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте расследования указывается степень его вины в процентах, с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации (не более 25%).

По результатам расследования каждого группового несчастного случая,

тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исхо-дом составляется соответствующий акт в двух экземплярах.

Работодатель в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать пострадавшему один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1. Вторые экземпляры акта с копиями материалов расследования хранятся в течение 45 лет работодателем.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель направляет страховщику.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве и включаются в годовую форму федерального государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве.

В случае ликвидации организации или прекращения работодателем - физическим лицом предпринимательской деятельности оригиналы актов о расследовании несчастных случаев на производстве подлежат передаче на хранение правопреемнику, а при его отсутствии - соответствующему государственному органу.

Государственный надзор и контроль за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется органами Федеральной инспекции труда.

Контрольные вопросы к пункту 3

1. Какие несчастные случаи считаются связанными с производством и подлежат расследованию и учету?
2. На кого распространяется действие Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев?
3. Как должен действовать работодатель при возникновении несчастного случая на предприятии?
4. Что необходимо сделать сразу же после свершения несчастного

случая на произ-водстве?

5. Куда должен сообщить работодатель и в какие сроки о групповом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом?

6. Кто несет ответственность за организацию и своевременное расследование и уче-та несчастных случаев?

7. Кто входит в комиссию по расследованию несчастных случаев, каковы ее обязанности?

8. В какие сроки должно быть проведено расследование несчастного случая?

9. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

10. Что делают при установлении грубой неосторожности пострадавшего?

11. В какие сроки и комиссией какого состава расследуются групповые несчастные случаи или со смертельным исходом?

12. Какие условия должен обеспечить работодатель для работы комиссии, проводя-щей расследование несчастного случая?

13. Каким документом оформляются несчастные случаи на производстве?

14. Какой организацией учитывается акт о несчастном случае?

15. В какие сроки и куда должны быть отправлены материалы расследования групповых несчастных случаев?

16. Какие организации и должностные лица разбирают разногласия при оформлении актов по форме Н - 1 ?

17. Каковы полномочия государственного инспектора по охране труда в случае нарушения порядка расследования несчастного случая?

Форма Н-1

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ

_____
(подпись, фамилия, инициалы
работодателя
(его представителя))
"__" _____ 200_ г.

Печать

АКТ N ____
О НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Дата и время несчастного случая _____
_____
(число, месяц, год и время происшествия
несчастного случая,
_____
количество полных часов от начала работы)
2. Организация (работодатель), работником которой является
(являлся) пострадавший _____
(наименование, место нахождения,
юридический адрес, ведомственная
и отраслевая
_____
принадлежность (ОКОНХ основного вида деятельности);
фамилия, инициалы работодателя -
_____
физического лица)
Наименование структурного подразделения _____
_____
3. Организация, направившая работника _____
_____
(наименование, место нахождения, юридический адрес,
отраслевая принадлежность)
4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:
_____
(фамилия, инициалы, должности и место работы)
_____
5. Сведения о пострадавшем:
фамилия, имя, отчество _____
пол (мужской, женский) _____
дата рождения _____
профессиональный статус _____
профессия (должность) _____
стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай
_____,
(число полных лет и месяцев)
в том числе в данной организации _____
(число полных лет и месяцев)
6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда
Вводный инструктаж _____
(число, месяц, год)
Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, внеплановый,

---------- -------
(нужное подчеркнуть)
целевой)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год)
Стажировка: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г.
_____
(если не проводилась - указать)
Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г. _____
(если не проводилось - указать)
Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год, N протокола)
7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай

_____
(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных

_____
факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)

_____
Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю

_____
(наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель)
8. Обстоятельства несчастного случая

_____
(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий

_____
и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,

_____
установленные в ходе расследования)

_____
_____
_____
8.1. Вид происшествия _____
_____
8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья

_____
8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения _____
(нет, да - указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по

_____
результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)
8.4. Очевидцы несчастного случая _____
_____
(фамилия, инициалы, постоянное место жительства,

домашний телефон)
9. Причины несчастного случая _____
(указать основную
и сопутствующие причины
_____
несчастного случая со ссылками на нарушенные требования
законодательных и иных
_____
нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)
_____
_____
_____
_____
10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:
_____
(фамилия, инициалы, должность (профессия) с указанием
требований законодательных,
_____
иных нормативных правовых и локальных нормативных актов,
предусматривающих их
_____
ответственность за нарушения, явившиеся причинами
несчастного случая, указанными в п. 9
_____
настоящего акта; при установлении факта грубой
неосторожности пострадавшего указать
_____
степень его вины в процентах)
_____
Организация (работодатель), работниками которой являются данные
лица
_____
(наименование, адрес)
11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая _____
(фамилии, инициалы, дата)
_____

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.О.ОО2 - 8О. Термины и определения.
2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях
3. И.М.Чижевский, Г.Б.Куликов, Ю.А.Сидорин. Охран труда в полиграфии. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Цель работы – ознакомиться со средствами защиты органов ды- хания и получить практические навыки их использования.

Теоретические положения

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных веществ (РВ), отравляющих веществ (ОВ) и бактериальных средств (БС).

По принципу применения средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты повседневного применения (промышленные СИЗ);

– средства защиты эпизодического применения (СИЗ для аварийных работ и пострадавших в очагах ЧС).

По объектам защиты средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты органов дыхания;

– средства защиты кожи.

По принципу действия средства индивидуальной защиты делятся:

– на фильтрующие (принцип фильтрации состоит в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средство защиты);

– изолирующие (средства защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей).

По способу подачи воздуха различают средства индивидуальной

защиты делятся:

– с принудительной подачей воздуха;

– самовсасывающие.

По кратности использования средства индивидуальной защиты

- на СИЗ многократного использования;

- СИЗ однократного использования.

По способу изготовления средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства, изготовленные промышленностью;

- простейшие средства, изготовленные из подручных материалов. Кроме средств индивидуальной защиты существуют медицинские средства защиты [1].

Средства защиты органов дыхания.

Фильтрующий противогаз.

Фильтрующий противогаз предназначен для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, (АХОВ), а также различных вредных примесей, присутствующих в воздухе.

В настоящее время имеются фильтрующие гражданские противогазы различной модификации и промышленные противогазы.

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы: для взрослого населения – ГП-5 (ГП-5М), ГП-7 (ГП-7В); для детей – ПДФ-Ш, ПДФ-Д, ПДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД.

Гражданский противогаз (ГП-5). В состав комплекта входят два основных элемента: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62у. Шлем-маска имеет 5 ростов (0, 1, 2, 3, 4). Кроме того, противогаз комплектуется сумкой, наружными утеплительными манжетами (НМУ-1) и коробкой с незапотевающими пленками (рис. 9.1) [2]. У него нет соединительной трубки.

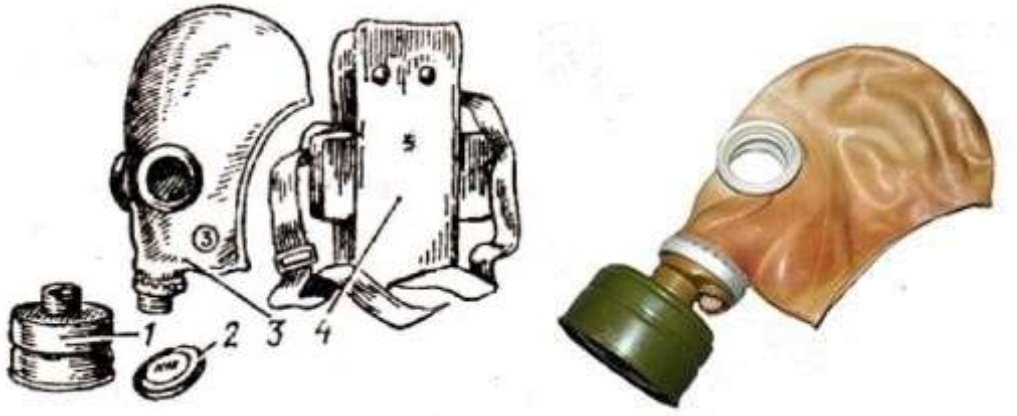


Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):
1 – фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 – лицевая часть ШМ-62у; 4 – сумка

Внутри фильтрующе-поглощающей коробки ГП-5 расположены противоаэрозольный фильтр и шихта. Лицевая часть ШМ-62у представляет собой шлем-маску, изготовленную на основе резины из натурального или синтетического каучука. В шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка. Клапанная коробка имеет один вдыхательный и два выдыхательных клапана и служит для распределения потоков воздуха. Незапотевающие пленки изготавливаются из целлюлозы и бывают односторонние (НП) и двусторонние (НПН). Они устанавливаются с внутренней стороны стекол противогаза желатиновым покрытием к глазам и фиксируются прижимными кольцами. Желатин равномерно впитывает конденсированную влагу, тем самым сохраняя прозрачность пленки.

Комплект из 6 пленок упакован в металлическую коробку. Утеплительные манжеты используются только зимой при температуре ниже – 10 °С. Манжета надевается на обойму очков с внешней стороны. Пространство между стеклами манжет и очков предохраняет очки шлем- маски от замерзания.

Гражданский противогаз (ГП-5М). В комплект противогаза входит шлем-маска (ШМ-66Му) с мембранной коробкой для переговорного устройства. В лицевой части сделаны сквозные вырезы для ушных раковин, что обеспечивает нормальную слышимость.

Подгонка противогаза начинается с определения требуемого роста лицевой части. Рост лицевой части типа ШМ-62у, ШМ-66Му определяется по величине вертикального обхвата головы путем ее измерения по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. До 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый.

Перед применением противогаз следует проверить на исправность и герметичность. Осматривая лицевую часть, следует определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого нуж- но проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, проколов, в горловине – повреждений. Обращается внимание на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Наиболее совершенными в настоящее время являются противогазы ГП-7 и ГП-7В. Их основными отличиями являются: более совершенная конструкция и форма шлем-маски, обеспечивающая возможность безопасного приема воды, жидких лекарств, других жидкостей в зараженной зоне без снятия маски. Наличие в комплекте фильтрующе-поглощающих коробок обеспечивает защиту от конкретных видов твердых химических веществ (ТХВ), а также увеличенные сроки работоспособности. Ростовка лицевой части предусматривает три размера. Как и другие типы противогазов, они состоят из фильтрующе- поглощающей коробки и лицевой части.

Гражданский противогаз (ГП-7). В комплект противогаза входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к, лицевая часть в виде маски МГП, сумка, защитный трикотажный чехол, коробка с незапотевающими пленками, утеплительные манжеты. Его масса в комплекте без сумки – около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка – 250 г, лицевая часть – 600г).

Фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к по конструкции аналогична коробке ГП-5, но с улучшенными характеристиками, уменьшено ее сопротивление, что облегчает дыхание. Лицевая часть МГП представляет собой маску объемного типа с «независимым» обтюратором, с наголовником (предназначен для закрепления лицевой части) в виде резиновой пластины с пятью лямками (лобная, две височные, две щечные), с очковым узлом, переговорным устройством (мембраной), узлами клапана вдоха и выдоха, прижимными кольцами для закрепления незапотевающих пленок (рис. 9.2) [2].

«Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине. Гидрофобный трикотажный чехол надевается на фильтрующе-поглощающую коробку и предохраняет ее от заражения, снега, пыли и влаги.



Рис. 7.2. Противогаз ГП-7:

1 – лицевая часть; *2* – фильтрующе-поглощающая коробка; *3* – сумка; *4* – коробка с незапотевающими пленками; *5* – трикотажный чехол; *6* – утеплительные манжеты

Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) – это одна из самых последних и совершенных моделей противогазов для населения. В реальных условиях он обеспечивают высокую защиту от паров отравляющих веществ нервнопаралитического действия (типа зарин, зоман и др.), общеядовитого действия (хлорциан, синильная кислота и др.), радиоактивных веществ (радионуклидов йода и его органических соедине- ний (типа йодистый метил и др.)); от капель отравляющих веществ кожно- нарывного действия (иприт и др.), бактериальных, аварийных химически опасных веществ (АХОВ). ГП-7 имеет малое сопротивление дыханию, обеспечивает надежную герметизацию и небольшое давление лицевой час- ти на голову. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет и больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основа- нии результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы.

Правила определения размера противогаза.

Для определения размера противогаза нужно знать горизонталь- ный и вертикальный обхват головы. Горизонтальный обхват измеряется по замкнутой линии, которая проходит спереди по надбровным дугам, сбоку чуть выше (на 2–3 см) ушной раковины и сзади по наиболее выступающей части головы. А вертикальный обхват можно определить посредством из- мерения длины вертикальной линии, проходящей через подбородок, щеки и макушку. Полученные измерения следует округлить так, чтобы послед- няя цифра была 0 или 5. Затем нужно сложить оба результата и посмот- реть, какой размер противогаза вам нужен [3]:

- менее 1190 мм – первый размер;
- от 1195 до 1210 мм – второй размер;
- от 1215 до 1235 мм – третий размер;
- от 1240 до 1260 мм – четвертый размер;
- от 1265 до 1285 мм – пятый размер;

- от 1290 до 1310 мм – шестой размер.

Надевается противогаз после сигнала «Химическая тревога» по команде «Газы», либо по своей инициативе. Вынув противогаз из специальной сумки, следует взять шлем-маску за его нижнюю часть так, чтобы большие пальцы рук находились снаружи, а остальные были внутри. Далее нужно приложить нижнюю часть шлема-маски под подбородок и натянуть его на голову резким движением рук вверх.

Учитывая то, что операции, которые описаны выше, придется проводить вслепую, нужно достаточно долго тренироваться. Хотя все зависит от человека и степени его обучаемости. Хорошо попрактиковавшись, можно приблизиться к армейским нормативам на надевание противогаза – около 7–10 с. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембра- ны) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефон, радио).

Гражданские противогазы ГП-7В, ГП-7ВМ, УЗС-ВК, КЗД-6, фильтр ДОТ, фильтр ВК, ДПГ-3 (рис. 7.3). ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть МГП-В имеет устройство для приема воды, пред- ставляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

ГП-7ВМ отличается от ГП-7В тем, что маска М-80 имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 обеспечивает защиту органов дыхания, глаз и кожи лица человека от вредных веществ и приме- сей, находящихся в воздухе. Это проверенная временем и надежная модель противогаза для гражданского населения.






а *б* *в* *г*



д *е* *ж*

Рис. 7.3. Гражданские противогазы:

а – ГП-7(В, ВМ); *б* – УЗС-ВК; *в* – ПДФ-2; г – КЗД-6; *д* – фильтр ДОТ; *е* – фильтр ВК; *ж* – ДПГ-3;

Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, сбоку на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую точку головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают нужный типоразмер (табл. 7.0). [4].

Правильно подобранная шлем-маска (маска) должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

Таблица 7.0

Типоразмеры противогазов

Рост лицевой части		1		2		3		
Положение упоров лямок	ГП-7, ГП-7В	4-8-8	3-7-8	3-7-8	3-6-7	3-6-7	3-5-6	3-4-5
	ГП-7ВМ	4-8-6	3-7-6	3-7-6	3-6-5	3-6-5	3-5-4	3-4-3
Сумма горизонтального и вертикального обхвата головы		До 1185	1190–1210	121–1235	1240–1260	1265–1285	1290–1310	1310 и более

*Примечание. П*оложение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза.

Противогаз УЗС-ВК – аварийно-спасательное средство многоразового действия, применяется для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, может использоваться во всех климатических зонах.

Противогаз ПДФ-2 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и лица детей (старше 1,5 года) от отравляющих веществ (ОВ), опасных биологических веществ (ОБВ), радиоактивной пыли (РП).

Камера защитная детская (КЗД-6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 года от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств. Детская защитная камера похожа на обычную сумку, поэтому переносить ребенка в ней очень удобно.

Дополнительный патрон (ДПГ-3) предназначен для использования в комплекте с ГП-7, ГП-7В и детскими противогазами, для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека от сильнодействующих ядовитых веществ: аммиака, диметиламина, нитробензола.

Фильтр ДОТ соответствует новым ГОСТам, гармонизированным с европейскими стандартами EN141, EN143. Он значительно эффективнее по сравнению с противогазовыми коробками, выпускаемыми по старым ГОСТа, за счет уникальных поглотителей от отравляющих веществ, опас- ных биологических веществ, радиоактивной пыли, сильнодействующих ядовитых веществ.

Фильтр ВК предназначен для очистки вдыхаемого воздуха от органических газов и паров с температурой кипения выше 65 ^{o}С (циклогек- сан, бензол, ксилол, толуол, бензин, керосин, галоидоорганические соеди- нения (хлорпикрин, хлорацетофенон и т. п.), нитросоединения бензола).

Промышленные противогазы. Существует несколько марок промышленных фильтрующих противогазов, которые являются индивидуальным средством защиты органов дыхания и зрения рабочих различных отраслей промышленности, сельского хозяйства от воздействия

вредных веществ (газы, пары, пыль, дым и туман), присутствующих в воздухе.

Запрещается применять промышленные противогазы при недостатке кислорода в воздухе (менее 18 %), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих жидкостей, плохо сорбирующихся органических веществ, например метана, этилена, ацетилена. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен (Рис. 7.4).



ППФМ-92 ПФМГ-96 ПФСГ-98 ППФ-95

Рис. 7.4. Промышленные противогазы

Противогазы ППФМ-92, ПФМГ-96, ПФСГ-98 предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от вредных газо- и парооб- разных веществ и аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны. ППФ-95 предназначены для защиты органов дыхания, зрения и лица рабо- чих различных отраслей промышленности и сельского хозяйства от воз- действия вредных газов, паров, пыли, дыма и тумана, присутствующих в воздухе. Фильтрующие противогазы надежны в атмосфере, содержащей не менее 18 % кислорода.

Промышленный противогаз состоит из снаряженной коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от ядовитых веществ и вредных примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей, а поэтому отличаются друг от

друга окраской и маркировкой. Шлем-маски промышленных противогазов изготавливаются пяти ростов – 0, 1, 2, 3, 4. Чтобы подобрать шлем-маску, надо мягкой сантиметровой линейкой произвести два измерения головы. Вначале определить длину круговой линии, проходящей по подбородку, щекам и через высшую точку головы (макушку). Затем измерить длину полуокружности, проходящей от отверстия одного уха к отверстию другого по лбу через надбровные дуги. Результаты двух обмеров суммируют и находят требуемый рост шлем-маски.

При сумме до 93 см размер нулевой, от 93 до 95 см – первый, от 95 до 99 см – второй, от 99 до 103 см – третий, от 103 и выше – четвертый [4].

Противогазы комплектуют коробками двух размеров (большая и малая) и трех типов: без аэрозольного фильтра, с аэрозольным фильтром (на коробке белая вертикальная полоса), без аэрозольного фильтра с уменьшенным сопротивлением дыханию (имеет индекс 8 в маркировке). В зависимости от вида вредного вещества выпускают коробки следующих марок: А, В, Г, Е, КД, СО, М (табл. 9.2) [5].

Коробки марок А, В, Г, Е, КД изготавливаются как с аэрозольными фильтрами, так и без них; коробка БКФ – только с аэрозольными фильтрами; коробки СО и М – без аэрозольных фильтров. Белая вертикальная полоса на коробке означает, что она оснащена аэрозольным фильтром.

Таблица 7.1

Характеристика промышленных противогазов

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
А	Коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, галоидоорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетроэтилсвинец, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты)

Продолжение табл. 7.1

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
В	Желтая	Кислые газы и пары (диоксида серы, гидрид серы, хлор, циан гидрида, окислы азота, хлориды водорода, фосген), фосфор- и хлорорганические ядохимикаты
Г	Черно-желтая	Пары ртути и ртутьорганическе ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида
Е	Черная	Гидрид мышьяка и гидрид фосфора
К	Зеленая	Аммиак, а также пыль, дым, туман
КД	Серая, с бе- лой поло- сой	Аммиак и сероводород
БКФ	Защитная, с белой полосой	Кислые газы и пары, пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым, туман
СО	Белая	Оксид углерода
М	Красная	Оксид углерода в присутствии паров органических ве- ществ, кислые газы, аммиак, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пары органических соединений (бензин, керо- син, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологи)
П-2У	Красная с белой поло- сой	Пары карбонилов никеля и железа, оксид углерода и со-путствующие аэрозоли
Б	Синяя	Бороводороды: диборан, пентаборан, этилентаборан, ди-этилдекаборан и их аэрозоли
УМ	Защитная	Пары и аэрозоли гептила, амил, самин, нитромеланж, амидол
ГФ	Голубая	Газообразный гексафторид урана, фтор, фтористый водо- род, радиоактивные аэрозоли

Пользование противогазом. Подобрав шлем-маску, ее обязательно

примеряют. Новую лицевую часть предварительно необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой или тампоном ваты, смоченным в воде, а клапаны выдоха продуть. Шлем-маску, бывшую в употреблении, следует отсоединить от коробки, протереть двухпроцентным раствором формалина или промыть водой с мылом и просушить.

При сборке противогаза шлем-маску берут в левую руку за клапанную коробку, а правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе- поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

При переводе противогаза в «боевое» положение необходимо:

– снять головной убор и зажать его между коленями или положить рядом;

– убрать волосы со лба и висков, женщинам следует гладко

– зачесать волосы назад, заколки и украшения снять (их попадание под обтюратор приведет к нарушению герметичности);

– вынуть шлем-маску из сумки, взять ее обеими руками за утолщенные края у нижней части так, чтобы большие пальцы рук были с наружной стороны, а остальные – внутри. Подвести шлем-маску к подбородку и резким движением рук вверх и назад натянуть ее на голову так, чтобы не было складок, а очки пришлись против глаз (ГП-5, ГП-5М);

– для правильного надевания ГП-7 надо взять лицевую часть обеими руками за щечные лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Задержать дыхание, закрыть глаза. Затем зафиксировать подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натянуть наголовник на голову и подтянуть до упора щечные лямки;

– сделать полный выдох (для удаления зараженного воздуха из-под шлем-маски, если он туда попал в момент надевания), открыть глаза и возобновить дыхание;

– надеть головной убор, застегнуть сумку и закрепить ее на туловище.

Дополнительные патроны

В результате развития химической и нефтехимической промышленности

в производстве увеличено применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

С целью расширения возможностей гражданских противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3).

ДПГ-1 в комплекте с противогазом защищает от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фурфурола, хлористого водорода.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрытыми: наружная – с навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя – с ввернутой заглушкой [6].

Изолирующие противогазы. Изолирующие противогазы (ИП) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей, находящихся в воздухе независимо от их свойств и концентраций. Они используются также в тех случаях, когда невозможно применение фильтрующих противогазов, например при наличии в воздухе очень высоких концентраций отравляющих веществ или любой вредной примеси, кислорода менее 16 %, а также при работе под водой на небольшой глубине. Виды противогазов представлены на Рис. 7.5.



ИП-4М ИП-6 ПДА-3М

Рис. 9.5. Изолирующие противогазы

Изолирующие противогазы используют в случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают должной степени защиты, или когда в воздухе недостаточно кислорода. Источником кислорода в таком противогазе служит патрон, снаряженный специальным веществом. Для нужд населения выпускают ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-6, ИП-7, ПДА- 3М.

Действие изолирующих противогазов основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый воздух попадает в регенеративный патрон, вещество которое содержится в нем поглощает углекислый газ и влагу, а взамен выделяет необходимый для дыхания кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищается и поступает для дыхания. Материалы, из которых изготовлены противогазы, не оказывают отрицательного воздействия на организм. Применение незапотевающих пленок, а при отрицательных температурах и утеплительных манжет сохраняет прозрачность стекол в течение всего времени работы в противогазе при любой физической нагрузке. Грантируется высокая эксплуатационная безопасность.

ИП-4М, ИП-4МК используют при авариях, стихийных бедствиях. ИП-5, ИП-6 предназначены для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека в непригодной для дыхания атмосфере независимо от состава и концентрации вредных веществ в воздухе, а также при недостатке или отсутствии кислорода. Портативный дыхательный аппарат (ПДА-3М) предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожи лица человека в непригодной для дыхания атмосфере при эвакуации из опасной зоны, выполнении аварийных работ, а также в ожидании помощи [5].

По принципу действия изолирующие противогазы делятся на две группы: ИП-5); КИП-8).

- противогазы на основе химически связанного кислорода (ИП-4,

- противогазы на основе сжатого кислорода или воздуха (КИП-7, Исходя из принципа защитного действия, основанного на полной изоляции органов дыхания от окружающей среды, время пребывания в изолирующем противогазе зависит не от физико-химических свойств ОВ,РВ, БС и их концентраций, а от запаса кислорода и характера выполняемой работы.

Противогазы шланговые изолирующие презназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи человека от любых вредных примесей в воздухе независимо от их концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе рабочей зоны. Комплектуются возду- хоподводящим шлангом длиной 10 или 20 м на барабане или в сумке.

Респираторы.

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли (рис. 7.6).

Респираторы делятся на два типа. Первый – это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй – это респираторы, которые очищают вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.



Рис. 7.6. Респираторы:

а – «Кама»; б – «Снежок»; в – У-2к; г – РП-КМ; д – Ф-62Ш; е – «Ас- тра 2»;
ж – РПГ-67; з – РУ-6 Ом

Респираторы по назначению делят на следующие виды [5]:

противоаэрозольные – для защиты органов дыхания от пыли, дыма, тумана, содержащих токсичные, бактериальные и другие опасные элементы, за счет пропускания вдыхаемого воздуха через фильтр из специального материала (респираторы «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2к, «Астра-2», Ф-62ш, РПА-1 и др.). Для фильтров в таких респираторах ис- пользуют материалы типа ФП (фильтр Петрянова), обладающие высокой эластичностью, механической прочностью, большой пылеемкостью, стой- костью к химическим агрессивным веществам и прекрасными фильтрую- щими свойствами;

противогазовые – для защиты от паров и газов за счет фильтрования вдыхаемого воздуха через фильтрпатроны различных марок, различающихся составом адсорбирующего материала. При этом фильтр-патрон каждой марки защищает от газов только определенного вида (РПГ-67);

универсальные – одновременно защищают от аэрозолей и отдель- ных видов газов и паров. Респираторы имеют противоаэрозольный фильтр и сменные противогазовые патроны разных марок (РУ-60м) или противо- газовые фильтры из ионообменного волокнистого материала («Снежок- ГП», «Лепесток-Г»).

По конструктивному оформлению различают респираторы двух типов:

фильтрующие маски – их фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью;

патронные – самостоятельно выполненные лицевая часть и фильтрующий элемент.

По характеру вентилирования подмасочного пространства респи- раторы делят на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух прохо- дит через фильтрующий элемент) и клапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух движется по различным каналам благодаря системе клапанов вдоха и выдоха).

В зависимости от срока службы различают респираторы одноразо- вого (типа «Лепесток», «Кама», У-2к и т. п.) и многоразового пользования, в которых предусмотрена возможность замены фильтров или их много- кратная регенерация (Ф-62ш, «Астра-2», РУ-60м и др.).

Респираторы ШБ-1, «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200» одинаковы и представляют собой сплошную легкую полумаску- фильтр из материала ФПП (фильтрующее полотно Петрянова). В нерабо- чем состоянии респиратор имеет вид круга. Каркасность его в рабочем со- стоянии обеспечивают пластмассовая распорка и алюминиевая пластина. Плотное прилегание респиратора к лицу достигается при помощи резино- вого шнура, вшитого в периметр круга, а также благодаря электростатиче- скому заряду материала ФПП, который образует полосу обтюрации. На го- лове респиратор крепят четырьмя шнурами.

Противоаэрозольные респираторы. В качестве фильтров в респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова) благодаря их хорошей эластичности, большой пылеемкости, а главное, высоким фильтрующим свойствам. Важной отличительной особенностью материалов ФП, изготовленных из перхлорвинила и других полимеров, обладающих изоляционными свойствами, является то, что они несут электростатические заряды, которые резко повышают эффективность улавливания аэрозолей и пыли.

Респиратор противопылевый У-2К (в гражданской обороне Р-2) обеспечивает защиту органов дыхания от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, радиоактивной и другой пыли, от некоторых бактериальных средств, дустов и порошкообразных удобрений, не выделяющих токсичные газы и пары. Использовать респиратор целесообразно при кратковременных работах небольшой интенсивности и запыленности воздуха. Не рекомендуется применять, когда в атмосфере сильная влага.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, наружный фильтр которой изготовлен из полиуретанового поропласта зеленого цвета, а внутренняя его часть – из тонкой воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтированы два клапана вдоха (рис. 9.7). Клапан выдоха размещен в передней части полумаски и защищен экраном. Между поропластом и полиэтиленовой пленкой расположен второй фильтрующий слой из материала ФП. Для плотного прилегания респиратора к лицу в области переносицы имеется носовой зажим – фигурная алюминиевая пластина. Респиратор крепится при помощи регулируемого оголовья.



Рис. 7.7. Респираторы У-2К (Р-2)

Респираторы У-2К изготавливаются трех ростов, которые обозначаются на внутренней подбородочной части полумаски. Определение роста производится путем измерения высоты лица человека, т. е. расстояния между точкой наибольшего углубления переносицы и самой нижней точкой подбородка. При величине измерения от 99 до 109 мм берут первый рост, от 109 до 119 мм – второй, от 119 и выше – третий.

Принцип действия респиратора основан на том, что при вдохе воздух последовательно проходит через фильтрующий полиуретановый слой маски, где очищается от грубодисперсной пыли, а затем через фильтрующий полимерный материал (ФП), в котором происходит очистка воздуха от тонкодисперсной пыли. После очистки вдыхаемый воздух через клапаны вдоха попадает в подмасочное пространство и в органы дыхания.

При выдохе воздух из подмасочного пространства выходит через клапан выдоха наружу.

Чтобы подогнать респиратор У-2К (Р-2), нужно:

- вынуть его из полиэтиленового мешочка и проверить его исправность, надеть полумаску на лицо так, чтобы подбородок и нос разместились внутри нее, одна нерастягивающаяся тесьма оголовья располагалась бы на теменной части головы, а другая – на затылочной;
- с помощью пряжек, имеющихся на тесемках, отрегулировать их длину (для чего следует снять полумаску) таким образом, чтобы надетая полумаска плотно прилегала к лицу;
- на подогнанной надетой полумаске прижать концы носового зажима к носу.

Для проверки плотности прилегания респиратора к лицу необходимо плотно закрыть отверстия предохранительного экрана клапана выдоха ладо- нью и сделать легкий выдох. Если при этом по линии прилегания полумаски к лицу воздух не выходит, а лишь несколько раздувает респиратор, значит, он надет герметично. Если воздух проходит в области носа, то надо плотнее прижать концы носового зажима.

После снятия респиратора необходимо удалить пыль с наружной части полумаски с помощью щетки или вытряхиванием. Внутреннюю поверхность необходимо протереть и просушить, после чего респиратор необходимо вложить в полиэтиленовый пакет, который закрывается кольцом. Противоаэрозольный респиратор Ф-62Ш (однопатронный) – это средство индивидуальной защиты органов дыхания человека от различных видов промышленных пылей, он не защищает от газов, паров вредных ве- ществ, аэрозолей органических соединений. Предназначен для защиты от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, табачной пыли, пыли порошкообразных удобрений и интоксицидов, а также других видов пыли, не выделяющих токсичных газов. Широко применяется шахтерами. Респиратор противоаэрозольный ФА-2002

предназначен для защиты лица, глаз, органов дыхания от аэрозолей различной природы (пыль, дым, туман) при их суммарной концентрации не более 15 ПДК и при концентрации кислорода не менее 17 % (Рис. 7.8).



Ф-62Ш



ФА-2002

Рис. 7.8. Респираторы противоаэрозольные Ф-62Ш и ФА-2002

Универсальные респираторы

Газопылезащитные респираторы занимают как бы промежуточное положение между респираторами противопылевыми и противогазами. Они легче, проще и удобнее в использовании, чем противогаз. Однако защищают только органы дыхания при концентрации вредных веществ не более 10–15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Вместе с тем такие респираторы во многих случаях довольно надежно предохраняют человека в газовой и пылегазовой среде.

Респиратор газопылезащитный РУ-60М (рис. 7.9) защищает органы дыхания от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе одновременно в виде паров, газов и аэрозолей (пыли, дыма, тумана).



Рис. 7.9. Респиратор газопылезащитный (РУ-60М)

Запрещается применять эти респираторы для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого, фосфористого, цианистого водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводородов (метан, этан), а также от веществ, которые в парогазообразном состоянии могут проникнуть в организм через неповрежденную

кожу. Респиратор РУ-60М состоит из резиновой полумаски, обтюратора, поглощающих патронов (марки А, В, КД, Г), пластмассовых манжет с клапанами вдоха, клапана выдоха с предохранительным экраном и оголовья. С этими респираторами разрешается работать в средах, где концентрация пыли не более 100 мг/м^3.

Противогазовые респираторы. Респиратор противогазовый (РПГ-

67) – это средство индивидуальной защиты, применяется на предприятиях химической, металлургической и в других отраслях производства при концентрациях вредных веществ, не превышаю-

щих 10–15 ПДК.

Газодымозащитный комплект. Статистика показывает, что пожары с большим количеством человеческих жертв чаще всего встречаются в гостиницах, театрах, универсамах, ресторанах, вечерних клубах, учебных заведениях, на предприятиях, использующих легковоспламеняю- щиеся материалы.

Помещения быстро заполняются окисью углерода и другими токсическими газами. Люди гибнут от отравлений. Чтобы защитить органы дыхания и глаза от ядовитых газов, а голову человека от огня при выходе из горящего помещения, создан специальный газодымозащитный комплект (Рис. 9.10).



Рис. 9.10 Газодымозащитный комплект

Газодымозащитный комплект (ГДЗК) состоит из огнестойкого капюшона с прозрачной смотровой пленкой. В нижней части расположена эластичная манжета.

Внутри капюшона находится резиновая полумаска, в которой закреплен фильтрующе-сорбирующий патрон с клапаном вдоха. ГДЗК имеет регулируемое оголовье. При надевании следует широко растянуть эластичную манжету и накинуть капюшон на голову так, чтобы

манжета плотно облегала шею, при этом длинные волосы заправляются под капюшон. Очки можно не снимать. ГДЗК обеспечивает защиту от окиси углерода и цианистого водорода не менее 15 мин. Сопротивление при вдохе при 30 л/мин – не более 149 Па (15 мм вод. ст). Масса 800 г. Комплект хранится в картонной коробке в пакете из трехслойной полиэтиленовой пленки.

Капюшон «Феникс» предназначен для самостоятельной эвакуации из мест возможного отравления химически опасными и вредными вещест- вами. Защищает от продуктов горения, аэрозолей, паров и газов, опасных химических веществ, образующихся при аварийных ситуациях (Рис. 9.11).

Самоспасатели СИП-1, СПИ-20, СПФ, «Экстремал ПРО» (Рис. 9.11) предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной и задымленной газовой среды. Применяются при экстренной эвакуации людей в случае террористических актов, а также с мест пожара в общественных зданиях, на транспорте, из жилых домов и т. п.



а *б* *в* *г*

Рис. 9.11. Самоспасатели:

а – СИП-1; б – СПИ-20; в – СПФ; г – капюшон «Феникс»; д – «Экстремал ПРО».

Самоспасатель противопожарный СИП-1 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и головы при самостоятельной эвакуации из помещений (гостиниц, высотных зданий, вагонов) во время пожара или при других аварийных ситуациях, от любых вредных веществ независимо от их концентрации и при недостатке кислорода в воздухе.

Порядок выполнения работы

1. Записать название и цель работы.
2. Законспектировать виды и назначение противогазов в виде табл. 7.3.

Таблица 7.3

Виды и назначение противогазов

Наименование и марка	Назначение, вид веществ, от которых защищает	Комплектация	Примечание*
Фильтрующие противогазы			
Гражданские			
ГП-5			
…			

… т. д.			

*В примечании указать, для каких возрастных групп предназначен, особенности мар- ки и т. п.

3. Указать правила пользования противогазами.

4. Измерить при помощи гибкого сантиметра лицевую часть головы и подобрать для себя размер противогаза ГП-5 (ГП-7) по росту.

5. Измерить при помощи гибкого сантиметра высоту своего лица и подобрать размер респиратора У-2К.

6. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2008. – 592 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрез- вычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

4. Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П. А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический проект : Трикста, 2005. – 480 с.

5. Вознесенский В. В. Средства защиты органов дыхания и кожи. Противога- зы, респираторы и защитная одежда, основы их эксплуатации : учеб. пособие. – М. : Воен. знания, 2010. – 80 с.

6. Семенов С. Н., Лысенко В. П. Проведение занятий по гражданской обороне : метод. пособие. – М. : Высш. шк., 1990. – 96 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

Наименование работы: Действия населения при ЧС военного характера.

Цель: изучить действия населения при ЧС военного характера при угрозе применения радиационного, химического или биологического оружия, определить применяемые средства индивидуальной защиты, обосновать выбор защитных сооружений.

Время: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: инструкционная карта, ручка, противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка

Методика выполнения

Задание:

1. Изучить индивидуальные средства защиты населения.

2. Изучить виды укрытий и правила поведения в убежищах и укрытиях.

3. Изучить применение СИЗ при угрозе применения химического и биологического оружия.

4. Отчет о работе оформить в виде плана-конспекта.

5. Заполнить таблицу.

№	ЧС	Опасность	Поражающие факторы	Основные средства защиты

Ядерное оружие – самое страшное оружие современности. Поражение людей при его применении зависит от того, где они находились в момент ядерного взрыва. Наиболее эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия являются убежища (укрытия). Находясь в убежищах (укрытиях), необходимо постоянно держать в готовности к немедленному использованию средства индивидуальной защиты. Средства

индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). К средствам защиты органов дыхания человека относятся противогазы (фильтрующие (рис.8.1.) и изолирующие (рис.2.)) и респираторы (рис.3.), а также простейшие средства защиты – противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) (рис.4.) и ватно-марлевые повязки (рис.5.), изготовляемые обычно силами самого населения.

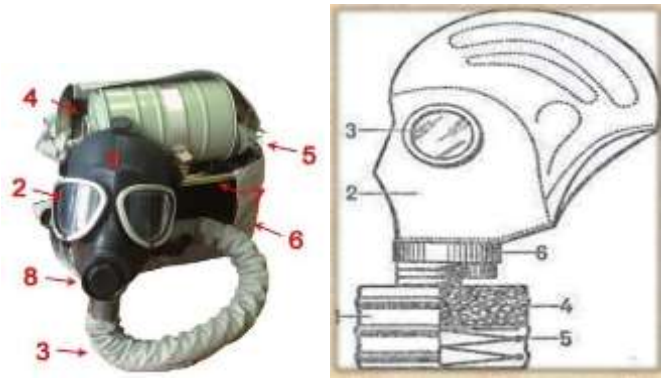


Рис. 8.1 Фильтрующий противогаз

1-фильтрующе-поглощающая коробка; 2-лицевая часть противогаза; 3-очковой узел; 4-шихга (обеспечивает поглощение паров и газов, и токсичных в-в); 5-ПАФ (противоаэрозольный фильтр); 6-клапанная коробка.



Рис.8.2. Изолирующий противогаз

1-лицевая часть, 2-очковый узел, 3-соеденительная трубка, 4-регенераторный патрон, 5-пусковое устройство патрона, 6-дыхательный мешок, 7-каркас, 8-устройство для переговоров.

Порядок надевания противогаза:

1. По команде «Газы!» задержите дыхание, не вдыхая воздух.

2. Закрыть глаза.

3. Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.

4. Вынуть пробку-заглушку из противогазной коробки.

5. Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные внутри.

6. Приложить нижнюю часть шлем-маски на подбородок.

7. Резко натянуть противогаз на голову снизу-вверх.

8. Выдохнуть.

9. Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.

10. Перевести сумку на бок.

Снятие:

1. По команде «Отбой!» брать за фильтровальную коробку и, потянув сверху-вниз, снять его.

2. Убрать противогаз в противогазную сумку.

3. Застегнуть пуговицы.

Таблица 8.0

Подбор размера противогаза

Обхват головы	Размер противогаза
До 63	0
63,5-65,5	1
66-68	2
68,5-70,5	3
71 и более	4

В качестве защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и различных вредных аэрозолей могут быть использованы респираторы. Они просты в применении, малогабаритны и рассчитаны на массовое применение. Широко используются при выполнении работ, связанных с пылеобразованием.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, снабженную двумя клапанами вдоха, клапаном выхода (с предохранительным экраном),

оголовьем, состоящим из эластичных растягивающихся (и не растягивающихся) тесемок, и носовым зажимом. Работать в нем можно до 12 ч

Респираторы Р-2 изготовляются трех ростов -1,2 и 3-го, которые обозначаются внутренней подбородочной части полумаски.

Простейшими средствами защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и биологических средств (при действиях во вторичном облаке) являются противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис.8.3).

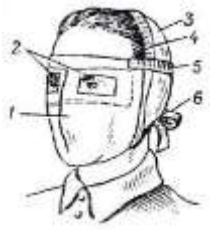


Рис.8.3. Противопыльная тканевая маска

1-корпус маски, 2-смотровые отверстия, 3-крепления, 4-резиновая тесьма, 5-поперечная резинка, 6-завязки.

И ватно-марлевая повязка (рис.8.4.) От ОВ (отравляющих веществ) они не защищают. Их изготавливает преимущественно само население. Маска состоит из корпуса и крепления. Корпус шьется из двух одинаковых по форме тканевых фильтрующих половинок, собранных на 4-5 слоев. На нем имеются смотровые отверстия со вставленными стеклами. Крепится маска на голове при помощи вставленной резинки и двух завязок.

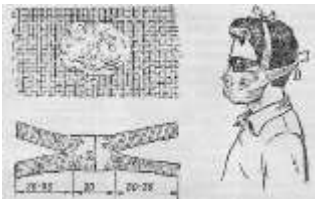


Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

Ватно-марлевая повязка изготовляется из куска марли размером 100 х50 см и ваты. На марлю накладывают слой ваты толщиной 2-3 см, длинной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы марли разрезают на 30-35 см с каждой стороны, чтобы образовались две пары завязок. Марлевые повязки делают из 10-12 слоев марли. Они шьются также в

виде маски, закрывающей лицо или только подбородок, нос и рот. Для защиты глаз используются противопыльные очки.



Рис.8.5.Защитные очки

К средствам индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), в первую очередь, относятся защитные очки, предохраняющие от пыли, твердых частиц, химически неагрессивных жидкостей и газов, от слепящего яркого света, ультрафиолетового, инфракрасного излучения и от сочетания излучений указанных видов с воздействия летящих твердых частиц, а так же очкизащищающие от лазерного излучения и других опасных факторов.

К **средствам индивидуальной защиты кожи (СИЗК)** относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой комплексный защитный костюм (ОКЗК), общевойсковой защитный комплекс (ОЗК) (рис.8.6.), легкий защитный костюм (Л-1) , защитный комбинезон или костюм.



Рис. 7. Общевойсковой защитный комплект: 1 — защитный плащ; 2, 3 — защитные перчатки; 4 — защитные чулки

Рис. 8. Легкий защитный костюм Л-1: 1 — рубаха с капюшоном; 2 — брюки с защитными чулками; 3 — подшлемник; 4 — перчатки

Комплект защитной фильтрующей одежды

Рис. 8.6 Защитный костюм

Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК) предназначен для комплексной защиты от светового излучения и радиоактивной пыли, паров и аэрозолей ОВ и биологических аэрозолей. Он состоит из пропитанных специальным составом куртки, брюк, защитного белья, головного убора, подшлемника.

Простейшие средства защиты кожи применяются при отсутствии табельных средств. Может быть использована прежде всего производственная одежда (спецовка) – куртка и брюки, комбинезоны, халаты с капюшоном, сшитые из брезента, огнезащитной или прорезиненной ткани, грубого сукна. Они способны не только защищать от попадания на кожу людей радиоактивных веществ и биологических средств, но и не пропускать в течение некоторого времени капельножидких отравляющих веществ.

Обычная одежда, обработанная специальной пропиткой, может защищать и от паров отравляющих веществ. В качестве пропитки используют моющие средства или мыльно-масляную эмульсию. Основные представители неионогенных моющих средств – ОП-7 и ОП-10 (ОП-7иОП-10 - вспомогательные вещества, представляющие собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10 относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам. Применяются в качестве смачивающих, эмульсирующих, стабилизирующих поверхностно-активных веществ. Хорошо растворимы в воде). Синтетические моющие средства в чистом виде используются редко и служат исходным материалом для приготовления моющих средств, которые состоят из моющего вещества, активных добавок (соли фосфорной кислоты, сульфат натрия, метасиликат натрия и др.) и веществ, предохраняющих кожу (карбоксиметилцеллюлоза, дермоланы – высокомолекулярные циклические соединения, содержащие группы SO_2,NH_4,далгоны – конденсированные фосфаты).

Придать повседневной одежде защитные от отравляющих веществ свойства можно, пропитав ее раствором, который может быть приготовлен в домашних условиях. 2,5-3 л раствора, необходимого для пропитки одного комплекта одежды, можно получить если растворить 250-300 г измельченного хозяйственного мыла в 2-3 л горячей воды (60-70 ° С), добавить в раствор 0,5 л минерального (машинного) и другого масла и, подогревая,перемешивать раствор до получения однородной мыльно-масляной эмульсии. Одежду помещают в большую емкость (бак, ведро) и заливают раствором. Пропитанная одежда отжимается и просушивается (утюжке не подлежит).

В летную жаркую погоду необходимо соблюдать установленные сроки работы в защитной одежде. Зимой для предупреждения обмораживания следует надевать ее на ватник, использовать подшлемник, теплые портянки, в резиновые сапоги подкладывать теплые стельки, защитные перчатки одевать поверх обычных шерстяных или фланелевых. Обычно длительность пребывания людей в убежищах зависит от степени радиоактивного заражения местности. Если убежище находится в зоне заражения с уровнями радиации от 8 до 80 Р/ччерез один час после ядерного взрыва, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток (рис.8.7) .



Рис.8. 7. Ватно-марлевая повязка

В зоне заражения с уровнями радиации от 80 до 240 Р/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 сут. В зоне заражения с уровнем радиации 240 Р/ч и выше это время составит 3 сут. и более. По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 сут. (в зависимости от уровней радиации в зонах

заражения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки.

В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать СИЗОД. Чтобы благополучно пережить указанные сроки пребывания в убежищах, необходимо иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 сут. (крупы, сахар и соль, галеты, сухари, консервы, макаронные изделия, мука, сухофрукты, шоколад, подсолнечное масло, мед, варенье. уксус, вода)), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

Если в результате ядерного взрыва убежище (укрытие) окажется поврежденным, принимают меры к быстрому выходу из него, надев СИЗОД. Если основным и ли запасным выходом воспользоваться невозможно, приступают к расчистке одного из заваленных выходов или к проделыванию выхода. После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного заражения) необходимо провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивную пыль. При частичной дезактивации следует осторожно снять одежду, ни в коем случае не снимая СИЗОД. Встав спиной к ветру, вытряхнуть ее, развесить одежду на перекладине или веревке и обмести с нее пыль сверху вниз с помощью щетки или веника. Одежду можно выколачивать и палкой.

После этого следует продезактивировать обувь: протереть тряпками и ветошью, смоченными водой, очистить веником или щеткой. Резиновую обувь можно мыть. Противогаз дезактивируют в особой последовательности. Фильтрующе-поглощающую коробку вынимают из сумки, сумку тщательно вытряхивают. Затем тампоном, смоченным мыльной воде, моющим раствором или жидкостью из противохимического пакета обрабатывают фильтрующе-поглощающую коробку, соединительную трубку и наружную поверхность шлема-маски (маски). Лишь после этого противогаз снимают.

Противопыльные тканевые маски при дезактивации тщательно вытряхивают, чистят щетками, при возможности полощут или стирают в воде. Зараженные ватно-марлевые повязки сжигают. При частичной санитарной обработке открытые участки тела: руки, лицо, шею, глаза обмывают незараженной водой. Нос, рот и горло полощут. Важно, чтобы при обмывке лица зараженная вода не попала в глаза, рот и нос. При недостатке воды обработку проводят путем многократного протирания участков тела тампонами из марли (ваты, пакли, ветоши), смоченными незараженной водой. Протирание следует проводить сверху вниз. каждый раз переворачивая тампон чистой стороной. Зимой может использоваться незараженный снег.

Летом санитарную обработку можно организовать в реке или другом проточном водоеме. Частичная дезактивация и санитарная обработка, проводимые в одноразовом порядке, не всегда гарантируют полное удаление радиоактивной пыли. Потому после их проведения обязательно проводится дозиметрический контроль. Если заражение одежды и тела окажется выше допустимой нормы, частичные дезактивацию и санитарную обработку повторяют. В необходимых случаях проводится полная санитарная обработка. Своевременно проведенные частичные дезактивация и санитарная обработка могут полностью предотвратить или сильно снизить степень поражения людей радиоактивными веществами.

Если люди во время ядерного взрыва находятся вне убежища укрытия, следует использовать естественные ближайшие укрытия (рис.10). Если таких укрытий нет, надо повернуться к взрыву спиной, лечь на землю лицом вниз, руки спрятать под себя. Через 15-20 с. после взрыва, когда пройдет ударная волна, следует встать и немедленно надеть противогаз, респиратор или какое-либо другое СИЗОД. В случае отсутствия специальных средств следует закрыть рот и нос платком, шарфом или плотным материалом.

Задача состоит в том, чтобы исключить попадание внутрь организма радиоактивных веществ. Их поражающее действие бывает значительным в

течение длительного времени, поскольку выведение их из организма происходит медленно. Далее необходимо стряхнуть осевшую на одежду и обувь пыль, надеть имеющиеся средства защиты кожи.

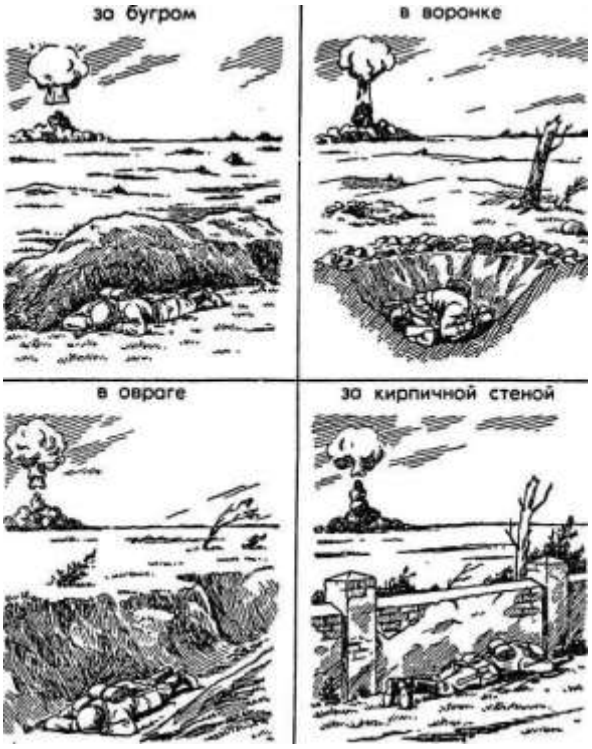


Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

Для этого можно использовать имеющиеся одежду и обувь. Затем следует побыстрее покинуть очаг поражения или укрыться в ближайшем защитном сооружении.

Оставаться на зараженной радиоактивными веществами местности вне убежищ (укрытий), несмотря на использование средств индивидуальной защиты, опасно. Это сопряжено с возможностью облучения и, как следствие, развития лучевой болезни. В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами в зонах заражения запрещается принимать пищу, пить и курить. Приготовление пиши должно вестись на незараженной местности или, в крайнем случае, на местности, где уровень радиации не превышает 1 Р/ч. При выходе из очага поражения необходимо учитывать, что в результате ядерных взрывов разрушаются здания, сети коммунального хозяйства. При этом отдельные элементы зданий могут обрушиться через

некоторое время после взрыва. Продвигаться надо посередине улицы, стараясь возможно быстрее попасть в безопасное место. Нельзя трогать электропровода. Направление движения из очага поражения следует выбирать, ориентируясь на знаки ограждения, расставленные разведкой гражданской обороны. Они ведут всторону снижения уровней радиации. Двигаясь по зараженной территории, надо стараться не поднимать пыли, обходить лужи, не создавать брызг.

В результате применения химического оружия возникают очаги химического поражения-территории, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей и сельскохозяйственных животных. Размеры очага зависят от масштаба и способа применения БТХВ (боевые токсичные химические вещества - это химические соединения, которые способны поражать людей и животных на больших площадях, проникать в различные сооружения, заражать местность и водоемы), его типа метеорологических условий, рельефа местности. Особенно опасны стойкие БТХВ нервнопаралитического действия. Их пары распространяются по ветру на довольно большое расстояние (15-25 км и более). Поэтому люди и животные могут быть поражены ими не только в районе применения химических боеприпасов, но и далеко за его пределами. Длительность поражающего действия БТХВ тем меньше, чем сильнее ветер и восходящие потоки воздуха. В лесах, парках, оврагах, на узких улицах они сохраняются дольше, чем на открытой местности. Современные отравляющие вещества обладают чрезвычайно высокой токсичностью.

При обнаружении признаков применения противником отравляющих веществ, далее ОВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости - средства защиты кожи. Если поблизости имеется убежище, нужно укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища. Эта мера предосторожности исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимают после входа в убежище.

При пользовании укрытием, например, подвалом, не следует забывать, что оно м служить защитой лишь от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ. Однако оно не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. Находясь в таких укрытиях, при наружном заражении обязательно надо воспользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты - противогазы и средства защиты кожи и выйти за пределы очага поражения по направлениям, обозначенным специальными указателями. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует перпендикулярно направлению ветра.

На зараженной ОВ территории надо двигаться быстро, но не пыль (брызги). Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам. Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. Особо осторожно нужно двигаться через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров ОВ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам,тоннелям, трубопроводам.

ОВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли ОВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или тщательно промыть теплой водой с мылом. После выхода из очага

химического поражения немедленно проводится полная санитарная обработка. Если это невозможно, проводятся частичные дегазация и санитарная обработка.

Очагом биологического поражения считаются территорииподвергшиеся непосредственному воздействию бактериальных (биологических) средств, создающих источник распространения инфекционных заболеваний. Заражение людей и животных происходит в результате вдыхания зараженного воздуха, попадания микробов или токсинов на слизистую оболочку и поврежденную кожу, употребления в пищу зараженных продуктов питания и воды.

Причиной заражения могут быть укусы зараженных насекомых и клещей, соприкосновения с зараженными предметами, ранения осколками боеприпасов, снаряженных БС (биологические средства поражения - общее название болезнетворных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, предназначенных для использования в системах биологического оружия с целью поражения людей, животных и растений). Заражение возможно также в результате непосредственного общения с больными людьми (животными). Ряд заболеваний быстро передается от больных людей к здоровым и вызывает эпидемии (чума, холера, тиф, грипп и др.). К основным средствам защиты населения от биологического оружия относятся вакциносывороточные препараты, антибиотики, сульфамидные и другие лекарственные вещества, используемые для специальной и экстренной профилактики инфекционных болезней.

Употребимы такие средства индивидуальной и коллективной защиты. Своевременное и правильное применение средств индивидуальной защиты и защитных сооружений предохранит от попадания БС в органы дыхания, на кожные покровы и одежду. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарно-гигиенических требований к питанию и водоснабжению населения. Приготовление и прием питии должны исключать возможность ее заражения бактериальными средствами. Посуду необходимо мыть дезинфицирующими растворами или обрабатывать кипячением. В случае

применения противником биологического оружия возможно возникновение значительного количества инфекционных заболеваний.

Основными формами борьбы с эпидемиями являются обсервация и карантин. Делается это в тех случаях, когда примененные возбудители болезней относятся к особо опасным (чума, холера и др.). Карантинный режим предусматривает полную изоляцию очага поражения от окружающего населения. Это наиболее эффективный способ противодействия распространению инфекционных заболеваний. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, выход людей, вывод животных и вывоз имущества запрещаются. Транзитный проезд транспорта через очаги поражения запрещается. Объекты экономики переходят на особый режим работы со строгим выполнением противоэпидемических требований. Рабочие смены разбиваются на отдельные группы как можно более малочисленные по составу. Контакт между ними сокращается до минимума. Питание и отдых рабочих и служащих организуются по группам в специально отведенных для этого помещениях. Работа учебных заведений, зрелищных учреждений, рынков и т.д. прекращается. Людям не разрешается без крайней необходимости выходить их своих квартир. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются им специальными командами.

При выполнении срочных работ вне зданий люди должны быть обязательно в средствах индивидуальной защиты. Если установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных, вместо карантина применяется обсервация. Она предусматривает медицинское наблюдение за очагом поражения и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Изоляционно-ограничительные меры при обсервации менее строгие: организуются дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

Дезинфекция имеет целью обеззараживание объектов внешней среды, которые необходимы для нормальной деятельности и безопасного нахождения людей. Для дезинфекции применяются растворы хлорной извести и хлорамина,

лизол, формалин, могут использоваться горячая вода (с мылом или содой) и пар.

Дезинсекция и дератизация-это мероприятия, связанные соответственно с уничтожением насекомых и истреблением грызунов, которые являются переносчиками инфекционных заболеваний. Для уничтожения насекомых применяют физические (кипячение, проглаживание накаленным утюгом и др.), химические (применение дезинсектирующих средств) и комбинированные способы.

Истребление грызунов в большинстве случаев проводят с помощью механических приспособлений (ловушек различных типов) и химических препаратов. После проведения дезинфекции, дезинсекции и дератизации проводится полная санитарная обработка лиц, принимавших участие в осуществлении названных мероприятий. При необходимости организуется санитарная обработка и остального населения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите СИЗОД.
2. Перечислите СИЗ кожи.
3. Назовите порядок изготовления ВМП.
4. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?
5. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?
6. Что относится к основным средством защиты населения от биологического оружия?
7. Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?
8. Какие действия предполагает санитарная обработка?
9. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. – 3-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013. – 320 с.: ил.

2. Безопасности жизнедеятельности: учебник / Е.А. Арустамов. – 9-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013 с.: ис.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Одобрены на заседании кафедры Безопасности горного производства	Рассмотрены методической комиссией Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 16.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА……..…..4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ……..……...….5
ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ……...……..5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ
СИТУАЦИЯХ……...5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ……...……..5
ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ…….5
УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ…….5
СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ…….,……..5
НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА……. ……..5
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА…….…… ……..6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ…….…….,,,,,……7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….,,…..11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……,,,.12

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т.е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачет. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебникам освойте каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные понятия и определения. Характеристика форм трудовой деятельности. Опасности среды обитания. Основные положения теории риска. Системный анализ безопасности. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности.

ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ

Анатомо-физиологическая характеристика человека. Анализаторы человека. Защитные механизмы организма.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Гелиофизические и метеорологические факторы. Производственная пыль. Механические опасности. Опасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Механические колебания и волны. Электробезопасность. Электромагнитные излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Химические опасности. Биологические опасности. Психологические опасности. Экологические опасности. Социальные опасности. Санитарно-гигиенические требования к устройству и содержанию предприятий.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Общая характеристика чрезвычайных ситуаций. Стихийные бедствия. Аварии на особо опасных объектах экономики. Аварии на объектах горной промышленности и подземных геологоразведочных работ. Чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения. Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Заболеваемость. Травматизм. Методы анализа травматизма.

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Правовые основы обеспечения безопасности деятельности. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий труда. Время отдыха. Подготовка работников к безопасному труду. Система управления охраной труда на предприятии. Экономические аспекты охраны труда.

СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ

НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА

• КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные термины теории безопасности деятельности, дайте их определения.
2. Охарактеризуйте основные формы трудовой деятельности.
3. Что понимают под опасностью среды обитания? Как классифицируют опасности?
4. Сформулируйте аксиому о потенциальной опасности деятельности.
5. В чем состоит идентификация (распознавание) опасности?
6. Что такое квантификация опасностей?
7. Назовите методы анализа безопасности деятельности.
8. Приведите примеры расчета производственного риска.
9. В чем заключается концепция приемлемого риска?
10. Что такое управление риском?
11. Охарактеризуйте системный анализ безопасности деятельности.
12. Перечислите принципы, методы и средства обеспечения безопасности.
13. Изложите сущность естественной системы защиты человека от опасностей.
14. Дайте анатомо-физиологическую характеристику человека.
15. Какова роль анализаторов человека в обеспечении безопасности его деятельности?
16. Опишите зрительный, слуховой и обонятельный анализаторы.
17. Опишите вестибулярный, кинестетический и кожный анализаторы.
18. Что понимают под защитными механизмами человеческого организма?
19. Охарактеризуйте действие гелиофизических и метеорологических факторов на человека.
20. Какое действие оказывают высокие и низкие температуры, повышенная и пониженная влажность на организм человека?
21. Как действуют на организм человека вредные газы и пары?
22. В чем заключается вредное действие производственной пыли на организм? Как ведется борьба с пылью?
23. Назовите средства индивидуальной защиты работающих от пыли.
24. Как классифицируют механические опасности?
25. Перечислите методы и средства защиты от механических опасностей.
26. Укажите, как обеспечивается безопасность при эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
27. Охарактеризуйте действие инфразвука и ультразвука на организм и меры защиты от них.
28. Объясните действие шума на организм. Перечислите методы и средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.

29. Как борются с вибрацией на горных предприятиях?
30. Объясните действие электрического тока на организм человека.
31. Укажите опасности, связанные с применением электрического тока на горных предприятиях.
32. Назовите основные меры безопасности при эксплуатации электроустановок.
33. Перечислите средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током.
34. В чем состоит молниезащита зданий и сооружений?
35. Назовите способы защиты работающих от воздействия электрических и электромагнитных полей.
36. Укажите меры защиты от инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучений.
37. Как влияет освещение на условия труда? Перечислите виды освещения.
38. Укажите средства нормализации освещения производственных помещений, рабочих мест и горных выработок.
39. Охарактеризуйте виды ионизирующих излучений.
40. Назовите общие принципы защиты от ионизирующих излучений.
41. Охарактеризуйте методы и средства защиты от ионизирующих излучений.
42. Перечислите химические опасности (вредные вещества) и укажите меры защиты от них.
43. Назовите биологические опасности и меры защиты от них.
44. Что понимают под психологическими опасностями?
45. Какие естественные факторы воздействуют на биосферу Земли?
46. В чем заключается антропогенное воздействие на природу?
47. Назовите методы и средства обеспечения экологической безопасности на горных предприятиях.
48. Какие санитарно-гигиенические требования предъявляются к устройству и содержанию предприятий?
49. Что такое чрезвычайная ситуация?
50. Перечислите признаки, характеризующие чрезвычайные ситуации.
51. Как классифицируют чрезвычайные ситуации по причинам возникновения?
52. Охарактеризуйте стихийные бедствия. Укажите мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий.
53. Перечислите виды аварий на особо опасных объектах экономики (народного хозяйства). В чем заключается профилактика возникновения аварий на таких объектах?
54. Какие аварии происходят на объектах горной промышленности? Укажите методы профилактики и ликвидации таких аварий.
55. Охарактеризуйте чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения.

56. Перечислите основные принципы и способы защиты населения от чрезвычайных ситуаций.
57. Какие действия надлежит выполнить населению при стихийных бедствиях и авариях?
58. Укажите действия населения при возникновении угрозы нападения противника.
59. Какие действия должно выполнять население в очагах поражения и после выхода из них?
60. Какие факторы влияют на устойчивость функционирования объектов экономики?
61. Перечислите основные мероприятия по повышению устойчивости функционирования объектов экономики.
62. Назовите принципы организации и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.
63. Какие приемы и способы проведения АСиДНР используются в очагах поражения?
64. Перечислите меры безопасности при проведении АСиДНР.
65. По каким признакам классифицируют травмы и несчастные случаи на производстве?
66. Перечислите причины травматизма.
67. Укажите причины несчастных случаев на шахтах.
68. Опишите порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве.
69. В чем заключается профилактика травматизма?
70. Какие методы используются при анализе травматизма?
71. Как расследуются профессиональные заболевания?
72. Кто назначает комиссию по расследованию профессионального заболевания?
73. Каким образом определяется окончательный диагноз острого профессионального заболевания?
74. Назовите меры профилактики профессиональных заболеваний.
75. Назовите меры профилактики производственного травматизма.
76. Изложите правовые основы обеспечения безопасности деятельности.
77. Какие обязанности возложены на администрацию предприятия по обеспечению охраны труда?
78. Перечислите виды подготовки работников к безопасному труду.
79. Что понимают под системой управления охраной труда на предприятиях?
80. Назовите основные нормативные документы, обеспечивающие безопасность деятельности.
81. Какова продолжительность ежедневной работы?
82. Какова профессиональная подготовка работников к безопасному труду?

83. Опишите систему управления охраной труда.
84. Назовите фонды охраны труда.
85. Чем обусловливается эффективность мероприятий по охране труда?
86. Опишите медицинское обслуживание работников.
87. Какие существуют льготы и компенсации за вредные и опасные условия труда?
88. Поясните суть обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.
89. Назовите обязательные принципы обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.
90. Кто имеет право на получение страховых выплат в случае смерти застрахованного?
91. Как осуществляются страховые выплаты по социальному страхованию?
92. Как начисляется пособие по временной нетрудоспособности?
93. Каков порядок привлечения к дисциплинарной ответственности?
94. Кто может привлекать к дисциплинарной ответственности.
95. Кто может привлекать к административной ответственности?
96. В каких случаях привлекают к уголовной ответственности?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удается. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебное пособие / В.В. Токмаков, Ю.Ф. Килин, А.М. Кузнецов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 272 с.

Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В.А. Подюков, В.В. Токмаков, В.М. Куликов ; под ред. В.В. Токмакова ; Уральский государственный горный уни-верситет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник. 5-е изд., исправл. и доп. – М.: Изд-во «Юрай», 2015. – 702с.

Безопасность жизнедеятельности: энциклопедический словарь / под ред. проф. Русака О. Н. – СПб.: Инф-изд. агент «Лик», 2003.

Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин, М. А. Сребный / под ред. К. З. Ушакова. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 430 с.

Воронов Е. Т., Резник Ю. Н., Бондарь И. А. Безопасность жизнедеятельности. Теоретические основы БЖД. Охрана труда: учебное пособие. – Чита: Изд-во ЧитГУ, 2010. – 390 с.

Занько Н. К., Малаян К. Р., Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник. – М.: Лань, 2012. – 672 с.

Субботин А. И. Управление безопасностью труда: учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2014. – 266 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрен на заседании кафедры
Физической культуры
(название кафедры)
Протокол № 10 от 03.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……....9
Критерии оценивания контрольной работы ……9
Образец титульного листа ……..……...10

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен 1 вариант контрольной работы.

Содержание контрольной работы

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность

		В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы

		Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя

42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Физической культуры	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Шулиманов Д.Ф.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 14 от 03.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины ……......3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению теста ……..…….....3
Содержание теста…….....3
Содержание опроса…….....9
Выполнение работы над ошибками……...……..11

Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен, тест, вопросы для проведения опроса.

Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений

		Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы

		Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя

42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.
20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.

24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.
81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.

86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данного теста. Тесты, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Физической культуры	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Шулиманов Д.Ф.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 10 от 03.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……..10
Критерии оценивания контрольной работы ……...10
Образец титульного листа …….……...11

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «элективные курсы по физической культуре и спорту» представлено 2 варианта контрольной работы.

Содержание контрольной работы

Вопросы для групповой дискуссии

1 .Что можно отнести к средствам физического воспитания?
2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека
3. Чем отличается спорт от физической культуры?
4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?
5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?
6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия
7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?
8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

Контрольная работа №1

Вариант 1

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:

а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.

2. Физическое воспитание – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;

б) приобщение человека к физической культуре;

в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.

3. Чем спорт отличается от физической культуры:

а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.

4 Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;
г) систематичности;

5 Под физическим развитием понимается:

а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;
б) размеры мускулатуры, форма тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность;
в) процесс совершенствования физических качеств, при выполнении физических упражнений;
г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

2. Состояние здоровья обусловлено:

а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;
в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.

3. Что не относятся к внешним факторам, влияющим на человека:

а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;
г) биологические факторы.

4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.

5. К активному отдыху относится:

а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическими упражнениями называются:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.

3. Физические упражнения являются:

а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;
в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.

4. Что не относится к методам физического воспитания:

а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;
г) самостоятельный.

5. Метод в физической культуре – это

а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;
б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;
в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;
г) способ применения физических упражнений.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Физическая подготовка – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

2. К основным физическим качествам относятся:

а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.

3. Различают гибкость:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) простую и сложную.

4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.

5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

Вариант 2

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:

а) на интеллектуальные способности;
б) на удовлетворение социальных потребностей;
в) на воспитание лидерских качеств;
г) на полноценное физическое развитие.

2. Физическая культура – это:

а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
б) часть наука о природе двигательной деятельности человека
в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.

3. Что не относиться к компонентам физической культуры:

а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура;
г) гигиеническая физическая культура.

4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:

а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:

а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
б) инструктивно-методические знания;
в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
г) все вышеперечисленное.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Что понимается под закаливанием:

а) купание в холодной воде и хождение босиком;
б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
г) укрепление здоровья.

2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:

а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.

4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

а) защита внутренней среды организма; б) теплорегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ; г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

а) обеспечивает ритмичность работы организма;
б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическое упражнение - это:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относиться к средствам физического воспитания:

а) физические упражнения;
б) подвижные игры;
в) соревнования;
в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

а) сознательность и активность;
б) наглядность и доступность;
в) систематичность и динамичность;
г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует повышению работоспособности, потому что:

а) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости;
б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации;
в) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения;
г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
б) подвижные и спортивные игры;
в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) статическую и динамическую.

Контрольная работа №2

Вариант 1

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.

2. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:

а) фехтование;
б) баскетбол;
в) фигурное катание;
г) художественная гимнастика.

3. Количество игроков одной команды в волейболе на площадке:

а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.

4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:

а) по частоте дыхания;
б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
в) по объему выполненной работы.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:

а) двигательное умение;
б) массовый спорт;
в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Как дозируются упражнения на гибкость:

а) до появления пота;
б) до снижения амплитуды движений;
в) по 12-16 циклов движений;
г) до появления болевых ощущений.

3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:

а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
б) они выполняются до утомления;
в) они вызывают значительное напряжение мышц;
г) они выполняются медленно.

4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:

а) в фигурном катании;
б) в пауэрлифтинге;
в) в художественной гимнастике;
г) в лыжном спорте.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:

а) обеспечивают усиленную работу мышц;

б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.

2. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин;
б) 130 – 150 уд/мин;
в) 150 – 170 уд/мин;
г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:

а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
в) подготовка организма к предстоящей работе;
г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) производственная физическая культура;
г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:

а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:

а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Вариант 2

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:

а) педагогический поэтапный контроль;
б) педагогический текущий контроль;
в) педагогический оперативный контроль;
г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:

а) упражнения на гибкость;
б) дыхательные упражнения;
в) упражнения с отягощением;
г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:

а) за час до приема пищи;
б) после сна натощак;
в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:

а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
б) контроля родителей;
в) лично спортсмену;
г) лично тренеру.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. К циклическим видам спорта не относится:

а) волейбол;
б) стайерский бег;
в) плавание;
г) спортивная ходьба.

2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:

а) спортивная гимнастика;
б) лыжный спорт;
в) триатлон;
г) атлетическая гимнастика.

3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:

а) упражнения на развитие выносливости;
б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
в) бег и общеразвивающие упражнения.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:

а) способность сохранять равновесие;
б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.

2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:

а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.

3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:

а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
б) степень преодолеваемых при их выполнении трудностей;
в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
г) частотой сердечных сокращений.

4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;
б) производственная физическая культура;
в) спорт высших достижений;
г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это

а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;

б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;

в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;

г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.

3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:

а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 40 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

20-40 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-19 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры
Физической культуры
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Шулиманов Д.Ф.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 10 от 03.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом ……..3
1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий ……...3
1.1.1. Утренняя физическая гимнастика……3
1.1.2. Упражнения в течение учебного дня……4
1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия……..4
1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий……5
1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин……6
1.2 Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма……..7
1.2.1 Оценка физического развития……...9
1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)..……10
2. Другие виды самостоятельной работы
2.1 Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности…….……12
2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 м)…….12
2.1.2 Техника выполнения упражнения……...12
2.1.3 Методы самостоятельной тренировки…….....13
2.1.4. Средства тренировки быстроты……..13
2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива……...14
2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин …….……...15
2.2.1. Техника выполнения упражнения……..15
2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин……..……...15
2.3.1. Техника выполнения упражнения……..15
2.3.2. Методы развития силы……16
2.4. Тест на общую выносливость (бег 2000 и 3000 м)……..17
2.4.1. Техника бега на длинные дистанции……..17
2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения Самостоятельных тренировок……..18
3.Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности……..……..….....21

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом

1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).

2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.

3. Самостоятельные тренировочные занятия.

1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;

- со значительными отягощениями;

- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);

- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;

- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;

- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);

- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на од-ной и двух ногах и др.;

- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;

- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.

2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.

3. Нагружать неработающие мышцы.

1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);

- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;

- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяться по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого, расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;

- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;

- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)

- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:

- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна 220-18=202 уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;

- через 3 мин. – на 30%;

- через 5 мин. – на 50%,

- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;

- степень его соответствия полу и возрасту;

- имеющиеся отклонения;

- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.

Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель

- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;

- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%

- для женщин - 48-50%.

1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общее требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.

2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.

3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;

- хорошо – 20-40%;

- удовлетворительно – 40-65%;

- плохо – 66-75%;

- более 75%.

Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);

- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);

- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на вдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	90 сек	80 сек
Хорошо	80-89 сек	70-79 сек
Удовлетворительно	50-79 сек	40-69 сек
Неудовлетворительно	50 и ниже	40 и ниже

Проба Генча

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	45 сек	35 сек
Хорошо	40-44 сек	30-34 сек
Удовлетворительно	30-39 сек	20-29 сек
Неудовлетворительно	30 и ниже	20 и ниже

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

2. Другие виды самостоятельной работы

2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности

2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15.7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 -3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

2.1.2. Техника выполнения упражнения

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;

- бег по дистанции;

- финиширование.

Старт и стартовый разгон

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

Бег по дистанции

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.

2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.

2. Бег с «захлестыванием» голеней назад.

3. Семенящий бег.

4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).

5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.

6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);

- перебегать на соседние дорожки.

2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет», охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;

- фиксация его в вертикальном положении;

- опускание;

- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);

- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;

- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения

придется компенсировать за счет дополнительных мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;
- метод повторных усилий;
- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании. Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не

постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабейшей ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;
- избыточную массу тела;

- обувь, не пригодную для бега;

-грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становиться твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название «мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при

кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотно-щелочного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии, ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановки после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга, недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика – легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если

произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;

- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: врабатывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – врабатывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими

занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени врабатывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 4*
Маркшейдерское дело

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Иностранных языков и деловой коммуникации	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 17.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Контрольная работа по дисциплине «Русский язык и культура речи» является оценочным средством по Разделу 2. «Современный русский язык. Типология языковых норм».

Её задания направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ОПК-2 *(готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности).*

уметь	– узнавать диалектизмы, жаргонизмы, профессионализмы, просторечные слова и давать им верную для конкретной речевой ситуации оценку; – фиксировать в устной речи нарушения акцентологических, орфоэпических норм и исправлять допущенные ошибки; – находить речевые и грамматические ошибки в устной и письменной речи, устранять их; – соблюдать орфографические и пунктуационные нормы в своей письменной речи.
владеть	– навыками работы с ортологическими словарями; – навыками эффективного общения с соблюдением всех языковых и этических норм.

Для выполнения студентам может быть предложена 1) контрольная работа по орфографическим и пунктуационным нормам и 2) контрольная работа на разные типы языковых норм. Можно их рассматривать как две части одной большой контрольной работы по языковым нормам.

Контрольная работа по орфографическим и пунктуационным нормам

В данной контрольной работе студентам предлагается списать текст научного стиля, вставив пропущенные буквы, раскрыв скобки и расставив знаки препинания.

Пример варианта данной контрольной работы:

Контрольная работа по орфографическим и пунктуационным нормам
Вариант 1

<u>Задание</u>: пишите текст, вставив пропущенные буквы, раскрыв скобки и расставив знаки препинания.

Горные п…роды сл…гают поверхность (З, з)емли и уходят (в)глубь на десятки кил…ометров. Их изучением занимает…ся геология. (З, с)десь нужно ут…чнить пр…дмет этой одной из др…внейших естествен…ых наук. Геология в широком смысле слова наука о (З, з)емле. Но это определение слишком общее так как (З, з)емля являет…ся пр…дметом изучения ряда других наук астрономии геодезии (поч…во)ведения географии и т. д. (По)этому прав…льнее сказать что геология изучает верхнюю ч…сть нашей планеты называ…мую з…мной корой и…следуя ее состав стр…ение и процес…ы прот…кающие на ней с момента обр…зования до наш…х дней.

З…мная кора состоит из камней или горных п…род. Од…наковое ли зн…чение имеют эти н…звания? Камень это бытовое или т…хническое понятие и в геологии оно не

прим…няет…ся. Геологи пользуют…ся понятием «горная п…рода». Что(же) представляют собой горные п…роды? Это твердые мя…кие рыхлые и сыпучие мас…ивы из которых с…стоит верхняя об…лоч…ка (З, з)емли т…лщиной до 40-60 кил…ометров. Таким образом горная п…рода (в)отличи… от ж…тейского понимания слова «камень» вовсе (не)об…зательно твердая. (По)этому к горным п…родам относят…ся (не)только гранит извес…няк и другие крепкие п…роды но и пл…стич…ная глина и рыхлый п…сок. От горных п…род нужно отл…чать м…нералы природные химические соед…нения и (само)родные химические эл…менты. Они своего рода «кирпичи» из которых построен…о «(з, с)дание» горной п…роды.

О со…тношении между горными п…родами и м…нералами очень хорошо писал выд…ющийся (петро)граф Ф. Ю. Левинсон-Лессинг *если(бы) можно было сравнивать з…мную кору по сложности ее стр…ения и с…става с (не)которым сложным организмом можно было(бы) ск…зать что горные п…роды это ткани из которых построе(н, нн) наш организм а м…нералы сл…гающие его клетки*.

Перед контрольной работой рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения с целью повторения основных правил орфографии и пунктуации:

Меленскова Е. С. КУЛЬТУРА РЕЧИ И СТИЛИСТИКА РУССКОГО ЯЗЫКА: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 5-12 стр. 10-19

В случае возникновения трудностей при выполнении упражнений можно обратиться к следующим учебным пособиям:

Культура устной и письменной речи делового человека: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания). Раздел «Трудные случаи орфографии и пунктуации» стр. 135-148.

Миняева В. И. Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с. (и другие издания)

Контрольная работа на разные типы языковых норм

В данную контрольную работу включены задания, нацеленные на проверку владения акцентологическими, орфоэпическими, лексическими и грамматическими (словообразовательными, морфологическими, синтаксическими) нормами.

Пример варианта данной контрольной работы:

Контрольная работа по акцентологическим, орфоэпическим, лексическим и грамматическим нормам
Вариант 1

1. Расставьте ударения в следующих словах:

Асимметрия, важно, диспансер, звонит, ирис, обеспечение, откупорить, пуловер, склады, по средам.

2. Укажите произношение выделенного сочетания:

*Ал**чн**ый, ар**те**рия, двое**чн**ик, **де**дукция, **де**када, кое-**что**, Вера Кузьмини**чн**а, **те**мп,*

***те**ра**пе**вт, шапо**чн**ое знакомство.*

3. Найдите в следующих предложениях нарушения лексических норм. Запишите исправленный вариант:

1. В коллективе бригадир пользовался особым приоритетом. 2. Все герои романа Булгакова имеют свои индивидуальные черты. 3. Студенты долго не могли сдать «хвосты» за первую сессию. 4. Первая премьера этого фильма состоялась на «Четвертом канале». 5. В последнем письме к родителям сын выразил свои мысли более понятливо. 6. В последний раз на экзамене Стасу подфартило как никогда. 7. В моей жизни поступление в университет стало самым памятливым событием. 8. Религия вновь возродилась в нашей стране после распада СССР. 9. Чистота улиц Екатеринбурга в целом не прогрессировала от предпринимаемых администрацией города мер. 10. К четвергу нам задали написать эссе по отечественной истории и две письменные работы по химии и геодезии.

4. Найдите существительные, у которых неправильно определен род. Запишите словосочетания в исправленном виде.

Очередное НЛО, хрустальная бра, симпатичное колли, неудавшийся НЭП, далекое Мехико, упрямая недоросль, современный ТВ, сильный цунами, молодой коллега, серьезная завкафедрой, ответственные жюри, страшная зануда, индийский раджа, освещенное авеню, известная адвокат.

5. Образуйте форму родительного падежа множественного числа от следующих существительных:

Беляши, джинсы, гетры, кочерги, мечты, носки, татары, полотенца, чулки, яблоки, болгары, граммы, цыгане, сани, вафли.

6. Запишите прописью числительные в следующих предложениях:

1. В ходе проверки нарушения техники безопасности были выявлены на 3 545 предприятиях. 2. К августу мы гарантируем доставку товара на сумму 6 247 900 рублей. 3. В этом месяце прививки от гриппа были сделаны 283 сотрудникам и 534 студентам.

7. Найдите и исправьте нарушения грамматических норм в следующих предложениях:

1. Деревья росли по обоим сторонам улицы. 2. Руководство комбината потребовало доложить годовые итоги работы. 3. Выросло целое поколение, для которых Советский Союз является историей. 4. Окончив школу, мне захотелось пойти работать, а не продолжать учебу. 5. ООН принял к рассмотрению предложенный Россией документ. 6. Им руководила жажда к деятельности. 7. Говорят, что много лет потребуются на восстановление заповедника после пожара. 8. К концу соревнований в более лучшем положении оказалась команда «Москва». 9. Алёна не ответила ему, задумчиво следя за игрой волн, колыхая тяжелый баркас. 10. Перед нами новая интересная игрушка для детей из пластмассы.

Комментарии по заданиям.

1. В задании № 1 необходимо расставить ударения в предложенных словах или найти слова, в которых ударение поставлено неверно, и исправить.
2. В задании № 2 необходимо указать произношение выделенных сочетаний или найти слова, в которых неверно указано произношение, и исправить.
3. В задании № 3 проверяется владение лексическими нормами и умение исправлять речевые ошибки.

4. В задании № 4 проверяется умение студента определять род у существительных и аббревиатур: необходимо либо определить род у предложенных слов, либо найти словосочетания, в которых род определен неправильно, и исправить.
5. В задании № 5 проверяется умение студента образовывать две формы существительных: либо форму именительного падежа множественного числа, либо родительного падежа множественного числа. От студента требуется образовать необходимую форму или справить допущенные при образовании определенной формы ошибки.
6. В задании № 6 проверяются различные умения студентов в плане морфологических или синтаксических норм (образование той или иной части речи, склонение числительных, построение словосочетаний по типу управление, построение предложения с деепричастным оборотом и др.).
7. В задании № 7 необходимо найти в предложении допущенную синтаксическую или грамматическую ошибку и записать исправленный вариант.

Перед контрольной работой рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения, на основе которых данная работа составлена:

Меленскова Е. С. КУЛЬТУРА РЕЧИ И СТИЛИСТИКА РУССКОГО ЯЗЫКА: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)

Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)

Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)

Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Обе контрольных работы выполняются на отдельных листах и сдаются на проверку ведущему преподавателю. Критерии оценивания указаны в КОМ дисциплины «Русский язык и культура речи» для данной специальности и специализации.

Автор-составитель: Меленскова Е. С., кандидат филологических наук, доцент

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 4*
Маркшейдерское дело

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков
и деловой коммуникации
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

к. п. н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 6 от 17.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

Методические рекомендации к практическим занятиям

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе лекций, ознакомления с учебной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют более качественному усвоению знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы.

Приступая к подготовке к практическому занятию необходимо изучить соответствующие конспекты лекций по заданной теме, главы учебников или учебных пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (например, словарями). Конспектирование дополнительных источников также способствует более плодотворному усвоению учебного материала. Следует обращать внимание на основные понятия и классификации, актуальные для темы практического занятия.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студента. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения и проследить их логику. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Все это находит свое отражение в процессе выполнения итогового зачетного теста.

Очевидны три структурные части практического занятия: предваряющая (подготовка к занятию), непосредственно само практического занятия (обсуждение вопросов темы в группе, выполнение упражнений по теме) и завершающая часть (последующая работа студентов по устранению обнаружившихся пробелов). Не только само практическое занятие, но и предваряющая, и заключающая части его являются необходимыми звеньями целостной системы усвоения вынесенной на обсуждение темы.

Перед очередным практическим занятием целесообразно выполнить все задания, предназначенные для самостоятельного рассмотрения, изучить лекцию, соответствующую теме практического занятия. В процессе подготовки к практическому занятию закрепляются и уточняются уже известные и осваиваются новые знания. Столкнувшись в ходе подготовки с недостаточно понятными моментами темы, необходимо найти ответы самостоятельно или зафиксировать свои вопросы для постановки и уяснения их на самом практическом занятии.

В начале занятия следует задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении, поскольку всегда сначала студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия.

В ходе практического занятия каждый должен опираться на свои конспекты, сделанные на лекции или по учебникам и учебным пособиям, на самостоятельно выполненные упражнения по данной теме.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь/

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе прослушивания и запоминания лекционного материала, ознакомления с учебной и научной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют получению наиболее качественных знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы. Планы практических занятий состоят из отдельных тем, расположенных в соответствии с рабочей программой изучаемой дисциплины. Каждая тема включает следующие элементы:

- цель проведения занятия;
- теоретические вопросы, необходимые для усвоения темы;
- задания;
- список литературы по теме для подготовки к практическому занятию.

Работа на практических занятиях направлена на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам изучаемой дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (например, аналитических).

В ходе занятий у студентов формируются практические умения и навыки, отраженный в РУП.

Методические материалы к практическим занятиям

ТЕМА 1. СЛОВАРИ И СПРАВОЧНИКИ ПО КУЛЬТУРЕ РЕЧИ. СИСТЕМА СЛОВАРНЫХ ПОМЕТ

Цель – вспомнить классификацию словарей и проверить у студентов умение работать с ними (лексикографическая грамотность).

Основные понятия темы:

Лексикография – раздел науки о языке, занимающийся теорией и практикой составления словарей.
Энциклопедический словарь – книга, содержащая описание научных понятий и терминов, исторических событий, характеристику персоналий из разных областей или определенной области знания.
Лингвистический словарь – книга, содержащая собрание слов (морфем, фразеологизмов и т. д.), расположенных по определённому принципу (как правило, по алфавиту), и дающая сведения об их значениях, употреблении, происхождении, переводе на другой язык и т. п.
Словарная статья – отдельный текст, посвященный языковой единице (слову, морфеме и т. п.) или их группе (лексической группе, гнезду слов и т. п.).
Помета – применяемое в словарях сокращенное указание на какие-либо характерные признаки слова или его употребления.

Задание 1. *Прочитайте и сравните словарные статьи, взятые из разных словарей. Найдите общую и различающую их дополнительную информацию. Объясните, чем вызвано различие.*

ФАЗА – **1.** В геохимии: совокупность однородных частей системы, одинаковых по термодинамическим свойствам (тем, которые не зависят от количества вещества) и отграниченных от других частей поверхностью раздела. В природных процессах минералообразования могут принимать участие газовая Ф., жидкие Ф. и твердые Ф. – металлы. Системы, состоящие из одной Ф., называются однофазными, или гомогенными (напр., раствор различных солей в воде; кристалл кварца без включений; мономинеральная горная порода); состоящие из нескольких Ф. – многофазными, или гетерогенными (напр., раствор вместе с твердым осадком; кристалл кварца с газово-жидким включением; полиминеральная порода). **2.** В исторической геологии: термин, иногда употребляющийся для обозначения времени, соответствующего длительности накопления отложений, составляющих зону как часть яруса. Термин был условно принят в этом значении VIII сессией МГК в Париже в 1900 г., но не стал общепринятым. При изучении четвертичного периода иногда фазой называют время каждого отдельного оледенения и промежутков между ними (*Геологический толковый словарь*[1]).

ФА́ЗА, -ы, *ж.* [нем. Phase < греч. phasis появление (о небесных светилах)]. **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н., а также само положение, форма чего-н. в данный момент; то же, что фазис. *Новая ф. в развитии общества. Луна в первой фазе.* **2.**

[1] Геологический толковый словарь [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.edudic.ru/geo/

физ. Величина, характеризующая состояние какого-н. процесса в каждый момент времени. *Ф. колебания маятника. Газообразная ф. вещества.* **Фа́зовый** – относящийся к фазе (в 1-м и 2-м знач.), фазам. **3.** *эл.* Отдельная группа обмоток генератора. **Фа́зный** – относящийся к фазе, фазам. (Крысин Л. П. Толковый словарь иноязычных слов. М., 2001. С. 810).

ФА́ЗА, -ы, *ж.* **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н. (напр. положения планеты, формы или состояния вещества, периодического явления, общественного процесса), а также само положение, форма в этот момент (книжн.). *Первая ф. Луны. Жидкая ф. Газообразная ф. Ф. колебания маятника. Вступить в новую ф. развития.* **2.** Отдельная группа обмоток генератора (спец.). || *прил.* **фа́зовый**, -ая, -ое (к 1 знач.) *и* **фа́зный**, -ая, -ое (ко 2 знач.). ♦ **Фазовые глаголы** – в лингвистике: глаголы со значением начала, продолжения или окончания действия. (Ожегов С. И. и Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М., 2005. С. 847).

Задание 2. *Познакомьтесь с типами помет, используемых в толковых словарях. Объясните значение всех помет, приведенных в качестве примера.*

ТИПЫ ПОМЕТ ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ

Типы помет	**Примеры помет**	**Значение отсутствия помет**
1. Помета, указывающая на принадлежность к функциональному стилю	*науч., газет., публиц., оф.-дел., разг., книжн.* и др.	Слово межстилевое
2. Помета, указывающая на сферу употребления слова	*обл., прост., жарг.*, *спец.* и др.	Слово общеупотребительное
3. Помета, указывающая на принадлежность к активному / пассивному запасу	*устар., ист., арх.*, *нов.* и др.	Слово принадлежит к активному запасу
4. Помета, указывающая на эмоционально-экспрессивную окраску слова	*ласк., ирон., шутл., унич., бран., пренебр., высок., неодобр.* и др.	Слово нейтральное

Задание 3. *Прочитайте словарные статьи, извлеченные из толкового словаря современного русского языка. Укажите пометы и объясните, что они означают.*

Абориге́н, -а, *м.* (книжн.) – коренной житель страны, местности. || *ж.* **абориге́нка** (разг.)

Грамоте́й, -я, *м.* (устар. и ирон.) – грамотный человек.

Деяние, -я, *ср.* (высок. и спец.) – действие, поступок, свершение.

Жена́тик, -а, *м.* (прост. шутл.) – женатый человек (обычно о молодожене).

Иждиве́нчество, -а, *ср.* (неодобр.) – стремление во всем рассчитывать не на свои силы, а на помощь других, вообще жить за чужой счет.

Карапу́з, -а, *м.* (разг. шутл.) – толстый, пухлый малыш.

Кляча, -и, *ж.* (разг. пренебр.) – плохая (обычно старая) лошадь.

Ле́нчик, -а, *м.* (спец.) – деревянная основа седла.

Мате́рщина, -ы, *ж., собират.* (прост. груб.) – неприличная брань.

Му́шка, -и, *м.* (разг. ласк.) – то же, что медведь.

Небезызве́стный, -ая, -ое; -тен, -тна (обычно ирон.) – достаточно, хорошо известный.

Неулыба, -ы, *м.* и *ж.* (обл. и прост.) – человек, который редко улыбается, неулыбчив.

Новоде́л, -а, *м.* (разг.) – здание, сооружение, построенное на месте уничтоженного, исчезнувшего и воспроизводящее его прежний внешний вид.

Нувори́ш, -а, *м.* (книжн. презр.) – богач, наживший свое состояние на социальных переменах или бедствиях, на разорении других.

Общепи́т, -а, *м.* (офиц.) – сокращение: общественное питание – отрасль народного хозяйства, занимающаяся производством и продажей готовой пищи и полуфабрикатов. || *прил.* **общепи́товский**, -ая, -ое (разг.).

Остоло́п, -а, *м.* (прост. бран.) – глупец, болван.

Отчи́зна, -ы, *ж.* (высок.) – отечество, родина.

Побо́ры, -ов. **1.** Чрезмерные, непосильные налоги или сборы (устар.). **2.** *перен*. Неофициальные сборы средств на что-нибудь (разг. неодобр.).

Предуве́домить, -млю, -мишь; -мленный; *сов.*, *кого-что* (устар. и офиц.) – заранее уведомить.

Риста́лище, -а, *ср.* (стар.) – площадь для гимнастических, конных и других состязаний, а также само такое состязание.

Сва́ра, -ы, *ж.* (прост.) – шумная перебранка, ссора.

Торга́ш, -а, *м.* **1.** То же, что торговец (устар. неодобр.). **2.** *перен*. Человек, который выше всего ставит свою выгоду, корысть, личный интерес (презр.).

Умка, -и, *м.* (обл.) – белый медведь.

Упова́ние, -а, *ср.* (книжн., часто ирон.) – то же, что надежда.

Ха́м, -а, *м.* (презр. и бран.) – грубый, наглый человек.

Задание 4. *Познакомьтесь с пометами, используемыми в орфоэпических словарях, словарях грамматических трудностей и т. п. Какие пометы указывают на императивную норму, а какие на диспозитивную? Запишите их в предложенную ниже таблицу.*

НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛОВ[2]

Словарь является не просто нормативным, а ставит своей задачей показать литературную норму во всем многообразии ее проявлений. В отличие от большинства нормативных словарей, словарь отражает и такие факты речи, которые считаются неверными с точки зрения литературной нормы. Все запретительные пометы, которые характеризуют неверные варианты, снабжаются значком «восклицательный знак» (!). В Словаре используются ясные и общедоступные способы нормативной оценки вариантов.

1. Равноправные варианты соединяются союзом *и*:

ба́рхатка *и* барха́тка;

ведёрцев *и* ведёрец.

При этом на первом месте помещается обычно традиционный вариант, более частотный в употреблении.

2. Помета «допустимо» (*и доп.*) свидетельствует о том, что оба варианта соответствуют нормам литературного языка. Естественно, что предпочтителен вариант, помещённый на первом месте. Такая помета используется, как правило, применительно к

[2] Орфоэпический словарь русского языка для школьников / Сост. О. А. Михайлова. Екатеринбург: У-Фактория, 2002. С. 6-8.

новым, входящим в норму вариантам ударения, произношения и грамматическим формам. Например:

бредо́вый *и доп.* бредово́й;

белёсый *и доп.* беле́сый;

ма́шет *и доп.* маха́ет.

3. Помета «допустимо устаревшее» (*доп. устар.*) означает, что второй вариант, хотя и находится в пределах литературной нормы, всё реже встречается в речевой практике, постепенно утрачивается, переходя в пассивный языковой фонд. Например:

ворва́лся *и доп. устар.* ворвался́

вспе́ненный, -ая, -ое, *кратк. ф.* вспе́нен, вспе́нена *и доп. устар.* вспенённый, вспенён, вспенена́

бу́до[чн]ик *и доп. устар.* бу́до[шн]ик.

4. Помета «не рекомендуется» (*не рек.*) применяется в тех случаях, когда отмеченный ею вариант в данное время не признаётся нормативным. Однако его широкое употребление в современной речи и соответствие общим тенденциям языкового развития не исключают возможности признания этого варианта литературной нормой в будущем. Например:

бало́ванный ! *не рек.* ба́лованный;

вручу́т ! *не рек.* вру́чит;

гру́фели, -ей ! *не рек.* грифеля́, -е́й.

5. Помета «не рекомендуется устаревшее» (*не рек. устар.*) означает, что снабжённый ею вариант, ныне находящийся за пределами нормы, представляет собой бывшую норму. Например:

горшо́чек, горшо́чка ! *не рек. устар.* горше́чек;

да́рит ! *не рек. устар.* дару́т.

6. Помета «неправильно» (*неправ.*) служит для предупреждения распространённых речевых ошибок. Например:

вы́боры, вы́боров ! неправ. выбора́, выборо́в;

компромету́ровать, -рую, -рует ! неправ. компроме[н]ту́ровать

Рекомендательные пометы	Запретительные пометы

ТЕМА 2. ОРФОГРАФИЧЕСКИЕ И ПУНКТУАЦИОННЫЕ НОРМЫ

Цель – повторить основные правила орфографии и пунктуации русского языка.

Основные понятия темы:

Орфографические нормы – это правила написания слов.
Пунктуационные нормы – это правила расстановки знаков препинания.

Задание 1. *Повторите правописание гласных (безударных и чередующихся) и согласных в корне слова. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы. Расставьте знаки препинания. Объясните свой выбор.*

Я р…шил в…рнуться д…мой. Быстрыми шагами я прошел зар…сли кустов. У моих ног т…нулась р…внина а дальше ст…ной возвышался мрачный лес. Я осм…трел окрес…ность и спустился с х…лма. Высокая тр…ва на дне д…лины б…лела р…вной скат…ртью. Я вышел на опушку и пошел полем. Трудно было проб…раться по у…кой тр…пинке. Кругом р…сла высокая ро…ь. Н…чная птица промчалась и к…снулась меня св…им крылом. В т…шине глухо разд…вались мои шаги. Но вот на в…чернем небе стали заж…гаться звезды. Забл…стел серп м…л…дого мес…ца. Теперь я узнал д…рогу и предпол…гал что через час буду дома.

Задание 2. *Повторите правописание приставок. Перепишите предложения, вставив пропущенные буквы. Расставьте недостающие знаки препинания при однородных членах предложения.*

Перед самым селом п…р…езжаем речку вброд. На спуске перед церковью ра…ливается море сарафанов мужицких голосов. Народ все пр…бывает мужики в пиджаках ребятишки со свистульками, на ра…пряженных телегах сидят пр…старелые пр…езжие. Над колокольнями белеют верхи палаток, а над ними – облака, и падают вьются стрелами свищут в воздухе стрижи.

Медленно пр…бираясь в ра(с, сс)тупившейся толпе, по…ъезжаем к ограде пр…вязываем лошадей. На дощатом пр…лавке ра…ложены картинки и книги, и мещанин-пр…давец по…совывает календари и книги с з…манчивыми названиями. Всё смех и ржанье лошадей крик бабы, ругающей мужика, (с, з)ливается в один ярмарочный гул. За время работы ярмарки хочется успеть (с, з)делать многое пр…смотреть липового меда п…дешевле п…торговаться в свое удовольствие пр…купить гостинцев родным.

В обед негаданно с…бирается туча, и дождь, по…нимая пыль, барабанит по усыпанной по…солнечной шелухой дороге. Но летний дождь быстро пр…ходит, и яркая радуга, упершись в реку, широким полотенцем ра…кидывается над ярмаркой. С ярмарки народ ра…ъезжается только после обеда. (По И. Соколову-Микитову)

Задание 3. *Повторите правописание Ъ и Ь (учтите разные функции Ь). Перепишите, вставив, где необходимо, пропущенные буквы.*

Пред…юбилейное мероприятие, обжеч…ся огнем, решил удалит…ся проч…, кофе был горяч…, достан…те багаж…, чувствовать гореч… неудач…, выть по-волч…и, любител…ская кинос…емка, должность камен…щика, выйти замуж… осен…ю, береч… здоров…е, сроч…ный заказ, лечить кон…юнктивит, уловить фал…ш… в голосе, трех…этажный павил…он, заменить мед…ю, назнач…те время трех встреч…, с…еш… во время лан…ча, следить за своей реч…ю, купает…ся в реке, оформиш… пен…сию, остав…те антиквару старинную брош…, четырех…ядерный процессор, волосы до плеч…, сер…езный компан…он, умнож…те полученный резул…тат, он хорош… собой, выявить из…ян, декабр…ские морозы, с…агитировать на выборы, коротко стрич…ся, сверх…естественный об…ект, боиш…ся ос…минога, неб…ющаяся вещ…, об…емный текст п…есы, не забуд…те плащ…, невтерпеж… ждать, раз…яренный бык, разрабатывать кар…ер.

Задание 4. *Повторите правописание Н и НН в причастиях, прилагательных и образованных от них формах. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и расставив недостающие знаки препинания при причастных оборотах. Причастные обороты подчеркните.*

Было нестерпимо холодн…о, и даже не верилось, что днем придется жариться в раскален…ом пекле. Среди потрескавшихся от зноя пород обнаруживаются словно бы отполирован…ые плиты гранита. В этом заброшен…ом неповторимом уголке необозримой пустыни существование человека – никогда не прекращающееся сражение с природой. Палатки кочевников соседствуют с домами сложен…ыми из обожжен…ого кирпича.

Снаружи жилище покрывает сетка сплетен…ая из жесткой травы. Узор наносится и на пленку, которой палатка скрепляется изнутри.

Все палатки украшен…ы под цвет камен…ых глыб. Комнаты соединен…ы переходами из плетен…ых циновок. Все разложен…о аккуратн…о, повсюду чистота. Сбоку вышел мужчина в незаменимом традицион…ом облачении. На нем накидка казавшаяся накрахмален…ой. Бросался в глаза и меч повеш…н…ый к поясу.

Геолог подходит к карте разукрашен…ой цветными пометками. Все, что нанесен…о на нее, – плод трудн…ых поисков в горах прокален…ых солнцем. Новые месторождения открывают разведчики недр. (По Б. Фетисову)

Задание 5. *Повторите правописание НЕ и НИ с разными частями речи. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки.*

Нет (н…)чего лучше Невского проспекта, по крайней мере в Петербурге. Чем (н…)блестит эта улица – красавица нашей столицы! Я знаю, что (н…)один из бедных чиновных ее жителей (н…)променяет на все блага Невского проспекта. Да и кому же он (н…)приятнен? Здесь единствен…ое место, где показываются люди (н…)по(н…)обходимости, куда загнала их надобность и меркантильный интерес, об…емлющий весь Петербург. Здесь житель Петербургской или Выборгской части, (н…)сколько лет (н…)бывавший у своего приятеля в Песках или у Московской заставы, может быть уверен, что встретится с ним (н…)пр…мен…о.

Можно сказать решительно, что в это время, то есть до двенадцати часов, Невский проспект (н…)составляет (н…)(для)кого цели, он служит только средством: он постепен…о заполняется лицами, имеющими свои занятия, свои заботы, свои досады, но вовсе (н…)думающими о нем. В это время, что бы вы на себя (н…)надели, хотя бы даже вместо шляпы был картуз у вас на голове, хотя воротнички слишком высунулись из вашего галстука, – (н…)кто этого (н…)заметит. (по Н. В. Гоголю)

Задание 6. *Повторите правописание наречий и частиц. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки. Вставьте недостающие знаки при деепричастных оборотах. Деепричастия подпишите.*

Лето выдалось знойное и сокрушило все. Земля иссохла, прокалилась до того, что ящерицы (не)боясь (ни)кого прибегали на порог с отчаянно колотящимися глотками, лиш…(бы) куда(нибудь) спрятаться. А коршуны забирались (в)высь и (на)долго умолкали в горящем мареве.

И ребят непоседливых сморила (не)померная жара. Они прятались от нее под стенами домов выглядывая (из)редк… (от)туда на проходящие мимо них пассажирские и товарные поезда. Когда у разъезда составы сбавляли ход, детям казалось, что уж… этот(то) поезд

притормозит и остановится. Они бежали за ним (в)догонку заслоняясь ручонками от солнца и (по)детски наивно надеясь укатить из пекла.

Тяжко было смотреть, с какой завистью и печалью малыши глядели (в)след уходящим в неизвестность, (на)стеж… раскрытым вагонам. Пассажиры выглядывали из открытых окон, то(же) сходили с ума от духоты и мечтали о том, что(бы) (на)утро очутиться там, где прохладные реки и зеленые леса. Вряд(ли) они задумывались о том, что жара может задержаться… (По Ч. Айтматову)

Задание 7. *Повторите правила постановки знаков препинания в сложных предложениях. Перепишите предложения, расставив знаки препинания. Обратите особое внимание на пунктуацию при однородных и обособленных членах предложения. Подчеркните грамматические основы.*

1. Сначала соседи смеялись между собою над высокомерием Троекурова и каждый день ожидали чтоб незваные гости посетили Покровское где было им чем поживиться но наконец принуждены были с ним согласиться и сознаться что и разбойники оказывали ему непонятное уважение. (А. С. Пушкин)
2. Раза три в год Финский залив и покрывающее его серое небо нарядятся в голубой цвет и млеют любуясь друг другом и северный человек едучи из Петербурга в Петергоф не насмотрится на редкое чудо млеет в непривычном зное и все заликует дерево цветок и животное. (И. А. Гончаров)
3. Я писал вам как мы гонимые бурным ветром дрожа от холода пробежали мимо берегов Европы как в первый раз пал на нас у подошвы гор Мадейры ласковый луч солнца и заплескали голубые волны засияли синие небеса как мы жадно бросились к берегу погреться горячим дыханием земли. (И. А. Гончаров)
4. Иногда бывает что облака в беспорядке толпятся на горизонте а солнце прячась за них красит их и небо во всевозможные цвета в багряный оранжевый золотой лиловый грязно-розовый. (А. П. Чехов)
5. Направо темнели холмы налево все небо было запито багровым заревом и трудно было понять был ли то пожар или же собиралась всходить луна. (А. П. Чехов)
6. Живя здесь я реже попадался на глаза отцу и его гостям и мне казалось что если я живу не в настоящей комнате и не каждый день хожу в дом то слова отца что я сижу у него на шее звучат уже как будто не так обидно. (А. П. Чехов)
7. Он пел и от каждого звука его голоса веяло чем-то родным и необозримо широким словно знакомая степь раскрывалась перед нами уходя в бесконечную даль. (И. С. Тургенев)
8. Большая низкая лампа с непрозрачным абажуром стоящая на письменном столе горела ясно но освещала только поверхность стола да часть потолка образуя на нем дрожащее круглое пятно света в остальной комнате все было в полумраке в нем можно было разглядеть только шкаф с книгами большой диван еще кое-какую мебель. (В. Гаршин)
9. Куда ни обращаешь взор всюду как будто встречаешь быстро удаляющийся образ лета которое время от времени оборачивается назад и бросает прощальную меланхолически-задумчивую улыбку. (Д. Григорович)
10. А на него посмотришь и кажется что вся эта земная деятельность для него только лишь забава и ею занят он пока а настоящие его заботы где-то впереди куда порою устремлялись его бойкие но как бы неживые оловянного блеска глаза. (Ф. Сологуб)

11. На седом фоне тумана ближайшие сосны однотонно плоско и неясно вырисовываются своими прямыми и голыми стволами и в их неподвижности среди этой голубой тишины и среди этого холодного тумана чувствуется что-то суровое печальное и покорное. (А. И. Куприн)

ТЕМА 3. АКЦЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить характеристику русского языка, составить собственный акцентологический словарь при выполнении упражнений[3].

Основные понятия темы:

Акцентологические нормы – это правила постановки ударения в слове.
Омонимы – слова, у которых от постановки ударения зависит значение.

Задание 1. *Расставьте ударения в следующих словах. Укажите варианты постановки ударения (например, ста́ртер и стартёр):*

1) Асимметрия, блага, кулинария, столяр, добыча, плато, диоптрия, творог, средства, шофер, туфля, эксперт, кремень, страховщик, нефтепровод, маркетинг, шасси, христианин, рассредоточение, досуг, жалюзи, танцовщица, шарфы, торты, искра, бармен, вероисповедание, квартал, симметрия, диспансер, обеспечение, склады, таможня, щебень, баржа, алкоголь, индустрия, приговор, генезис, договор, свекла, бижутерия, каталог, ходатайство, километр, пережитое, хвоя, полиграфия, ортопедия, пиццерия, стюард, овен, упрочение (*имена существительные*).

2) Асбестовый, совестливый, мизерный, оптовый, мастерски, украинский, втридорога, важно, тотчас, просмотровый, завидно, правы, давнишний, стары, одновременный, красивее, красивейший, равны, семестровый, счастливо, досыта, иначе, поутру, начерно, зубчатый (*имена прилагательные и наречия*).

3) Аранжировать, заржаветь, нормировать, убыстрить, заплесневеть, новорожденный, опошлить, баловать, балованный, расклешенный, дарит, включишь, включенный, копировать, повторишь, понял, звонит, закупорить, начался, начатый, положить, положил, вручит, врученный, доложишь, облегчить, осведомиться, премировать, черпать, ободрить, пломбировать, вогнутый, вскружит, буксировать, скрещенный, разрыхлить, плодоносить, наклоненный, окислить (*глагольные формы*).

Задание 2. *Поясните, как зависит значение от постановки ударения в следующих словах (омонимах):*

Глазки, замок, рожки, выкупать, ирис, характерный, полки, хлопок, мука, вычитать, орган, видение, острота, трусить, свойство, гвоздики, бронировать, кредит, угольный, правило, провидение, полнить, лавровый, электрик.

Например: пла́чу (1 лицо ед. число от глагола «плакать») – плачу́ (1 лицо ед. число от глагола «платить»).

---

[3] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей при постановке ударения.

Задание 3. *Прочитайте предложения, обращая внимание на постановку ударения в подчёркнутых словах. Составьте по аналогии свои предложения, использовав любые слова из* ***задания 1*** *и / или* ***2****.*

1. В последнем квартале этого года эксперты одной из фирм заключили выгодный договор на прокладку газопровода**,** за что были премированы. 2. Для обеспечения здорового образа жизни исключите из своего рациона арахис, торты и алкоголь, а включите в него творог, свеклу и щавель. 3. В мебельном отделе нашего торгового центра вы можете приобрести красивейшие кухонные гарнитуры по оптовым ценам.

ТЕМА 4. ОРФОЭПИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить правила транскрибирования слов, выявить основные трудности в плане произношения, составить собственный орфоэпический словарь при выполнении упражнений[4].

Основные понятия темы:

Орфоэпические нормы – это правила произношения слов.
Транскрипция – графическая запись того, как произносится слово (всегда в квадратных скобках).

Задание 1. *Отметьте правильное произношение сочетания ЧН в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

[шн]	**[шн]** и **[чн]**	**[чн]**

1) Шуточный, копеечный, отличник, девичник, будничный, булочная, очечник, полуночник, нарочно, прачечная, скучно, скворечник, горчичник, Фоминична, яичница, достаточно, порядочный, горничная, Никитична, двоечник, пустячный, Ильинична, конечно, спичечный, подсвечник, Кузьминична.

2) Шапочный мастер – шапочное знакомство, сердечные капли – друг сердечный, подаренная перечница – чертова перечница.

Задание 2. *Отметьте правильное произношение согласного перед Е в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

Твёрдое произношение	**Варианты**	**Мягкое произношение**

Автосервис, дефис, агрессия, дендрарий, бухгалтер, депрессия, гарем, термин, шинель, термос, патент, сессия, тенденция, рейд, газель, дезодорант, фанера, Одесса, академия, бизнесмен, деградация, менеджер, музей, деканат, темперамент, тезис, аксессуары, протекция, бандероль, гипотеза, детектив, кредо, бассейн, экспресс, дедукция, декада, темп, терапевт, дефицит, интервал, дебаты, рельсы, ниппель, компетентный, дезинформация, пресса, цистерна, стратегия, тренинг, сенсорный, сейф, портмоне.

---

[4] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей произношения.

Задание 3. *Прочитайте слова, обращая внимание на произношение ударного звука, обозначенного буквой Е:*

1) Острие, поблекший, афера, хребет, оседлый, одноименный, маневренный, опека, жернов, желчь, блеклый, желоб, безнадежный, бытие, повлекший, жердочка, никчемный, гладкошерстный, гашеный, недоуменный.

2) Именительный падеж – падеж скота;

Истекший срок – истекший кровью;

Кричит как оглашенный – оглашенный приговор;

Совершенные пропорции – совершенные поступки;

Крестный ход – крестный отец.

Задание 4. *Прочитайте слова, обращая внимание на произношение выделенных согласных:*

1) Ма**сс**а, су**рр**огат, гру**пп**а, гри**пп**, те**рр**аса, а**тт**естат, ко**лл**ега, мета**лл**, су**мм**а, а**нн**отация, криста**лл**, оди**нн**адцать, и**лл**юзия, ва**нн**а, апе**лл**яция, ка**сс**а, га**лл**юцинация, не**тт**о.

2) Дро**жж**и, бу**хг**алтер, по**зж**е, во**жж**и, и**зж**арить, вы**жж**енный, пе**сч**аный, и**зж**ить, ра**зж**ать, же**стч**е, ни**зш**ий, до**жд**и, ре**зч**е, ви**зж**ать, и**зж**ога, ма**сш**таб, мо**жж**евельник, бе**зж**изненный, ра**сч**ет, съе**зж**у, прие**зж**ай.

Задание 5*. *Прочитайте следующий текст, обращая внимание на правильное произношение и постановку ударения в подчёркнутых словах:*

Примером успешного ведения бизнеса в различных отраслях экономики является деятельность фирмы «Mihail-tur». За 11 лет ее существования удалось сформировать коллектив профессионалов из высококвалифицированных менеджеров, компетентных экспертов, торговых агентов. Компании принадлежат две трети долей уставного фонда АО «Лейбл-мастер», владельца одного из крупнейших торговых центров города. Занимаясь оптовым поставкам подростковой одежды, фирма поддерживает связи с модельными агентствами, что позволяет обновлять коллекции на 15 процентов каждый квартал. С ассортиментом одежды можно познакомиться по объемному каталогу, размещенному на корпоративном интернет-сайте. Руководство фирмы заявило о намерении углубить это направление, для чего налаживаются связи с другими поставщиками, проводятся маркетинговые исследования с целью изучения конъюнктуры рынка в трех крупнейших областях региона. В планы компании входит также сосредоточение средств в области дорожного строительства. Начата подготовка к тендерным торгам, намеченным на первую декаду ноября, к участию в которых приглашаются компании, заинтересованные в строительстве современного путепровода.

ТЕМА 5. СЛОВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить состав слова, научиться находить в предложениях ошибки, связанные с неверным образованием слова.

Основные понятия темы:

Словообразовательные нормы – это правила образования новых слов.

Задание 1. *Найдите в предложениях слова, в которых нарушена словообразовательная норма, запишите их. Выделите неправильно выбранную часть слова (приставку, суффикс). Исправьте допущенные ошибки.*

1. Завесьте, пожалуйста, килограмм помидоров с витрины. **2.** Студенты в очередной раз немного запоздали на лекцию. **3.** Уважаемые пассажиры, проходите по-быстрому в середину вагона или садитесь взади. **4.** Он был коренным курчанином и после учебы в Москве вернулся в родной Курск. **5.** Чтобы сдать зачет, важно завсегда посещать занятия. **6.** Одна из самых актуальных проблем современной России – это взятничество в государственных учреждениях. **7.** После концерта микрофоны со сцены надо будет перенести взад. **8.** Многие кавказские народы отличает их гостеприимчивость. **9.** Моя жизнь в этом году была наполнена заботами о заканчивании школы и поступлении в университет. **10.** Сегодня у первого курса была лекция по химии заместо высшей математики.

ТЕМА 6. ЛЕКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить основные типы речевых ошибок, связанных со значением слова.

Основные понятия темы:

Лексические нормы – это правила употребления слова в точном значении, которое закрепилось в литературном языке и зафиксировано в толковых словарях.

Паронимы – это слова однокоренные, близкие по форме, но абсолютно разные по значению.

Речевая избыточность – это употребление лишних слов (тавтология, плеоназм).

Лексическая сочетаемость – это способность слова соединяться с другими словами по значению.

Жаргонизм – слово, свойственные для речи той или иной социальной, профессиональной группы людей.

Фразеологизм – устойчивое словосочетание, смысл которого не определяется значением отдельно взятых слов

Задание 1. *Объясните разницу в значении приведенных ниже паронимов. Составьте с каждым из них словосочетание, подобрав подходящее по смыслу слово.*

Осудить – обсудить, удачливый – удачный, соседний – соседский, жилой – жилищный, поступок – проступок, опечатки – отпечатки, командированный – командировочный, усвоить – освоить, эффектность – эффективность, невежа – невежда, представить – предоставить, цельный – целый, искусный – искусственный, практический – практичный; гуманный – гуманистический – гуманитарный; плодовитый – плодовый – плодотворный, экономический – экономичный – экономный.

Задание 2. *Найдите в следующих предложениях избыточные словосочетания, выпишите их. Объясните причину избыточности, указав на лишнее слово (или лишние слова).*

1. При входе в «Копирус» висит прейскурант цен на предлагаемые услуги. **2.** Уезжая из Москвы, мы купили памятные сувениры в киоске у вокзала. **3.** Для преподавателя важно то, какие взаимоотношения друг с другом сложились между студентами в группе. **4.**

Неприятно резал слух голос, доносившийся из конференц-зала. **5.** Депутату приходится встречаться со всеми социальными слоями общества.

Задание 3. *Найдите в следующих предложениях иноязычные по происхождению слова, которые употреблены в неточном значении. Запишите свой вариант исправления.*

1. Рабочий станка допустил целый ряд дефектов при изготовлении деталей. **2.** Пейзаж Екатеринбурга за последние десять лет обогатился современными постройками, хотя многие памятники архитектуры и были реконструированы до основания. **3.** В целях профилактики основное внимание уделяется ранним проявлениям, т. е. дебюту гриппа. **4.** Для окон актового зала мы долго искали гардины длиной 4 метра, а уже потом подбирали шторы в тон стен. **5.** В январе состоялся бенефис талантливого исполнителя: он впервые выступал на профессиональной сцене.

Задание 4. *Найдите в следующих предложениях нарушения правил лексической сочетаемости слов. Запишите свой вариант исправления.*

1. Грамотный руководитель должен показывать образец своим подчиненным. **2.** Нововведения сыграли важное значение в развитии горного комбината. **3.** Красочное оформление детских книг издательства «Эгмонт» должно вызвать внимание и заинтересовать покупателей. **4.** Новогодний спектакль в Театре кукол оказал на детей большое впечатление. **5.** Первую лекцию по геологии в этом году провел молодой преподаватель.

Задание 5. *Найдите в предложениях жаргонные, просторечные, разговорные слова, замените их литературным вариантом и запишите исправленный вариант.*

1. Несколько студентов до сих пор не отнесло хвостовки в деканат. **2.** В центре Екатеринбурга забабахали очередную свечку. **3.** Я считаю, что необходимо избавляться от любой нецензурщины в нашей речи. **4.** После окончания вуза мы решили замутить свой бизнес, решив, что в этом деле нам по-любому повезет. **5.** Работяги привыкли вкалывать на заводе от зари до зари.

Задание 6. *Исправьте в следующих предложениях речевые ошибки, вызванные неправильным употреблением фразеологизма.*

1. Михаил на публике говорит очень убедительно, язык у него хорошо подвязан. **2.** Туристам кинулась в глаза красота уральской природы. **3.** Его обещания рубля ломаного не стоят. **4.** Об умельцах у нас говорят: «Они в своем деле коня подковали». **5.** К сожалению, студенты редко сейчас грызут камень науки по-настоящему.

Задание 7*. *Найдите и исправьте в следующих предложениях речевые ошибки. Запишите правильный вариант.*

1. Норвежские спортсмены по-прежнему остаются нашими самыми серьезными оппонентами в биатлоне. **2.** В своей работе руководители горных предприятий руководствуются новейшей научной и методической литературой. **3.** Многодетным семьям, чтобы жить достойно, приходится искать несколько истоков доходов. **4.** Обычно мы общаемся, не придавая важности невербальным средствам коммуникации. **5.** Екатеринбургская Епархия активно распространяет душевную литературу. **6.** Продукты Черкашинского мясокомбината пользуются авторитетом у покупателей. **7.** Исправьте

ошибки в контрольной работе так, чтобы было правильно. **8.** Все места на парковке были заняты, и поэтому много машин толпилось на обочине. **9.** К маю ветераны ВОВ получили очередную добавку к пенсии. **10.** После собеседования она сказала, что на должность промоутера брали только смазливых молодых людей. **11.** В прошлом году выдался неурожайный год в плане картошки. **12.** Ребенок с рождения имитирует поведение родителей. **13.** На Неделе первокурсника нам сразу выдали студики и зачётки. **14.** Команда нашего факультета заняла первенство в смотре художественной самодеятельности. **15.** После первых же дней изнурительной работы на Севере очень хотелось вернуться назад домой.

ТЕМА 7. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить правила определения рода у существительных и аббревиатур, особенности несклоняемых существительных, образования некоторых грамматических форм разных частей речи и научиться исправлять ошибки, связанные с их неверным образованием (все это с опорой на учебную литературу и словари[5]).

Основные понятия темы:

Морфологические нормы – это правила образования грамматических форм слова.

Задание 1. *Определите род у следующих существительных и аббревиатур. Подберите к ним подходящие по смыслу прилагательные (или причастия), учитывая правила синтаксического согласования.*

1) Атташе, авеню, адвокат, амплуа, ассорти, аэрозоль, белоручка, бра, безе, боа, боди, бродяга, видео, визави, врач, выскочка, гну, гуру, денди, доцент, евро, жалюзи, жюри, зануда, иваси, какаду, кантри, каре, кашне, кенгуру, киви, кимоно, колибри, коллега, колли, кольраби, кофе, крупье, кутюрье, лама, левша, манго, мартини, маэстро, меню, миледи, монпансье, недоросль, непоседа, ниндзя, пани, пари, педагог, пенальти, пенсне, пони, преподаватель, протеже, профессор, растяпа, резюме, рефери, сабо, салями, сирокко, спагетти, табу, такси, тамада, танго, толь, торнадо, турне, тюль, фламинго, фрау, хачапури, хиппи, цеце, цунами, шасси (*склоняемые и несклоняемые существительные*).

2) Айдахо, Бали, Борнео, Гоби, Дели, Калахари, Капри, Килиманджаро, Колорадо, Лимпопо, Мехико, Миссисипи, Онтарио, Сорренто, Тбилиси, Толедо, Чили (*имена собственные*).

3) АО, АТС, БАМ, бомж, ВТО, вуз, ГАЗ, ГОК, ГУМ, ДК, дот, ДСП, ДТП, жэк, колхоз, КПП, ЛДПР, МВД, МИД, НИИ, НХЛ, НЭП, общепит, ООН, ПК, полпред, СЕ, СМУ, СНГ, СССР, ТАУ, ТВ, ТРЦ, УЗТМ, ФГБОУ, ФМС, ФСБ, ЦУМ (*аббревиатуры*).

Задание 2. *Определите род у следующих сложносоставных существительных. Составьте с ними словосочетания* ***прил. + сущ.***

Диван-кровать, музей-квартира, генерал-губернатор, плащ-палатка, идея-фикс, конференц-зал, жар-птица, кафе-столовая, чудо-человек, матч-реванш, салон-парикмахерская, программа-максимум, женщина-космонавт, альфа-излучение, ракета-носитель, премьер-министр, кофе-пауза.

---

[5] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем грамматических трудностей.

Задание 3. *Определите, какие фамилии при заполнении бланка письма или заявления будут склоняться, а какие нет. Обращайте внимание на пол человека. Запишите эти имена и фамилии в нужном падеже.*

Кому:

Сергей Левченко, Александр Живаго, Елена Сверчук, Анна Шевченко, Константин Ярош, Татьяна Чубинец, Вероника Лежава, Андрей Горенко, Борис Станкевич, Виталий Воробей, Ирина Шевчук, Иван Миклухо-Маклай, Виктор Доброво, Владислав Карамыш, Анна Диоп, Андрей Кожемяк, Мария Мицкевич, Петр Галаган, Маргарита Венда, Вадим Черных.

От кого:

Николай Черныш, Наталья Седых, Светлана Карась, Семен Фоменко, Лев Щерба, Сергей Соловьев-Седой, Александр Максимаджи, Екатерина Франюк, Леонид Березняк, Юлия Родных, Максим Жук, Алёна Ремесло, Николай Стрижак, Наталия Черных, Марат Ардзинба, Вера Ноздреватых, Виктория Приходько, Евгений Столпнер, Кирилл Шапиро, Станислав Горбачевич.

Задание 33. *Заполните таблицу следующими существительными, в зависимости от того, как у них образуется форма именительного падежа множественного числа.*

Окончание **–а/ –я**	Окончание **–ы/ –и**	Варианты **–а/ –я** и **–ы/ –и**

*Отдельно укажите существительные, у которых от выбора окончания в этой форме зависит значение (например, ордер**а** – «документы» и ордер**ы** – «элементы в архитектуре»).*

1) Брелок, бухгалтер, ветер, вексель, возраст, герб, год, директор, договор, жемчуг, инженер, инспектор, клин, колос, купол, лектор, медвежонок, небо, окорок, офицер, отпуск, пандус, паспорт, плинтус, почерк, прииск, прожектор, профессор, ребенок, редактор, сектор, семя, слесарь, столяр, сторож, табель, токарь, тополь, трактор, хозяин, цех, чудо, шило, шофёр, штемпель.

2) Корпус, лагерь, образ, повод, полоз, полутон, провод, пропуск, прут, тормоз, хлеб.

Задание 4. *Образуйте форму родительного падежа множественного числа от следующих существительных. Отметьте наличие вариантов (например, ла́сты – ла́ст**ов** и ла́ст□).*

Армяне, апельсины, басни, блюдца, болгары, ботинки, брызги, буряты, валенки, гардемарины, гектары, граммы, грузины, дела, деньги, джинсы, заморозки, казахи, калории, кастрюли, килограммы, клавиши, комментарии, макароны, мандарины, мечты, микроны, мокасины, носки, осетины, партизаны, перила, перипетии, петли, плечи, полотенца, поместья, помидоры, просьбы, развилки, рельсы, русла, сани, сапоги, сбои, свадьбы, сваи, свечи, серьги, солдаты, тапочки, тиски, турки, туфли, цыгане, чукчи, чулки, южане, юнги, яблоки, ясли.

Задание 5. *Раскройте скобки, заменяя цифровые обозначения словами, правильно определяя падеж числительных и существительных.*

1. Выборы в Государственную Думу состоялись в (358 округов). **2.** Появилась серия вспомогательных пособий с (5 735 чертежей). **3.** Теплоход с (657 отдыхающих) плыл вниз по Волге. **4.** За время последней экспедиции мы прошли свыше (2 580 километров). **5.** Нарушения техники безопасности были выявлены на (4 893 предприятия).

Задание 6. *Исправьте неверное употребление числительных в следующих предложениях:*

1. Лекция по философии будет прочитана для обоих студенческих групп. **2.** Мать-героиня воспитала семерых сыновей и четверых дочерей. **3.** Забор тянулся по обоим сторонам улицы и ограничивал движение. **4.** Двоих подруг она уже встретила по приезде в родной город. **5.** Главные достопримечательности Санкт-Петербурга расположены по обеим берегам Невы.

Задание 7. *Выпишите из предложений неправильно образованные грамматические формы. Запишите исправленный вариант.*

1. Всем стало понятно, что ейное предложение по реконструкции здания не будет одобрено. **2.** После второго матча наша команда оказалась в более лучшем положении. **3.** Староста пожаловалась преподавателю, что наша группа не влазиет в аудиторию 3519. **4.** Съездя в другой город, она поняла, как хорошо на родине. **5.** Ремонтники уже второй месяц не могли сменить треснутое стекло в окне. **6.** Он схватился за канат двумями руками. **7.** Хозяйка встретила гостей в бигудях и халате. **8.** Наши альпинисты покорили самые высочайшие вершины мира. **9.** Я надеялся, что к началу сессии выздоровлю. **10.** В этот раз студенты справились с заданием еще более хуже.

Задание 8. *Найдите нарушения морфологических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

1. Новый преподаватель кажется более образованнее. **2.** Студенческое общежитие находится в полтора километрах от здания университета. **3.** ФНС был создан как федеральный орган исполнительной власти. **4.** В магазине «Лео-строй» разнообразные варианты цветных жалюзей. **5.** Куратор совсем не интересовался ихними проблемами в учебе. **6.** МВФ выделило очередной транш в 1,5 миллиарда долларов. **7.** В столовой нельзя пользоваться лопнутыми стаканами. **8.** Эту сумму мы добавим к тысяче двести сорокам рублям. **9.** На конференцию молодых ученых пригласили самых умнейших студентов старших курсов. **10.** Вскоре Сергей Исаев стал популярной тамадой на свадьбах и других торжествах. **11.** На вновь открытое предприятие требуются бухгалтера, сторожи и инженера АСУП. **12.** Южнее Сочи находится солнечное Сухуми. **13.** На дипломную практику горный комбинат принял троих девушек с нашего курса. **14.** Мама традиционно купила пять килограмм мандарин и апельсин для праздничного новогоднего стола. **15.** Увидя раздраженное состояние преподавателя, студентка решила с ним не спорить.

ТЕМА 8. СИНТАКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить основные правила построения словосочетаний и предложений

Основные понятия темы:

Синтаксические нормы – это правила, регулирующие порядок и связь слов в

словосочетании и предложении.

Задание 1. *Раскройте скобки, правильно определив падеж зависимого слова. При необходимости используйте предлоги. Запишите получившиеся словосочетания.*

Согласно (устав университета), точка зрения (события), благодаря (поддержка друга), анонс (предстоящие гастроли), вопреки (мнение большинства), наперекор (судьба), вклад (развитие науки), жажда (слава), заведующий (кафедра), по (возвращение) из отпуска, отзыв (курсовая работа), рецензия (новый фильм), оплачивать (проезд), свидетельствовать (необходимость перемен), доказывать (новая теория), поделиться (результаты исследования), апеллировать (здравый смысл), по (прибытие) поезда; предостеречь (опасность) – предупредить (опасность), обращать внимание (недостатки) – уделять внимание (подготовка к экзаменам), уверенность (свои силы) – вера (победа).

Задание 2. *Найдите предложения, в которых неверно употреблен деепричастный оборот. Предложите свой вариант исправления.*

*Образец: Подводя итог проделанной работы, мною был вдвинут ряд предложений по модернизации (**действие, названное деепричастием, не относится к подлежащему**).*

Варианты исправления: 1) Подводя итог проделанной работы, я выдвинул ряд предложений по модернизации. 2) Когда я подвел итог проделанной работы, мною был вдвинут ряд предложений по модернизации. 3) После подведения ряда итогов проделанной работы мною был вдвинут ряд предложений по модернизации.

1. Будучи ребенком, Дмитрия всегда интересовали вопросы, связанные с техникой. **2.** Читая произведения русской классики, меня охватывает чувство гордости за отечественную литературу. **3.** Не чувствуя ни усталости, ни голода, наш путь к вершине продолжался. **4.** Узнав эту прекрасную новость, радости студентов не было предела. **5.** Первым, слегка хромая, из автобуса вышел седой старик. **6.** Записываясь на практику, у студентов были очень ограничены возможности выбора места ее прохождения. **7.** Вспоминая родные места, мне видится наш маленький кирпичный домик в тени тополей. **8.** Глядя на ярко освещенные стены Зимнего дворца, у меня возникло желание приехать сюда еще раз. **9.** Позвонив в третий раз, он с грустью понял, что никого нет дома. **10.** Произведя ряд расчетов, задача была решена студентами в течение 15 минут.

Задание 3. *Найдите предложения, в которых неправильно согласовано подлежащее со сказуемым. Запишите исправленный вариант.*

1. Много знаменитых людей закончили наш университет. **2.** Немало средств были потрачены на восстановление полуразрушенного памятника архитектуры. **3.** Несколько важных дат будут отмечены в календаре помимо официальных государственных праздников. **4.** На собрание по поводу летней практики явились лишь 31 студент. **5.** Часть студентов не справились с итоговой контрольной работой. **6.** Множество горожан приняли участие в шествии «Бессмертного полка». **7.** Ряд важных вопросов не были решены во время последнего заседания Ученого совета. **8.** Половина участников соревнований были размещены в студенческом общежитии. **9.** Тысяча периодических изданий имеются в открытом доступе в электронной библиотеке. **10.** Газета «Екатеринбургские новости» опубликовали интересную статью о творчестве молодых поэтов и писателей Урала.

Задание 4. *Найдите нарушения синтаксических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

1. Согласно распоряжения ректора всем студентам и сотрудникам необходимо пройти флюорографический осмотр. **2.** Открыв дверь в аудиторию, перед моими глазами предстала странная картина. **3.** Важно изучать условия жизни человека и как они связаны с процессами, происходящими сегодня в нашем обществе. **4.** Молодежь всегда принимали участие в студенческой самодеятельности и спортивных мероприятиях. **5.** В своей новой статье автор исследует и размышляет о возможностях искусственного интеллекта. **6.** Приказ был подписан ректором университета, устанавливающий обязательное посещение занятий, и доведен до сведения сотрудников вуза, преподавателей и студентов. **7.** Несколько членов Ученого совета не присутствовали на очередном заседании. **8.** В район приехал инструктор для подготовки специалистов по борьбе с сельскохозяйственными вредителями из местных жителей. **9.** Ученики горного лицея поступают в престижные учебные заведения, родители которых гордятся их успехами в учебе. **10.** Можно было согласиться лишь с теми положениями доклада, где приводились статистические данные для подтверждения гипотезы. **11.** Сдав нормативы ГТО, большинству из нас был вручен золотой значок. **12.** Учебное пособие не только предназначено для преподавателей, а также и для студентов и аспирантов. **13.** Скоро будет заселен многоквартирный дом, выросший на глазах за несколько месяцев и который уже приняла комиссия. **14.** Нам предложили поселиться в номере-люкс новой гостиницы для туристов с видом на море. **15.** Преподаватель попросил студентов, чтобы они ему напомнили на следующем занятии, чтобы он им распечатал раздаточный материал к семинарскому занятию.

ТЕМА 9. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТИЛЕЙ

Цель – повторить систему функциональных стильных стилей русского языка, научиться определять стиль текста и доказывать свою точку зрения в этом вопросе.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Функциональный стиль – это исторически сложившаяся и социально осознанная разновидность языка, функционирующая в определенной сфере человеческой деятельности и общения, создаваемая особенностями употребления в этой сфере языковых средств и их специфической организацией.

В основе классификации стилей лежат экстралингвистические факторы: сфера применения языка, обусловленная ею тематика и цели общения. Сферы применения языка соотносятся с видами деятельности человека, соответствующими формам общественного сознания: наука, идеология, право, искусство, религия. Выделяются стили официальной речи (книжные): **научный**, **официально-деловой**, **публицистический**, **литературно-художественный**, **церковно-религиозный**. Им противопоставлен стиль неофициальной речи – **разговорный**, экстралингвистической основой которого является сфера бытовых отношений и общения (быт как область отношений людей вне их непосредственной производственной и общественно-политической деятельности).

Сферы применения языка в значительной мере влияют на тематику и содержание высказывания. Каждая из них имеет свои актуальные темы. Например, в научной сфере обсуждаются проблемы научного познания мира, в сфере бытовых отношений – бытовые

вопросы. Однако в разных сферах может обсуждаться одна и та же тема, но цели преследуются неодинаковые, вследствие чего высказывания различаются и по содержанию, и по форме (см. **Задание 1**).

Каждый стиль обладает определёнными языковыми особенностями (прежде всего лексическими и грамматическими). Можно говорить лишь об относительной замкнутости функциональных стилей: большинство языковых средств в каждом стиле нейтральные, межстилевые. Однако ядро каждого стиля образуют присущие именно ему языковые средства с соответствующей стилистической окраской и едиными нормами употребления.

Следует отбирать слова и конструкции в соответствии с выбранным стилем, особенно в письменной речи. Употребление разностилевых языковых средств в рамках одного текста ведет к появлению стилистических ошибок. Часто встречаются ошибки, связанные с неуместным употреблением канцеляризмов, а также злоупотреблением специальными терминами в ненаучном тексте и использованием разговорной и просторечной лексики в книжных текстах (см. **Задание 2**).

Можно сделать вывод, что **стилистические нормы** – это 1) правила употребления языковых средств в соответствии с выбранным стилем и 2) правила выбора стиля, соответствующего условиям общения.

Таким образом, специфические черты каждого функционального стиля можно описать, ориентируясь на целый ряд признаков, которые обознаются как **стилеобразующие факторы**, а также на его стилевые и языковые особенности. Кроме того, каждый стиль включает в себя тексты разных жанров (см. **Задание 3**).

Функциональный стиль	Стилеобразующий фактор						Жанры
	Доминирующая языковая функция	Форма общественного сознания	Основная форма речи	Типичный вид речи	Тон речи	Тип адресата	
Научный	Сообщение	Научное сознание	Письменная	Монолог	Нейтральный	Массовый (подготовленный к восприятию научной информации)	Учебник, монография лекция, научная статья, аннотация, реферат, конспект, тезисы, курсовая работа, выпускная работа, диссертация, доклад
Официально-деловой	Сообщение / воздействие	Правовое сознание	Письменная	Монолог	Нейтральный / императивный	Массовый	Конституция, закон, приказ, указ, распоряжение, положение, регламент, заявление, автобиография, резюме, характеристика
Публицистический	Сообщение + воздействие	Идеологическое сознание	Письменная и устная	Монолог и диалог	Обусловленный содержательно	Массовый	Репортаж, интервью, очерк, дискуссионное выступление, статья, информационная заметка
Литературно-художественный	Воздействие	Эстетическое сознание	Письменная	Обусловленный родом и жанром литературы	Обусловленный эстетической задачей	Массовый (подготовленный к восприятию классических произведений)	Роман, повесть, рассказ, новелла, стихотворение, поэма, баллада
Церковно-религиозный	Воздействие	Религиозное сознание	Письменная и устная	Монолог	Обусловленный ситуативно	Массовый	Исповедь, проповедь, житие, молитва
Разговорный	Общение	Обыденное сознание	Устная	Диалог и полилог	Обусловленный ситуативно	Личный (конкретный собеседник)	Дружеская беседа, семейная беседа, бытовой спор, байка

Задание 1. *Прочитайте тексты, посвященные одной теме. Определите функционально-стилевую принадлежность текстов, опираясь на стилеобразующие факторы и языковые особенности каждого из них.*

Текст 1

Гроза – атмосферное явление, заключающееся в электрических разрядах между так называемыми кучево-дождевыми (грозовыми) облаками или между облаками и земной поверхностью, а также находящимися над ней предметами. Эти разряды – молнии – сопровождаются осадками в виде ливня, иногда с градом и сильным ветром (иногда до шквала). Гроза наблюдается в жаркую погоду при бурной конденсации водяного пара над перегретой сушей, а также в холодных воздушных массах, движущихся на более теплую подстилающую поверхность.

Текст 2

Как передает наш корреспондент, вчера над центральными районами Пензенской области прошла небывалой силы гроза. В ряде мест были повалены телеграфные столбы, порваны провода, с корнем вырваны столетние деревья. В двух деревнях возникли пожары в результате удара молнии. К этому прибавилось еще одно стихийное бедствие: ливневый дождь вызвал сильное наводнение. Нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству. Временно было прервано железнодорожное и автомобильное сообщение между соседними районами.

Текст 3

Доводим до Вашего сведения, что вчера после полуночи над районным центром – городом Нижний Ломов и прилегающей к нему сельской местностью – пронеслась сильная гроза, продолжавшаяся около получаса. Скорость ветра достигала 30-35 метров в секунду. Причинен значительный материальный ущерб жителям деревень Ивановка, Щепилово и Вязники, исчисляемый, по предварительным данным, сотнями тысяч рублей. Имели место пожары, возникшие вследствие удара молнии. Сильно пострадало здание школы в деревне Курково, для его восстановления понадобится капитальный ремонт. Вышедшая из берегов в результате проливного дождя река Вад затопила значительную площадь. Человеческих жертв нет. Образована специальная комиссия для выяснения размеров причиненного стихийным бедствием ущерба и оказания помощи пострадавшему местному населению. О принятых мерах будет незамедлительно доложено.

Текст 4

Ты не поверишь, какая гроза прошла вчера над нами! Я человек не робкого десятка, и то испугался насмерть.

Сначала все было тихо, нормально, я уже собирался было лечь, да вдруг как сверкнет молния, бабахнет гром! И с такой силищей, что весь наш домишко задрожал. Я уже подумал, не разломалось ли небо над нами на куски, которые вот-вот обрушатся на мою несчастную голову. А потом разверзлись хляби небесные... В придачу ко всему наша безобидная речушка вздулась, распухла и ну заливать своей мутной водицей все вокруг. А совсем рядом, что называется – рукой подать, загорелась школа. И стар и млад – все повысыпали из изб, толкутся, орут, скотина ревет – вот страсти какие! Здорово я перепугался в тот час, да, слава Богу, все скоро кончилось.

Текст 5

При Крещении священник крестообразно помазывает лоб христианина святым миром, говоря: «Печать дара Духа Святаго». Впоследствии всякий раз, когда христианин осеняет себя крестным знамением, он поклоняется спасительной Страсти Господней и призывает

крестную силу, иже есть сила крестной смерти нашего Христа. Говоря: «Кресте Христов, спаси нас силою твоею», мы призываем силу крестной жертвы Господа. Поэтому крест обладает великой силой. Например, началась гроза. Сверкают молнии, и в большой железный крест на колокольне тоже может ударить молния. Однако, если стоящий под этим железным крестом христианин имеет на себе вот такой маленький крестик и говорит: «Кресте Христов, спаси мя силою твоею», то молния ему не повредит. В первом случае действуют природные законы: молния попадает в крест и сбивает его на землю. Во втором случае такой вот малюсенький крестик хранит верующего человека, призвавшего на помощь силу Креста.

Текст 6

Между далью и правым горизонтом мигнула молния, и так ярко, что осветила часть степи и место, где ясное небо граничило с чернотой. Страшная туча надвигалась не спеша, сплошной массой; на ее краю висели большие, черные лохмотья; точно такие же лохмотья, давя друг друга, громоздились на правом и на левом горизонте. Этот оборванный, разлохмаченный вид тучи придавал ей какое-то пьяное, озорническое выражение. Явственно и не глухо проворчал гром. Егорушка перекрестился и стал быстро надевать пальто.

Вдруг рванул ветер и со свистом понесся по степи, беспорядочно закружился и поднял с травою такой шум, что из-за него не было слышно ни грома, ни скрипа колес. Он дул с черной тучи, неся с собой облака пыли и запах дождя и мокрой земли. Лунный свет затуманился, стал как будто грязнее, звезды еще больше нахмурились, и видно было, как по краю дороги спешили куда-то назад облака пыли и их тени.

Чернота на небе раскрыла рот и дыхнула белым огнем; тотчас же опять загремел гром.

Дождь почему-то долго не начинался... Было страшно темно. А молнии в потемках казались белее и ослепительнее, так что глазам было больно.

Вдруг над самой головой его [Егорушки] со страшным, оглушительным треском разломалось небо; он нагнулся и притаил дыхание, ожидая, когда на его затылок и спину посыпятся обломки... Раздался новый удар, такой же сильный и ужасный. Небо уже не гремело, не грохотало, а издавало сухие, трескучие, похожие на треск сухого дерева звуки. (*А. П. Чехов. Степь*)

Задание 2. *Найдите в следующих предложениях стилистические ошибки и запишите исправленный вариант.*

1. Некоторым министрам необходимо включить мозги, чтобы до них дошло, что на прожиточный минимум люди в России могут только существовать. **2.** В статье сообщается, что левые лекарства отследят по аптекам и конфискуют. **3.** Мэр города рассказал, что в настоящее время ведется возведение двух бюджетных высоток в Пионерском поселке. **4.** Новый сотрудник редакции сумел нарыть некий компромат на верхушку министерства, но опубликовать материалы ему не дали. **5.** Директор гимназии был в ауте, когда ему сообщили, что гимназия получила-таки грант в размере 1 млн. рублей. **6.** Бытие в хрущевках и интенсивные трудовые затраты скрашивала душевная атмосфера, царившая в те годы в коллективе. **7.** Благополучие родных деревень отстаивает наш председатель, который по восемнадцать часов в сутки мотается по полям, фермам, частит по делам в Екатеринбург. **8.** Трудно понять, почему ученый допустил такую промашку в расчетах. **9.** Семь школ, которые дислоцируются в нашем районе, переполнены, поэтому некоторым детям приходится ездить за тридевять земель. **10.** Избранников народа одолевает такое количество проблем, что у некоторых уже крыша поехала.

Задание 3. *Определите, к какому стилю принадлежит каждый из предложенных текстов*[6]*. Попытайтесь обосновать свою точку зрения.*

Текст 1

В психологии и этике делового общения речь пойдет не столько об абстрактных общепсихологических категориях и принципах, сколько о профессиональных психологических и в то же время практически ориентированных знаниях, которые могут обеспечить успех той или иной деятельности. Под **деловым** понимается общение, обеспечивающее успех какого-то общего дела, создающее условия для сотрудничества людей, чтобы осуществить значимые для них цели. Деловое общение содействует установлению и развитию отношений сотрудничества и партнерства между коллегами по работе, руководителями и подчиненными, партнерами, соперниками и конкурентами. Оно предполагает такие способы достижения общих целей, которые не только не исключают, но, наоборот, предполагают также и достижение лично значимых целей, удовлетворение личных интересов.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 2

Веруем в Единого Бога Отца Всемогущего, Творца неба и земли.

Веруем также в Иисуса Христа, Его Единородного Сына и Господа нашего, Который был зачат Духом Святым, рожден девой Марией, Который страдал во времена Понтия Пилата, был распят, умер и был погребен, сошел в царство смерти, на третий день воскрес из мертвых, вознесся на Небо и воссел одесную Всемогущего Бога Отца, откуда вернется судить живых и мертвых.

Веруем также во Святого Духа, Святую Соборную Церковь, собрание святых, в прощение грехов, воскресение мертвых и жизнь вечную.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 3

В Горном университете прошел День открытых дверей. На площадке перед Большим актовым залом – Залом УГМК развернулся настоящий наукоград: кроме презентации различных направлений подготовки, школьников ждали специализированные мастер-классы.

Об основах робототехники будущим абитуриентам рассказывали сотрудники кафедры горных машин и комплексов и робот Герман. О далеких экспедициях и романтике походов – студенты-геологоразведчики. У стенда **Уральского геологического музея** ребята рассматривали минералы под микроскопом, а вместе с инструкторами **студенческого патриотического центра «Святогор»** учились основам безопасного обращения с оружием.

[6] Задание может быть выполнено как тестовое.

Всего на **День открытых дверей** в **Горный университет** пришли около тысячи школьников. Многие из них уже серьезно задумались о том, чтобы стать частью дружной семьи горняков.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 4

В соответствии с Федеральным законом от 18.06.2001 N 77-ФЗ «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», Постановлением Правительства РФ от 25.12.2001 N 892 «О реализации Федерального закона «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», санитарно-эпидемиологическими правилами СП 3.1.2.3114-13 «Профилактика туберкулеза» и в целях раннего выявления заболеваний органов грудной клетки среди студентов и сотрудников университета

ПРИКАЗЫВАЮ:

Организовать с 10 апреля по 12 мая 2017 года флюорографический профилактический осмотр студентов и сотрудников университета в передвижном цифровом флюорографическом кабинете, установленном во дворе I учебного здания, с предъявлением каждым студентом и сотрудником копии полиса обязательного медицинского страхования.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 5

Страны, которые являются участниками процесса торговли минеральным сырьем, решают разные задачи, что отражается на структуре их экономики, влияет на характер воспроизводственных процессов, порождает специфические для каждой страны проблемы. Взаимодействие экспортеров и импортеров сырья накладывает отпечаток на международные отношения, являясь причиной возникновения конфликтов, создания экономических и военно-политических союзов. Стремление к поддержанию и расширению экспорта вызывает дополнительные потребности в производстве сырья внутри страны, в развитии минерально-сырьевой базы. Импорт сырья следует рассматривать как источник удовлетворения потребностей и стимулирование развития несырьевых отраслей.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 6

Отец наш шибко тада заболел // У него было очень больное сердце // А что такое больное сердце в те годы / это же неизлечимая болячка! Он работал у нас мастером в заводе / в формовочном цехе / где делались изделия для сталелитейного завода / для нижнетагильского // Ковшовые кирпичи / розетки / воронки всякие / сифоны / вообщем / всякая всячина // Всё было для фронта / всё для победы // Щас этого никто не понимает / особенно нынешняя молодёжь // Какие же тяжёлые дни пережило наше поколение! И не дай

вам Бог узнать / что такое война! Да даже твои родители ещё воспитывались в этом послевоенном духе // Ну да ладно / всё равно меня трудно понять…

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 7

Реклама работает на подсознательном уровне, обращается к иррациональному в природе человека. Ее влияние и глубже и сильнее, чем мы думаем, потешаясь над каким-нибудь слабоумным персонажем вроде пропагандиста бытовой техники. Кого и в чем может убедить этот шут гороховый? Оказалось – нас. Но не в том, что его товары дешевле и лучше, а совсем в другом – в преимуществе нового образа жизни.

От рекламы не требуется реализма. Задавая высокие нравственные стандарты, она порождает особое позитивное мышление. Задача рекламы состоит в том, чтобы потребитель подсознательно стремился отождествить себя с героем «коммершелз». Тогда он купит сковородку не для того, чтобы жарить яичницу, а для того, чтобы стать участником идеальной экранной жизни.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 8

Наутро поднявшееся яркое солнце быстро съело тонкий ледок, подернувший воды, и весь теплый воздух задрожал от наполнивших его испарений отжившей земли. Зазеленела старая и вылезающая иглами молодая трава, надулись почки калины, смородины и липкой спиртовой березы, и на обсыпанной золотым светом лозине загудела выставленная облетавшаяся пчела. Залились невидимые жаворонки над бархатом зеленей и обледеневшим жнивьем, заплакали чибисы над налившимися бурою неубравшеюся водой низами и болотами, и высоко пролетели с весенним гоготаньем журавли и гуси. Заревела на выгонах облезшая, только местами еще не перелинявшая скотина, заиграли кривоногие ягнята вокруг теряющих волну блеющих матерей, побежали быстроногие ребята по просыхающим, с отпечатками босых ног тропинкам, затрещали на пруду веселые голоса баб с холстами, и застучали по дворам топоры мужиков, налаживающих сохи и бороны. Пришла настоящая весна.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 9

К нашему большому сожалению, мы должны сообщить Вам, что партия лакокрасочных материалов, отгруженных Вами на судне «Ленинград» по контракту 27-005/40289, не соответствует по качеству нашим спецификациям, на основании которых был заключен контракт.

Согласно параграфу № 03 в договоре, мы имеем право отказаться от приемки этой партии товара. Однако, принимая во внимание наши длительные деловые отношения и то

обстоятельство, что предыдущие поставки лакокрасочных материалов в счет данного контракта были произведены в соответствии с условиями договора и надлежащего качества, мы согласны принять эту партию товара, если Вы предоставите нам скидку в 10 %.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 10

Человек должен быть широк. Из универсализма вытекает креативность, а ЕГЭ не обеспечивает ни того, ни другого. Даже те ребята, которые прекрасно сдали тесты по выбранным предметам, далеко не всегда в состоянии объяснить, откуда взялись все эти ответы, вывести их самостоятельно. А предложение «докрутить» чуть дальше и глубже вообще ставит в тупик: «Почему вы у нас спрашиваете то, что вы нам не рассказали?» Но креативность как раз и состоит в умении давать такие ответы. Учащийся – это же не шляпа, в которую положили кролика, чтобы его же и достать. Это неинтересно.

Убрать ЕГЭ нельзя. Но если оставить все как есть, мы обречены на дальнейшее отставание в науке, в любых творческих профессиях. Поэтому необходимо уточнить функционал ЕГЭ. А для этого надо все же назвать кошку кошкой и понять, что такое образование.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 11

На религию после революции 1917 года было наложено так называемое табу. Христианское вероисповедание и все реалии, связанные с ним, воспринимались только как культурное наследие и пережиток царского режима. Соборы и церкви были лишь памятниками архитектуры, жития святых – памятниками литературы, иконы и фрески – памятниками художественного творчества. Очень многие храмы были разрушены или применялись не по своему прямому назначению; они становились складами, конторами, монастыри превращались в тюрьмы и колонии. Люди, особенно священнослужители, преследовались за свою веру. Как следствие, лексика религиозного характера со временем стала постепенно переходить в пассивный состав языка, используясь в основном в составе фразеологизмов и афоризмов (как Бог на душу положит; как у Христа за пазухой; человек предполагает, а Бог располагает). Некоторые слова изменили свою семантику (воскресение, братия), многие приобрели в современном русском языке отрицательную окраску (вертеп).

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

ТЕМА 10. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ

Цель – познакомиться со спецификой научного стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности научных текстов.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Научный стиль – один из важнейших функциональных стилей литературного языка, относящийся к письменно-книжному типу речи и обслуживающий сферу науки и производства. Цель текста научного стиля может заключаться в передаче объективной информации о природе, человеке и обществе, доказательстве ее новизны, истинности или ценности.

Основные стилевые черты научного стиля:

– **объективность**, которая проявляется в изложении разных точек зрения на рассматриваемую проблемы, в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения, в сосредоточенности на предмете высказывания;

– **логичность**, которая проявляется в последовательности и непротиворечивости изложения научной теории и создается с помощью особых синтаксических конструкций (сложные предложения с придаточными причины, условия, следствия; предложения с вводными словами *во-первых*, *во-вторых*, *наконец*, *итак*, *следовательно* и др.);

– **доказательность**, которая проявляется в цепочке рассуждений, аргументации определенных положений и гипотез;

– **точность**, которая достигается благодаря использованию терминов (т. е. слов и словосочетаний, обозначающих понятия особой области знания или деятельности), однозначных слов; четким оформлением синтаксических связей;

– **обобщенность** и **отвлеченность**, которые проявляются в отборе слов (преобладание имен существительных над глаголом, общенаучные слова, имена существительные с абстрактным значением, конкретные существительные в обобщенном значении), в употреблении грамматических форм (глаголы настоящего времени во «вневременном» значении, возвратные и безличные глаголы, преобладание форм 3-го лица, форм несовершенного вида), в использовании синтаксических конструкций (неопределенно-личные предложения, страдательные обороты), в существовании авторского «мы», характерного только для научного стиля;

– **насыщенность фактической информацией**;

– **отсутствие выражения эмоций** (отсутствуют разговорные элементы, эмоционально-экспрессивная лексика, неполные конструкции и т. п.).

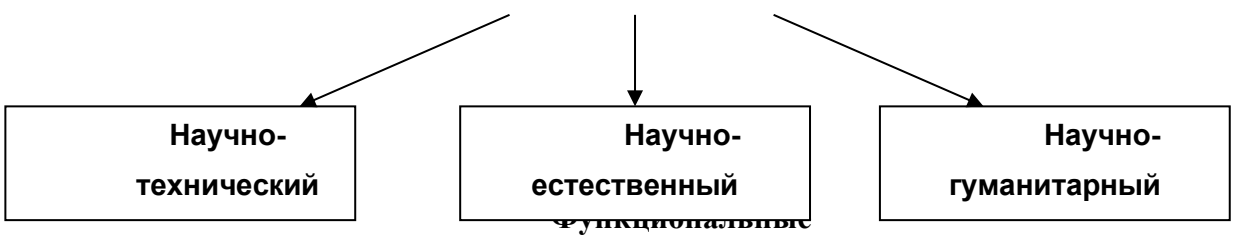
Основные языковые особенности научного стиля:

Языковые особенности	Примеры
Лексические	
1) термины	*обогащение полезных ископаемых, месторождение, осадочные породы, смешанослойный минерал, рудное тело* и др.
2) общенаучная лексика	*закон, теория, аспект, носитель, конструкция* и др.
3) книжная лексика абстрактного значения	*применение, явление, замедление, обязательство, подготовка* и др.
Морфологические	
1) частотность существительных	(Примерно 40 % существительных на единицу текста)
2) частотность форм родительного	*попадание в водоемы масло-*

падежа существительных	*смазывающих продуктов* (род. п.) *отдельных узлов* (род. п.) *механического оборудования* (род. п.) *гидротехнических сооружений* (род. п.) и т. п.
3) широкое использование существительных среднего рода	*отношение, употребление, дело, доказательство, заполнение* и др.
4) преобладание глаголов несовершенного вида настоящего времени	*равняется, оказывается, возрастает, наблюдается, составляет* и др.
5) полузнаменательные глаголы-связки	*есть, быть, являться*
6) употребление причастий и деепричастий	*подчеркнутый, обрабатываемый, соответствующий; замечая, решая, сменив* и др.
Синтаксические	
1) вводные слова и конструкции	*вероятно, возможно, таким образом; по словам ученых, по мнению большинства исследователей* и др.
2) бессубъектные конструкции	*карьер был разработан; оборудование было закуплено; проект был одобрен* и др.
3) безличные предложения	*необходимо отметить; следует подчеркнуть; можно сделать ряд выводов* и др.
4) обобщенно-личные предложения	*подчеркнем следующие положения; выделим важные особенности; отметим ряд недостатков* и др.
5) цепочки однородных членов	*Хорошие каталоги Интернета обеспечивают разнообразный дополнительный сервис: поиск по ключевым словам в базе данных, списки последних поступлений, списки наиболее интересных из них, выдачу случайной ссылки, автоматическое оповещение по электронной почте о свежих поступлениях.*
6) многокомпонентные сложные предложения с союзной связью	*Если эксперимент оправдывает надежды, то гипотеза детализируется и конкретизируется, а затем ставится новый эксперимент.*

Подстили научной речи:

Тематические



Функциональные

(с соответствующим жанром)



Задание 1. *Проанализируйте текст по следующей схеме:*

1. *Охарактеризуйте текст по стилеобразующим факторам научного стиля.*

2. *Докажите принадлежность текста к научному стилю с опорой на основные стилевые черты.*

3. *Определите отнесенность текста к тематическому и функциональному подстилю научного стиля.*

4. *Составьте план текста и сформулируйте главную мысль.*

5. *Выделите в тексте языковые особенности научного стиля.*

Вариант 1: ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ[7]

В геологии существует более ста различных специальностей и специализаций. Одни из них тесно связаны с химией (геохимическое направление), другие – с физикой (геофизическое направление), третьи – с биологией (палеонтологическое и палеобиологическое направления), четвертые – с математикой и кибернетикой (компьютерное моделирование геологических процессов), пятые – с астрономией и астрофизикой (космическая геология) и т. д.

В недрах Земли находятся залежи полезных ископаемых, вопросами поиска и разведки которых занимается геология. На земной поверхности протекают разнообразные геологические процессы, люди возводят здания и различные инженерные сооружения, строят транспортные магистрали. Задачей геологов является обеспечение их устойчивости и безопасного функционирования. Правильное решение этих двух основных практических задач немыслимо без глубокого знания общих закономерностей строения и развития отдельных геосфер. Раскрытие данных закономерностей и познание лежащих в их основе причин невозможны без изучения всей Земли, так как наша планета представляет собой единую природную среду и развивается так же, как и все планеты Солнечной системы.

Знание происхождения и эволюции Земли, условий образования и развития земной коры, ее строения и состава во взаимодействии с внешними оболочками – водной (гидросферой) и воздушной (атмосферой), а также с внутренними оболочками – земным ядром и мантией – составляет необходимое звено мировоззрения. Оно позволяет понять, как осуществляется постепенный переход от неживого неорганического мира к органическому, как эволюционируют живые существа и вместе с ними изменяются геологические процессы.

Велико и познавательно значение геологии как науки о Земле, ее строении, происхождении и развитии. Она затрагивает проблемы происхождения и эволюции жизни и природных условий. Геология всегда стояла в центре ожесточенной борьбы научных воззрений и научных школ против религиозных предрассудков.

---

[7] Геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – 7-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 6-7.

Практическое значение геологии огромно и разнообразно. Весь арсенал современной науки и техники основан на использовании продуктов земных недр – нефти, угля, различных металлов, строительных материалов, подземных вод и др. Воды минеральных источников используют в лечебных и бальнеологических целях. Для поисков, разведки и извлечения разнообразного минерального сырья из земных недр требуется прежде всего разработка методов обнаружения залежей полезных ископаемых, которые необходимы для промышленности, сельского хозяйства и строительства.

Среди полезных ископаемых различают рудные, или металлические, из которых добывают различные металлы, и нерудные, или неметаллические. Из последних добывают удобрения, каменную соль, серу, строительные материалы, драгоценные (алмаз, рубин, сапфир, изумруд), полудрагоценные (аметист, циркон, топаз, цитрин, нефрит, малахит и др.) и поделочные камни (яшма, кварциты и др.), а также горючие полезные ископаемые (нефть, каменный и бурый уголь, горючие сланцы, газ). Подземные воды (пресные и минеральные) также являются полезными ископаемыми. Поисками залежей подземных вод и практическим их использованием занимается специальная отрасль геологии – гидрогеология. В особые научные дисциплины выделились геология рудных и геология нерудных месторождений, геология горючих полезных ископаемых. Без знания геологического строения территории не обходится ни одно строительство промышленных и гражданских зданий, транспортных магистралей, трубопроводов и средств связи. Эта особая отрасль геологии именуется инженерной геологией. Работами, проводимыми в районах развития многолетней мерзлоты, занимается такая наука, как мерзлотоведение.

Все перечисленные специальные научные дисциплины образуют самостоятельный раздел геологии, который называется *практической*, или *прикладной*, геологией.

ВАРИАНТ 2: ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ[8]

Современная мировая экономика характеризуется неуклонным ростом потребления минерального сырья, расширением круга используемых в промышленности элементов, вовлечением в производство новых типов месторождений полезных ископаемых. Укрепление и совершенствование минерально-сырьевой базы России – основная задача геологической службы.

Обеспечение ресурсами и запасами не только действующих отраслей горнодобывающей промышленности, но и ее перспективных направлений требует оперативного решения проблемы освоения новых видов полезных ископаемых. Успешное осуществление геолого-разведочных работ возможно лишь при условии постоянного совершенствования теории и методов поисков и разведок месторождений полезных ископаемых. Результативность геолого-разведочной отрасли определяется уровнем научных и методических разработок, степенью использования современных поисково-разведочных средств.

Научные основы поисков и разведок месторождений полезных ископаемых созданы трудами нескольких поколений отечественных геологов, среди которых в первую очередь необходимо назвать Г. Д. Ажгирея, Я. Н. Белевцева, А. Г. Бетехтина, Ю. А. Билибина,

---

[8] Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [В. В. Авдонин, В. В. Мосейкин, Г. В. Ручкин и др.]; под ред. В. В. Авдонина. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 5-6.

П. П. Бурова, А. Б. Каждана, В. М. Крейтера, В. А. Обручева, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, С. С. Смирнова, А. А. Якжина и др.

Многими ведущими учеными были написаны замечательные учебники и методические руководства по поискам и разведкам месторождений, не утратившие своего значения до настоящего времени. Тем не менее в последние годы произошли существенные изменения в самой структуре минерально-сырьевой базы, оценке перспектив использования природных ресурсов и методов их вовлечения в промышленное использование.

В геолого-разведочной отрасли можно отметить несколько областей, в которых наблюдаются наиболее значимые изменения.

Во-первых, это касается совершенствования теории и методики поисковых работ. Во-вторых, широкое внедрение компьютерных технологий во все направления геолого-разведочного процесса качественно изменило методику подсчета запасов и оценки месторождений на всех стадиях их освоения.

Существенные изменения происходят и в методике добычных работ, в особенности в связи с требованиями экологической безопасности.

Наконец, необходимо учитывать еще одно важное обстоятельство. Наряду с неуклонно возрастающей потребностью в различных видах минерального сырья отчетливо проявляется тенденция истощения минерально-сырьевой базы, снижения открываемости новых месторождений, вовлечения в промышленное производство неблагоприятных по геологической позиции месторождений и руд более низкого качества. Эти причины стимулируют повышенный интерес к минерально-сырьевому потенциалу Мирового океана. Вследствие интенсификации научно-исследовательских и поисково-разведочных работ в океане в последние годы сложилась качественно новая ситуация – возникла необходимость решения проблем освоения минерально-сырьевых ресурсов океана в практической плоскости, что ознаменовалось интенсивными усилиями по разработке теоретических основ, методики и технических средств морских геолого-разведочных работ.

Авторский коллектив настоящего учебника постарался отразить в нем все важнейшие достижения, касающиеся поисков, разведки и эксплуатации месторождений и характеризующие современное состояние геолого-разведочной отрасли.

Вариант 3: ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА[9]

Полезные ископаемые, располагающиеся в земной коре в пределах территории страны, образуют ее минерально-сырьевую базу. Эти природные ресурсы называют богатством недр государства.

Добычу полезных ископаемых обеспечивают горно-добывающие отрасли промышленности, перспективы развития которых зависят прежде всего от состояния природных ресурсов. Их освоение играет важнейшую роль в развитии экономики России.

В нашей стране выявлены в промышленных концентрациях все виды минерального сырья, используемого в мировой практике.

Оценка прогнозных ресурсов, которую сегодня осуществляют в основном до глубины освоенных промышленностью недр, составляющей для твердых полезных ископаемых около 1 км, свидетельствует о том, что в России в обозримом будущем исчерпания минеральных

---

[9] Городниченко В. И., Дмитриев А. П. Основы горного дела: учебник для вузов. М.: Издательство «Горная Книга», Издательство московского государственного горного университета, 2008. С. 7-8.

ресурсов не предвидится, тем более что результаты исследований сверхглубоких скважин подтверждают наличие промышленных концентраций полезных компонентов на глубинах до 10 км.

По данным Министерства природных ресурсов России, в нашей стране 60–70 % запасов важнейших видов полезных ископаемых сосредоточено в ограниченном числе крупных месторождений. В настоящее время сохраняют свое значение освоенные крупные месторождения полезных ископаемых и имеют большие перспективы развития месторождения в регионах Сибири, Дальнего Востока и Севера.

В Сибири находится около 84 % разведанных запасов угля России (категории А, В, Сi), из них бурых и каменных углей примерно поровну. В этих запасах сосредоточено до 90 % коксующихся углей России и около 85 % особо ценных для коксования углей марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС.

В настоящее время в Сибири, включая республику Саха, добывается около 70 % углей России. Как считают эксперты, этот показатель будет возрастать в связи с сокращением добычи угля в европейской части страны, а также на Урале и Дальнем Востоке. Можно предположить, что основная роль в обеспечении потребностей страны в углях в будущем будет принадлежать Кузбассу.

Повышение эффективности производства имеет особое значение для горно-добывающих отраслей промышленности, которые обеспечивают топливом, минеральным сырьем и материалами многие отрасли экономики страны: черную и цветную металлургию, энергетику, химическую, строительных материалов, сельское хозяйство и др.

Результаты работы горных предприятий в значительной степени определяют уровень эффективности производства во всех других отраслях, потребляющих их продукцию.

Так, в общих затратах на производство цветных металлов затраты на добычу руды составляют более 50 %. В затратах на производство электроэнергии 60–70 % составляют затраты на топливо.

Повышение эффективности горного производства должно осуществляться путем его технического перевооружения, обеспечивающего снижение затрат на производство продукции, повышение качества продукции, экономное и рациональное использование трудовых и материальных ресурсов, комплексное освоение богатства земных недр.

Задание 2. *Отредактируйте предложения таким образом, чтобы они соответствовали научному стилю, запишите исправленный вариант. Определите, с чем связаны допущенные ошибки.*

1. В своей курсовой работе я хотел бы ответить на очень актуальные в наше нелегкое время вопросы. **2.** Авторы этих статей абсолютно неправильно думают, что только их точка зрения имеет право на существование. **3.** Выводы оказались неожиданными, на первый взгляд просто сумасшедшими. **4.** Однако вначале необходимо разобраться, есть ли угроза энергетического голода. **5.** Мне кажется, что первый способ решения проблемы более целесообразный. **6.** Стоит представить, а какой будет польза от этого изобретения. **7.** Компьютерный вирус – это сильный паразит! **8.** Современное состояние экономики, энергетики и экологии выдвигает необходимость проведения интердисциплинарных исследований. **9.** Это приводит к необходимости изыскания и выделения огромных усилий общества, чтобы противостоять результатам экологически опасных действий. **10.** В настоящее время сетевые технологии претерпевают бурное развитие. **11.** Свобода в современной России – это не столько свобода сотрудничества и доброжелательного диалога,

как своевольное навязывание своего понимания свободы ради сокрушения чужой. **12.** Математическая модель включала в себя систему уравнений, описывающая течение газа около криволинейной поверхности. **13.** Земля должна рассматриваться как некая квазизамкнутая система, ресурс жизнеобеспечения которой большой, но ограничен. **14.** Изучение новых материалов дает свои плоды. **15.** Используя метод аналогий, на кафедре систем управления разработан комплекс программных средств для изучения систем путем их моделирования.

ТЕМА 11. ОФИЦИАЛЬНО-ДЕЛОВОЙ СТИЛЬ

Цель – познакомиться со спецификой официально-делового стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности документов, их жанр, видеть реквизиты.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Официально-деловой стиль – это стиль, который обслуживает правовую и административно-общественную сферы деятельности. Он используется при написании документов, деловых бумаг и писем в государственных учреждениях, суде, а также в разных видах делового устного общения.

Среди книжных стилей официально-деловой стиль выделяется относительной устойчивостью и замкнутостью. С течением времени он, естественно, подвергается некоторым изменениям, но многие его черты: исторически сложившиеся жанры, специфическая лексика, морфология, синтаксические обороты – придают ему в целом консервативный характер.

Основные стилевые черты официально-делового стиля:

– **объективный**, **абстрагированный (неличный) характер изложения**, который проявляется в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения (отсутствуют местоименные и глагольные формы 2-го лица, ограничены – 1-го лица);

– **точность и детальность изложения**, которые не допускают каких-либо разночтений; быстрота понимания не является важной, так как заинтересованный человек в случае необходимости прочитает документ несколько раз, стремясь к полному пониманию;

– **стандартизированность**, **стереотипность изложения**, которая проявляется в том, что разнородные явления жизни в официально-деловом стиле укладываются в ограниченное количество стандартных форм (*анкета*, *справка*, *инструкция*, *заявление*, *деловое письмо* и т. д.);

– **долженствующе-предписующий характер изложения**, т. е. **волюнтативность** (выражение воли), которая в текстах выражается семантически (подбором слов) и грамматически (формы первого лица глагола – *предлагаю*, *приказываю*, *поздравляю*; формами должествования – *надлежит*, *необходимо*, *следует*, *предлагается*);

– **отсутствие выражения эмоций и оценок** (не употребляются эмоционально-экспрессивные средства).

Эти черты находят свое выражение 1) в отборе языковых средств (лексических, морфологических и синтаксических); 2) в оформлении деловых документов.

Основные языковые особенности официально-делового стиля:

Языковые особенности	Примеры
Лексические	
1) языковые штампы (канцеляризмы, клише)	*ставить вопрос, на основании решения, по собственному желанию, по семейным обстоятельствам, входящие-исходящие документы, контроль за исполнением возложить, по истечении срока* и др.
2) профессиональная терминология	*недоимка, алиби, черный нал, теневой бизнес, жилищный найм, прокурорский надзор, единовременное пособие* и др.
3) архаизмы	*оным удостоверяю, сей документ, в надлежащем виде, во избежание* и др.
4) тяготение к использованию родовых понятий с широкой и бедной семантикой	*прибыть* (вместо *приехать, прилететь, прийти* и т. д.), *транспортное средство* (вместо *автобус, самолет, «Волга»* и т. д.), *населенный пункт* (вместо *деревня, город, село* и т. д.), *помещение (вместо: квартира, цех, ангар, вестибюль, кров, обитель, апартаменты и т. д.)*
Морфологические	
1) существительные-названия людей по признаку, обусловленному действием	*налогоплательщик, ответчик, арендатор, свидетель* и др.
2) существительные, обозначающие должности и звания в форме мужского рода	*сержант полиции Ушакова, инспектор Неверова, ответчик Прошина* и др.
3) отглагольные существительные с частицей *не-*	*нелишение, неявка, несоблюдение, непризнание* и др.
4) производные предлоги	*в связи, в течение, за счет, в силу, по мере, в отношении, на основании* и др.
5) инфинитивные конструкции	*провести осмотр, оказать помощь, доказать невиновность* и др.
6) глаголы настоящего времени в значении обычно производимого действия	*обвиняемому обеспечивается право на защиту, за неуплату взимается штраф* и др.
7) сложные слова, образованные от двух и более основ	*бракосочетание, правонарушение, налогообложение, землепользование, пассажироперевозки, дачевладелец, нетрудоспособность, работодатель, квартиросъемщик, материально-технический, осенне-зимний, ремонтно-эксплуатационный, вышеуказанный, нижепоименованный* и др.

8) нанизывание существительных с суффиксом *-ние*	*Приготовлением к преступлению признается приискание и приспособление средств или орудий или умышленное создание условий для совершения преступлений....*
9) гигантский пласт официальных наименований номенклатуре учреждений, профессий, должностей и т. п.	*Российское акционерное общество «Единая энергетическая система России», Открытое акционерное общество «Нефтяная компания «Лукойл», Всероссийский научно-исследовательский институт документоведения и архивного дела, главный научный сотрудник, заместитель командира полка по инженерной службе, главный специалист сектора делопроизводства компании, председатель Военной коллегии Верховного Суда Российской Федерации, депутат Государственной Думы РФ и др.*
10) широкое использование аббревиатур	*РФ, МИД, МЧС, ФСБ, РЖД, Сбербанк, МОК, СМИ, РПЦ, УГГУ, ЕГЭ, ОСАГО, ТРЦ, ТК, УФМС, МОУ, ФГБОУ, ГТО, ГОСТ, ФГОС, КамАЗ, Роспечать и др.*
11) употребление цепочки имен существительных в родительном падеже	*Для применения (род. п.) мер (род. п.) общественного воздействия (род. п.); в целях широкой гласности (род. п.) работы (род. п.) Министерства (род. п.) высшего образования (род. п.); результаты деятельности (род. п.) органов (род. п.) налоговой полиции (род. п.)* и др.
Синтаксические	
1) употребление простых предложений с однородными членами, причем ряды этих однородных членов могут быть весьма распространенными (до 8–10)	*Объектами общей собственности крестьянского хозяйства является имущество: земельный участок, насаждения, хозяйственные или иные постройки, мелиоративные и другие сооружения, продуктивный и рабочий скот, птица, сельскохозяйственная и иная техника, оборудование, транспортные средства, инвентарь и другое имущество* и др.
2) наличие пассивных конструкций	*платежи вносятся в указанное время, сроки выплат установлены на год* и др.
3) преобладание сложных предложений, в особенности сложноподчиненных, с придаточными	*При наличии спора о размерах причитающихся уволенному работнику сумм администрация обязана уплатить указанное*

условия	*в настоящей статье возмещение в том случае, если спор решен в пользу работника*.

Документ – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими её идентифицировать.

Форма документа (схема, отражающая семантико-информативную структуру текста) предоставляет в распоряжение его составителя определенный набор **реквизитов** (необходимые элементы оформления документа) и определенную их **композицию** (последовательность и порядок их размещения в тексте). Состав реквизитов, требования к реквизитам и бланкам документов устанавливаются ГОСТом. В настоящее время это ГОСТ Р 6.30-2003 «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов».

	Состав реквизитов документа
1.	Государственный герб Российской Федерации
2.	Герб субъекта Российской Федерации
3.	Эмблема организации или товарный знак
4.	Код организации
5.	Основной государственный регистрационный номер юридического лица (ОГРН)
6.	Идентификационный номер налогоплательщика / код причины постановки на учет (ИНН / КПП)
7.	Код формы документа
8.	Наименование организации
9.	Справочные данные об организации
10.	Наименование вида документа (жанр документа)
11.	Дата составления документа
12.	Регистрационный номер документа
13.	Ссылка на регистрационный номер или дату документа
14.	Место составления или издания документа
15.	Адресат
16.	Гриф утверждения документа
17.	Резолюция
18.	Заголовок к тексту
19.	Отметка о контроле
20.	Текст документа
21.	Отметка о наличии приложения
22.	Подпись
23.	Гриф согласования документа
24.	Визы согласования документа
25.	Оттиск печати
26.	Отметка о заверении копии
27.	Отметка об исполнителе
28.	Отметка об исполнении документа и направлении его в дело
29.	Отметка о поступлении документа в организацию

30.	Идентификатор электронной копии документа

Состав реквизитов конкретного документа определяется его видом и назначением. К наиболее частотным реквизитам можно отнести: **адресата**, **адресанта**, **название жанра документа**, **основной текст документа**, **список приложений**, **дату** и **подпись**. Логическому делению текста способствует его рубрикация, деление на части с помощью внутренних заголовков, подзаголовков, нумерация или графически единообразное выделение всех однотипных частей.

Способы классификации документов:

1. ***По месту составления***: *внутренние* и *внешние* документы. **Внутренний** документ создаётся в рамках одной организации, где работают и составитель, и адресат текста (*приказы администрации предприятия, служебные записки, должностные инструкции* и др). **Внешние** документы предназначаются адресатам, работающим на других предприятиях (*все виды деловых писем, приказы и распоряжения вышестоящих организаций* и др.).

2. ***По содержанию***: *простые* и *сложные*. **Простые** документы посвящены решению одного вопроса (*заявление*, *объяснительная записка* и другие виды личной документации), **сложные** – двух и более (*приказы*, *письма*, *инструкции*).

3. ***По форме***: *индивидуальные* и *типовые*. **Индивидуальные** документы предполагают некоторую самостоятельность текста и элементы творческого подхода, что не исключает их стандартизованности (*отдельные виды писем, служебных и докладных записок*). **Типовые** документы строятся на базе заранее заданного текста путём видоизменения его отдельных элементов; чаще всего эти документы одинаковы для групп однородных предприятий (*штатное расписание, положение о персонале* и др.). Если в типовом документе постоянные элементы отпечатаны типографским способом, а для переменных предусмотрены пробелы, которые заполняются при его составлении, то такой документ называют **трафаретным** (*анкеты, некоторые виды справок, трудовые договоры*).

4. ***По срокам исполнения***: *срочные* и *бессрочные*. В **срочных** документах содержится указание на выполнение некоторых действий в ограниченный временной период (*распоряжения, указания* и др.). Действие **бессрочных** документов не ограничено временными рамками (*указы, законы, некоторые виды инструкций*).

5. ***По происхождению***: *служебные* и *личные*. **Служебные** документы направлены на реализацию интересов организации (*приказы, деловые письма, контракты*). **Личные** документы, как правило, отражают взаимодействие отдельного физического лица с официальными органами или другими лицами (*заявление, доверенность, расписка, объяснительная записка* и др.).

6. ***По виду оформления***: *подлинник* (подписанный и надлежащим образом оформленный экземпляр документа, составленный в первый раз), *копия* (абсолютно точно воспроизводит подлинник, но имеет ограниченную юридическую силу, за исключением нотариально заверенных.), *дубликат* (копия, имеющая одинаковую силу с подлинником, выдающаяся в случае его утери) и *выписки* (воспроизведение только одной из частей подлинника).

7. ***По функции***: **организационные** документы, направленные на регламентацию деятельности организации или предприятия (*устав, положение, штатное расписание, положение о персонале, должностную инструкцию*), **распорядительные** документы,

содержащие конкретные распоряжения (*приказы, распоряжения, указания, решения*)., **информационно-справочные** документы, документы **по персоналу предприятия** (*трудовой договор, личные карточки, учётные карточки, анкеты*), **письма**, **договоры**.

Задание 1. *Проанализируйте текст официально-делового стиля:*

1. *Укажите характеристику данного текста с точки зрения классификации документов.*

2. *Обозначьте реквизиты и композиционные элементы государственного документа.*

3. *Опишите стилевые и языковые особенности текста*[10].

Федеральный закон от 1 июня 2005 г. N 53-ФЗ
«О государственном языке Российской Федерации»

С изменениями и дополнениями от: 2 июля 2013 г., 5 мая 2014 г.
Принят Государственной Думой 20 мая 2005 года
Одобрен Советом Федерации 25 мая 2005 года

Настоящий Федеральный закон направлен на обеспечение использования государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации, обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации, защиту и развитие языковой культуры.

Статья 1. Русский язык как государственный язык Российской Федерации

1. В соответствии с Конституцией Российской Федерации государственным языком Российской Федерации на всей ее территории является русский язык.

2. Статус русского языка как государственного языка Российской Федерации предусматривает обязательность использования русского языка в сферах, определенных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами, Законом Российской Федерации от 25 октября 1991 года N 1807-I «О языках народов Российской Федерации» и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, его защиту и поддержку, а также обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации.

3. Порядок утверждения норм современного русского литературного языка при его использовании в качестве государственного языка Российской Федерации, правил русской орфографии и пунктуации определяется Правительством Российской Федерации.

4. Государственный язык Российской Федерации является языком, способствующим взаимопониманию, укреплению межнациональных связей народов Российской Федерации в едином многонациональном государстве.

5. Защита и поддержка русского языка как государственного языка Российской Федерации способствуют приумножению и взаимообогащению духовной культуры народов Российской Федерации.

6. При использовании русского языка как государственного языка Российской Федерации не допускается использование слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка (в том числе нецензурной брани), за

[10] Возможна работа по вариантам: 1 вариант – анализ Статьи 1; 2 вариант – анализ Статьи 3; 3 вариант – анализ статьи 4.

исключением иностранных слов, не имеющих общеупотребительных аналогов в русском языке.

7. Обязательность использования государственного языка Российской Федерации не должна толковаться как отрицание или умаление права на пользование государственными языками республик, находящихся в составе Российской Федерации, и языками народов Российской Федерации.

<…>

Статья 3. Сферы использования государственного языка Российской Федерации

1. Государственный язык Российской Федерации подлежит обязательному использованию:

1) в деятельности федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности, в том числе в деятельности по ведению делопроизводства;

2) в наименованиях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности;

3) при подготовке и проведении выборов и референдумов;

4) в конституционном, гражданском, уголовном, административном судопроизводстве, судопроизводстве в арбитражных судах, делопроизводстве в федеральных судах, судопроизводстве и делопроизводстве у мировых судей и в других судах субъектов Российской Федерации;

5) при официальном опубликовании международных договоров Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов;

6) во взаимоотношениях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности и граждан Российской Федерации, иностранных граждан, лиц без гражданства, общественных объединений;

7) при написании наименований географических объектов, нанесении надписей на дорожные знаки;

8) при оформлении документов, удостоверяющих личность гражданина Российской Федерации, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации, изготовлении бланков свидетельств о государственной регистрации актов гражданского состояния, оформлении документов об образовании и (или) о квалификации установленного в соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2012 года N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» образца, а также других документов, оформление которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется на государственном языке Российской Федерации, при оформлении адресов отправителей и получателей телеграмм и почтовых отправлений, пересылаемых в пределах Российской Федерации, почтовых переводов денежных средств;

9) в продукции средств массовой информации;

9.1) при показах фильмов в кинозалах;

9.2) при публичных исполнениях произведений литературы, искусства, народного творчества посредством проведения театрально-зрелищных, культурно-просветительных, зрелищно-развлекательных мероприятий;

10) в рекламе;

11) в иных определенных федеральными законами сферах.

1.1. В сферах, указанных в пунктах 9, 9.1, 9.2 и 10 части 1 настоящей статьи, и в иных предусмотренных федеральными законами случаях наряду с государственным языком Российской Федерации могут использоваться государственные языки республик, находящихся в составе Российской Федерации, другие языки народов Российской Федерации, а в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, также иностранные языки.

<…>

Статья 4. Защита и поддержка государственного языка Российской Федерации

В целях защиты и поддержки государственного языка Российской Федерации федеральные органы государственной власти в пределах своей компетенции:

1) обеспечивают функционирование государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации;

2) разрабатывают и принимают федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, разрабатывают и реализуют направленные на защиту и поддержку государственного языка Российской Федерации соответствующие федеральные целевые программы;

3) принимают меры, направленные на обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации;

4) принимают меры по совершенствованию системы образования и системы подготовки специалистов в области русского языка и преподавателей русского языка как иностранного языка, а также осуществляют подготовку научно-педагогических кадров для образовательных организаций с обучением на русском языке за пределами Российской Федерации;

5) содействуют изучению русского языка за пределами Российской Федерации;

6) осуществляют государственную поддержку издания словарей и грамматик русского языка;

7) осуществляют контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации о государственном языке Российской Федерации, в том числе за использованием слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка, путем организации проведения независимой экспертизы;

8) принимают иные меры по защите и поддержке государственного языка Российской Федерации.

<…>

Президент Российской Федерации В. Путин

Задание 2. *Проанализируйте следующий текст*[11]*:*

1. *Обозначьте реквизиты и структурно-содержательные элементы документа.*

2. *Опишите стилевые и языковые особенности.*

3. *Имеются ли в тексте документа средства, не соответствующие требованиям официально-делового стиля? Докажите свою точку зрения.*

[11] Текст Регламента приводится без изменений и исправлений.

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор УГГУ, профессор
_____ Н.П. Косарев

РЕГЛАМЕНТ
ношения форменной одежды преподавателями,
сотрудниками и студентами УГГУ

1. Общие положения

Форменная одежда УГГУ – важнейший наряду с флагом и гербом символ корпоративной чести и достоинства, принадлежности преподавателей, сотрудников и студентов к высшему учебному заведению – Уральскому государственному горному университету.

Ношение форменной одежды в установленных случаях является почетным правом и обязанностью (моральным долгом) всех преподавателей, сотрудников и студентов УГГУ, облегченных этим доверием. По решению ректора почетное право ношения форменной одежды предоставляется заслуженным выпускникам.

Отказ от форменной одежды рассматривается как пренебрежение горняцким единством и неуважение к корпоративной символике Уральского государственного горного университета.

2. Руководящий состав университета: члены Ученого совета, включая ректорат, деканов, заведующих кафедрами, представителей студенческого, ветеранского и профсоюзного актива, а также руководителя управления отделов и служб, не входящие в Ученый совет, обязаны носить форму в следующих случаях:

- на всех рабочих совещаниях, проводимых ректором, первым проректором и проректором по научной работе;
- на заседаниях Ученого совета и Президиума Ученого совета университета, ученых советах факультетов;
- на торжественных собраниях сотрудников и студентов, митингах, конференциях, проводимых по планам ректората и деканатов;
- при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и других официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также политическими, общественными и научными организациями.

3. Преподаватели университета, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

- во время лекционных занятий;
- при участии в собраниях студентов, преподавателей, конференциях и митингах;
- при посещениях ректората и деканатов.

4. Сотрудники из числа административно-управленческого персонала (помощники ректора, проректоров, референты, секретари) обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

- при нахождении на рабочем месте в дни проведения крупных общеуниверситетских мероприятий, при приеме делегаций, гостей и в иных случаях по распоряжению ректора;
- при участии, в том числе при орг. техническом обеспечении заседании Ученого совета и ректорских совещаний;

– при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

5. Студенты – представители студенческого актива, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде:

– при посещении ректората, деканатов;
– на всех официальных мероприятиях, проводимых в университете;
– при участии в официальных мероприятиях, проводимых вне стен университета органами власти, политическими, общественными, научными и образовательными учреждениями.

6. По собственной инициативе студенты, сотрудники и преподаватели университета могут находиться в форменной одежде во всех случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и ее функциональному назначению.



Ученый секретарь совета, профессор О. В. Ошкордин
28.09.2005 г.

Задание 3. *Проанализируйте текст[12] с точки зрения использованных языковых средств, характерных для официально-делового стиля. Опишите средства, с помощью которых в тексте реализуется такая стилевая черта, как волюнтативность.*

Есть ли в Правилах отступления от требований официально-делового стиля? Подтвердите свою точку зрения, опираясь на текст документа.



Правила внутреннего распорядка обучающихся
в ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Дата введения 01 сентября 2014 года

<…>

5. Основные права и обязанности обучающихся

5.1 Права обучающихся

Обучающиеся в университете имеют право:

– получать образование в соответствии с ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) обучаться в пределах этих стандартов по индивидуальным учебным планам, ускоренным курсам обучения;

– бесплатно пользоваться библиотечно-информационными ресурсами, получать дополнительные (в том числе платные) образовательные услуги;

– участвовать в управлении университетом;

– свободно выражать собственные мнения и убеждения;

[12] Текст Правил внутреннего распорядка приводится без изменений и исправлений.

– выбирать факультативные (необязательные для данного направления подготовки (специальности) и элективные (избираемые в обязательном порядке) курсы, предлагаемые факультетом и кафедрой;

– участвовать в формировании содержания своего образования при условии соблюдения требований ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) среднего профессионального и высшего образования; указанное право может быть ограничено условиями договора, заключенного между студентом и физическим или юридическим лицом, оказывающим ему содействие в получении образования и последующем трудоустройстве;

– осваивать помимо учебных дисциплин по избранным направлениям подготовки (специальностям) любые другие учебные дисциплины, преподаваемые в университете, в порядке, предусмотренном Уставом, а также преподаваемые в других высших учебных заведениях (по согласованию между их руководителями);

– определять по согласованию с деканатом и кафедрами набор дисциплин по специальности в пределах, установленных учебным планом, а также посещать дополнительно любые виды учебных занятий, проводимых в университете;

– ставить перед деканом и ректором, руководителем территориально обособленного учебного подразделения вопрос о замене преподавателей, не обеспечивающих должное качество учебного материала, нарушающих расписание занятий, иные правила организации учебно-воспитательного процесса;

– участвовать в обсуждении и решении важнейших вопросов деятельности университета и его обособленных структурных подразделений, в том числе через общественные организации и органы управления;

– бесплатно пользоваться услугами учебных, научных, лечебных и других подразделений университета в порядке, установленном Уставом;

– принимать участие во всех видах научно-исследовательских работ, конференциях, симпозиумах;

– совмещать учебу с профессиональной деятельностью и иной работой;

– представлять свои работы для публикации, в том числе в изданиях университета;

– обжаловать приказы и распоряжения администрации высшего учебного заведения в установленном законодательством РФ порядке;

– переходить с платного договорного обучения на бесплатное обучение в порядке, предусмотренном Уставом университета;

– получать от университета информацию о положении дел в сфере занятости населения и возможностях трудоустройства по специальности в соответствии с заключенными договорами и законодательством о занятости выпускников образовательных учреждений.

Обучающиеся в университете по заочной форме, выполняющие учебный план, имеют право на дополнительный оплачиваемый и не оплачиваемый отпуск по месту работы, на сокращенную рабочую неделю и на другие льготы, которые предоставляются в порядке, устанавливаемом законодательством РФ (ст. 173-176 ТК РФ).

Обучающиеся в университете имеют право на свободное посещение мероприятий, не предусмотренных учебным планом.

Обучающиеся в университете имеют право на перевод в другое образовательное учреждение, реализующее образовательную программу соответствующего уровня, при согласии этого образовательного учреждения и успешном прохождении ими аттестации.

Обучающиеся в университете по очной форме обучения имеют право на получение отсрочки от призыва на военную службу в соответствии с Федеральным законом «О воинской обязанности и военной службе».

5.2 Обязанности обучающихся

Обучающиеся в университете обязаны:

– добросовестно посещать учебные занятия, глубоко овладевать теоретическими знаниями, практическими навыками и современными методами для работы по избранной специальности;

– выполнять в установленные сроки все виды заданий, предусмотренных соответствующими учебными планами и программами обучения;

– постоянно повышать общую культуру, нравственность и физическое совершенство;

– нетерпимо относиться к недостаткам в учебно-воспитательном процессе и быту;

– бережно и аккуратно относиться к учебным и иным помещениям, оборудованию, учебным пособиям, литературе, приборам, другому имуществу университета; без соответствующего разрешения студентам запрещается выносить предметы и оборудование из лабораторий, кабинетов, аудиторий, учебных, бытовых корпусов и других помещений;

– нести материальную ответственность за ущерб, причиненный имуществу университета в соответствии с нормами действующего законодательства;

– незамедлительно сообщать в администрацию университета о возникновении ситуации, представляющей угрозу жизни и здоровью людей, сохранности имущества университета;

– соблюдать требования Устава университета, настоящие Правила и Правила проживания в общежитиях;

– поддерживать деловую репутацию, честь и престиж университета.

Обучающиеся в территориально обособленном учебном подразделении университета (филиале) помимо указанных выше правомочий пользуются правами и исполняют обязанности, предусмотренные Положением о соответствующем структурном подразделении или договорами о профессиональной подготовке, включая договоры на индивидуальную подготовку специалиста.

При неявке на занятия по уважительным причинам обучающийся ставит об этом в известность декана факультета, руководителя (уполномоченного работника) иного учебного структурного подразделения и в первый день явки на учебу представляет данные о причине неявки и документы установленного образца (справки, письма, телеграммы и т. п.), содержащие сведения оправдательного характера.

5.3 Требования к ношению формы

Обучающиеся в университете должны быть дисциплинированными и опрятными, вести себя достойно в университете, на улице, в общественном месте и в быту. В соответствии с решением Ученого совета университета от 25.06.2004 года, обучающиеся обязаны носить форменную одежду в ниже перечисленных случаях:

– на всех совещаниях, проводимых ректором, проректорами и деканами факультетов;

– на торжественных собраниях коллектива, митингах и конференциях;

– при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и иных официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также общественными и

научными организациями, на которых обучающиеся университета являются его представителями;

– при участии, в т. ч. организационно-техническом обеспечении заседаний Ученого совета университета и ректорских совещаний; при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

– в иных случаях по распоряжению ректора.

По собственной инициативе обучающиеся университета могут находиться в форменной одежде в иных случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и её функциональному назначению.

Запрещается ношение предметов формы одежды измененных или неустановленных образцов, а также знаков различия, не предусмотренных Положением о форменной одежде.

<…>

ТЕМА 12. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕЛОВЫХ БУМАГ

Цель – научиться оформлять основные жанры деловых бумаг.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (требуется записать определение, основные реквизиты и образец):

Заявление – это документ, содержащий просьбу, предложение или жалобу какого-либо лица.

Заявление, как и большинство деловых бумаг, составляется в произвольной форме от руки или печатается на листе бумаги формата А4.

Основные реквизиты заявления:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Сведения об адресате (должность, ФИО полностью, в некоторых случаях адрес или другая контактная информация).

3. Наименование жанра документа.

4. Основной текст заявления с точным изложением просьбы, предложения или жалобы.

5. Опись приложений к документу, если они имеются.

6. Дата.

7. Подпись.

Образец оформления заявления

Декану ФГиГ
проф. Талалаю А. Г.
от студента группы МПГ-16
Волкова Михаила Владимировича

Заявление

Прошу отпустить меня с занятий на 3 дня с 25 по 27 октября 2018 года в связи с участием в областных соревнованиях по футболу.

Копию справки-вызова прилагаю.

01.10.2018 г.

Доверенность – это документ, выдаваемый одним лицом (доверителем) другому лицу (доверенному) для представительства перед третьими лицами и дающий право доверенному лицу действовать от имени доверителя.

Доверенность предоставляет полномочия доверенному лицу предпринимать за доверителя какое-либо действие. В зависимости от вида полномочий различают три вида доверенности: 1) **разовая** (дает право на совершение одного конкретного действия), 2) **специальная** (дает право на совершение однородных действий), 3) **генеральная** (дает право на общее управление имуществом доверителя).

Основные реквизиты разовой доверенности:

1. Наименование жанра документа.

2. Наименование доверителя (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

3. Наименование доверенного лица (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

4. Формулировка доверяемой функции.

5. Дата.

6. Подпись.

Образец оформления разовой доверенности

Доверенность

Я, Зорянова Евгения Михайловна, студентка группы ВД-16 (паспорт: серия 3209 № 345177, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Чкаловском районе гор. Екатеринбурга 09.06.2009 г., проживающая по адресу: г. Екатеринбург, ул. 8 марта, д. 104, кв. 190), доверяю Соловчуку Сергею Станиславовичу, студенту группы ГМО-17 (паспорт: серия 5404 № 654321, выдан Железнодорожным РУВД г. Ульяновска 13.09. 2008 г., проживающему по адресу: г. Екатеринбург, ул. Сулимова, д. 63, кв. 77), получить в кассе УГГУ мою стипендию за март 2017 года.

25.02.2017 г. 

Расписка – это документ, подтверждающий произведенное кем-либо определенное действие (получение ценных предметов).

Расписка всегда составляется от руки. Если она имеет особо важное значение, ее необходимо заверить.

Основные реквизиты расписки:

1. Наименование жанра документа.

2. Наименование лица, получившего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

3. Наименование лица, выдавшего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

4. Точное наименование полученных ценностей с указанием количества (цифрами и прописью).

5. Дата, до которой необходимо вернуть полученные ценности.

6. Дата.

7. Подпись.

Образец оформления расписки

Расписка

Я, Воробьева Наталия Александровна, студентка группы УП-17 (паспорт: серия 5009 № 2435672, выдан отделом УФМС Ленинского района г. Новосибирска 25.09.2005 г., проживающая по адресу: Свердловская область, г. Первоуральск, ул. Горького, д. 7, кв. 5), получила от Штиппеля Артемия Павловича, инженера кафедры ГД (паспорт: серия 6507 № 575849, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Кировском районе г. Екатеринбурга 05.10.2004 г., проживающего по адресу: г. Екатеринбург, пер. Красный, д. 34, кв. 33), 10 000 (десять тысяч) рублей.

Обязуюсь вернуть указанную сумму до 31 декабря 2017 г.

07 ноября 2017 г. 

Докладная записка – это документ, информирующий адресата о сложившейся ситуации, а также содержащий выводы и предложения составителя.

Основной текст докладной записки делится на две части:

- в первой излагаются причины, послужившие поводом для ее написания;
- во второй анализируется сложившаяся ситуация, содержатся выводы и предложения о действиях, которые необходимо предпринять.

Основные реквизиты докладной записки:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Наименование жанра документа.

3. Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

4. Опись приложений к документу, если они имеются.

5. Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

6. Дата.

Образец оформления докладной записки

Ректору УГТУ
проф. Душину А. В.

Докладная записка

24 декабря 2018 г. примерно в 12.30 я сдал свой пуховик в гардероб 4 учебного корпуса. Через два часа (после окончания праздничных мероприятий) я попытался получить пуховик по бирке, но его не оказалось на вешалке. Студенты, дежурившие в гардеробе в тот день, отказались объяснять, что произошло и куда пропала моя одежда.

Прошу разобраться в сложившейся ситуации и помочь с поисками пуховика.

Описание прилагается.

Студент группы ТБ-17  */Вутенко Б. Н./*
25 декабря 2018 г.

Объяснительная записка – это документ, объясняющий причины какого-либо события, факта, поступка (нарушения трудовой или учебной дисциплины, невыполнение задания, поручения и т. д.).

Основной текст объяснительной записки делится на две части:

- в первой излагаются, констатируются факты нарушения;
- во второй объясняются причины нарушения.

Основные реквизиты объяснительной записки:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Наименование жанра документа.

3. Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

4. Опись приложений к документу, если они имеются.

5. Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

6. Дата.

Образец оформления объяснительной записки

Зав. кафедрой ИЯДК
доц. Юсуповой Л. Г.

Объяснительная записка

05.03.2018 г. я опоздала на практическое занятие по иностранному языку по причине транспортной аварии на перекрестке улиц Малышева и Гагарина.

Выданную транспортным предприятием справку прилагаю.

Студентка группы МЭ-15  */Вайслер Ю. М./*

07.03.2018 г.

Задание 1. *Напишите от своего имени следующие жанры деловых бумаг:*

а) заявление с просьбой продлить Вам сессию на неделю;

б) заявление с просьбой принять Вас на работу;

в) доверенность на получение Вашей стипендии в этом месяце;

г) расписку в получении Вами образцов минералов для выполнения лабораторной работы;

д) докладную записку о пропаже Ваших личных вещей из аудитории;

е) объяснительную записку о пропуске Вами занятий в течение недели;

ж) объяснительную записку о неявке на экзамен.

Задание 2. *Исправьте допущенные ошибки в оформлении и содержании следующих документов. Обратите внимание на нарушение разного типа языковых норм (орфографических, пунктуационных, лексических и грамматических). Запишите исправленный вариант.*

Текст 1

Декану УГТУ
От студента III курса очной формы обучения факультета гражданской защиты
Волк Василия Васильевича

заявление

В связи с отъездом на лидерские сборы очень прошу разрешить не посещать мне занятия на следующей неделе.

09.09.18 г. 

Текст 2

Ректору УГТУ

Н. П. Косареву

доверенность.

Я, Задорин Виктор, студент УГТУ, даю право на получение получаемой мной стипендии студенту Гудину Александру Геннадьевичу (паспорт 6509 номер 124338, ул. Мира, 90-1).

1.5.18 г.  */Задорин В. З./*

Текст 3

Кафедре ИЯДК

расписка

Я – Пустник Валентин Тимурович, прошу выдать мне учебные пособия для практических занятий. Автор – Мясникова Юлия Марковна в размере одной штуки. Паспортные данные – серия 6102, номер 879521, УФМС России, дата рождения – 19.02.2000 года, проживаю в городе Лангепас на улице Парковая, 7.

Обязуюсь вернуть в срок.

25 сентября 

Текст 4

Декану ГМФ
Козину Владимиру
Зиновьевичу

Докладная

Уважаемый Владимир Зиновьевич!

Сегодня я, Курпатова Вера, студентка ГМФ, оставила без присмотра свои вещи в учебной аудитории 2240. При возвращении моих вещей в аудитории не было. Я очень расстроилась.

Пропали: куртка черная кожанная, красная сумка в цветочек, белый платок.



1 октября 2018 года

Текст 5

Зав. кафедры ТТФ Волкову М. Н.
От студента Хлебникова Семена.

Объяснительная о прогуле

Я, Семен Хлебников, отсутствовал на занятиях два месяца всвязи болезни. Справку из 6 городской больницы прилогаю.

01.11.18 *Хлебников С.*

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 c. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html
2. *Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).
3. *Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.
4. *Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.: Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания).

Дополнительная литература

1. *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)
2. *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.
3. *Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html
4. *Гавриленко Р. И., Меленскова Е. С., Шалина И. В.* Русский язык и культура речи: учебное пособие. 4-е изд., стереотип. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 84 с.
5. *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи: учебное пособие. М.: Логос, 2005. 432 с. (и другие стереотипные издания)
6. *Данцев А. А., Нефёдова Н. В.* Русский язык и культура речи для технических вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 320 с. (и другие стереотипные издания)
7. Дускаева Л. Р., Протопопова. О. В. Стилистика официально-деловой речи: учебное пособие. М.: Академия, 2012. 272 с.
8. *Карякина М. В*. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.
9. *Кореньков Е. В., Пушкарева Н. В.* Русский язык и культура речи: учебник. М.: Проспект, 2013. 376 с.
10. *Котюрова М. П.* Стилистика научной речи: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: Академия, 2012. 240 с.
11. *Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 c. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html
12. *Лыткина О. И.* Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html

13. *Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.

14. *Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.

15. *Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.

16. *Миняева В. И.* Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.

17. *Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон. текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. – 190 с. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html

18. *Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон. текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html

19. *Словарь-справочник по культуре речи*: для школьников и студентов / Отв. ред. А. А. Евтюгина. - Екатеринбург: У-Фактория, 2004. 334 с.

20. *Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон. текстовые данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация http://docs.cntd.ru/document/1200031361).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Колтунова М. В.* Язык и деловое общение. Нормы. Риторика. Этикет. М.: Экономика, 2000. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bibliotekar.ru/delovoe-obschenie/index.htm
4. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
5. *Русский язык и культура речи/* под ред. Максимова В. И. М., 2001 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.bibliotekar.ru/russkiy-yazyk/
6. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
7. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 4*
Маркшейдерское дело

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Одобрена на заседании кафедры Иностранных языков и деловой коммуникации	Рассмотрена методической комиссией горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
к. п. н., доц. Юсупова Л. Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 17.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Самостоятельная работа обучающегося в образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

Основные виды аудиторных занятий по дисциплине «Русский язык и культура речи» – лекция и практическое занятие.

Формы контроля самостоятельной работы студентов – опрос, дискуссия, проверка на практическом занятии, контрольная работа, разноуровневые задания, зачет.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет 112 часов.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					76
1	Повторение материала лекций (подготовка к опросу)	1 час	0,1-4,0	1,0 х 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса (подготовка к опросу по Разделу 3)	1 тема	1,0-8,0	5,0 х 3	15
3	Подготовка к практическим занятиям (к выполнению разноуровневых заданий в аудитории, к опросу)	1 занятие	0,3-2,0	2,0 х 8	16
4	Подготовка к дискуссии	1 занятие	1,0-4,0	4,0 х 1	4
5	Подготовка к контрольной работе и ее выполнение	1 работа	1,0-25,0	25,0 х 1	25
Другие виды самостоятельной работы					36
6	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	2,0 х 6	12
7	Подготовка к тесту (зачету)	1 тест	1,0-25,0	25 х 1	24
	Итого:				**112**

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет 128 часов и 4 часа на зачет. Итого – 132 часа.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					114
1	Повторение материала лекций (подготовка к опросу)	1 час	0,1-4,0	1,0 х 8	8
2	Самостоятельное изучение тем курса (1 тема из Раздела 1; 3 темы из Раздела 2; 7 тем из Раздела 3)	1 тема	1,0-8,0	7,0 х 11	77

3	Подготовка к практическим занятиям (к выполнению разноуровневых заданий в аудитории)	1 занятие	0,3-2,0	2,0 х 2	4
4	Подготовка к контрольной работе и ее выполнение	1 работа	1,0-25,0	1,0 х 25	25
Другие виды самостоятельной работы					18
5	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	2,0 х 7	14
6	Подготовка к зачету	1 зачет	1,0-25,0	4,0 х 1	4
	Итого:				**132**

Подготовка к лекции и опросу

Необходимость самостоятельной работы по подготовке к лекции или опросу определяется тем, что изучение любой дисциплины строится по определенной логике освоения ее разделов, представленных в РУП данной дисциплины.

Перечень основных вопросов для самоконтроля.

Раздел 1. Культура речи и деловое общение

1. Каковы основные отличия общения в официальной и неофициальной обстановке?
2. Какие функции общения реализуются в ситуации занятия? Каких функций необходимо избегать?
3. Какие выделяются стили общения? Назовите плюсы и минусы каждого из них.
4. Какие основные требования предъявляются к деловому общению?
5. Какую роль играют невербальные средства в официальной ситуации общения?
6. По каким аспектам мы оцениваем культуру речи каждого человека?
7. Почему наши тексты должны соответствовать коммуникативным качествам речи?

Раздел 2. Современный русский язык. Типология языковых норм

1. Что такое естественные и искусственные языки? Каковы их отличительные особенности?
2. Как соотносятся понятия «язык» и «речь»?
3. Как можно охарактеризовать современный русский язык?
4. Какие разновидности выделяются в национальном русском языке?
5. Что такое литературный язык? Как это понятие соотносится с литературно-художественным стилем?
6. Перечислите основные особенности русского литературного языка.
7. Перечислите типы языковых норм. Что такое императивная и диспозитивная норма?

Раздел 3. Стилистика русского языка. Официально-деловой стиль

1. Что такое функциональный стиль?
2. По каким критериям происходит разделение функциональных стилей? Есть ли что-то объединяющее для всех стилей?
3. Перечислите функциональные стили, которые выделяются в современном русском языке. Почему не всеми учеными признается выделение литературно-художественного стиля?

4. По каким признакам можно классифицировать документы?
5. Каковы основные стилевые особенности официально-делового стиля?
6. Какие требования предъявляются к оформлению документов?
7. Какие нормы необходимо соблюдать в документах?

Часть тем дается на самостоятельное изучение с опорой на список предложенной литературы. Перечень и тем их количество определяется формой обучения.

Очная форма

1. Общая характеристика функциональных стилей
2. Научный стиль русского языка
3. Стилевая, языковая и жанровая специфика научного стиля

Заочная форма

1. Общая характеристика общения и делового общения
2. Язык как знаковая система
3. Разновидности национального русского языка и их характеристика
4. Литературный язык и его признаки
5. Система функциональных стилей русского языка
6. Общая характеристика функциональных стилей
7. Научный стиль русского языка
8. Стилевая, языковая и жанровая специфика научного стиля
9. Официально-деловой стиль русского языка
10. Стилевые и языковые особенности официально-делового стиля
11. Классификация документов и правила их оформления

Подготовка к практическому занятию

Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, с которым предстоит работа на занятии, или отработку навыков, проверка которых состоится непосредственно в аудитории (например, выполнение аналогичных, однотипных заданий). Здесь же можно отметить еще один вид СРО – это **выполнение самостоятельного письменного домашнего задания.**

К практическим занятиям студенты самостоятельно готовят задания, посвященные лексикографии:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – С. 4-10.

Особое внимание при подготовке уделяется заданию 4, которое выполняется письменно.

К Разделу 3 по указанному пособию необходимо сделать следующую работу самостоятельно:

Стр. 35-37 – конспект

Зад. 45 стр. 38-40, зад. 47 стр. 41-47 (в качестве подготовки к тестированию)

Стр. 47-50 – конспект

Зад. 48 стр. 50-56 (по вариантам в сильных группах)

Стр. 77-82 – конспект

Зад. 53 стр. 82-83, зад. 54 стр. 83-84 (в качестве подготовки к разноуровневым заданиям)

Подготовка к дискуссии

Дискуссия – это целенаправленное обсуждение конкретного вопроса, сопровождающееся обменом мнениями, идеями между двумя и более лицами. Задача дискуссии – обнаружить различия в понимании вопроса и в споре попытаться установить истину. Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и другой, которая не имеет общепринятого, однозначного решения) происходит в аудитории коллективно. Дискуссия позволяет включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса в рамках актуальной проблематики, оценить их умение формулировать и аргументировать собственную точку зрения.

При подготовке к дискуссии необходимо выбрать актуальную тему, разбиться на три группы 1) те, кто будет отстаивать точку зрения «ЗА», 2) те, кто будет приводить контраргументы и отстаивать позицию «ПРОТИВ», и 3) сторонние наблюдатели, которые будут оценивать происходящее и объяснять, почему они склоняются в итоге к мнению первой или второй команды. Первые две группы готовят тексты своих выступлений заранее. Также заранее можно сформулировать вопросы, которые будут корректироваться по ходу дискуссии.

Подготовка к контрольной работе

Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя:

- изучение конспектов лекций, посвященных темам Раздела 2;
- повторение учебного материала, полученного при подготовке к практическим занятиям и во время их проведения;
- изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых умений и навыков;
- выполнение упражнений, по аналогии с которыми составлены задания в контрольной работе.

Перед контрольной работой по орфографии и пунктуации рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения по пособию:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 5-12 стр. 10-19

В случае возникновения трудностей при выполнении упражнений можно обратиться к следующим учебным пособиям:

Культура устной и письменной речи делового человека: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания). Раздел «Трудные случаи орфографии и пунктуации» стр. 135-148.

Миняева В. И. Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с. (и другие издания)

Перед контрольной работой на разные типы языковых норм рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения, на основе которых данная работа составлена:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология

геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)

Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)

Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)

Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Часть этих упражнений преподаватель на свое усмотрение может предложить в качестве самостоятельного письменного домашнего задания.

Подготовка к зачету

Зачет является традиционной формой проверки знаний, умений и навыков, сформированных у студентов в процессе освоения всего содержания изучаемой дисциплины.

Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: прежде всего нужно перечитать все лекции, конспекты, а также просмотреть материалы, которые самостоятельно готовились к лекциям или практическим занятиям. Поскольку зачет проходит в форме теста, можно предварительно потренироваться выполнять тестовые задания по дисциплине «Русский язык и культура речи».

Для подготовки к тесту рекомендуется использовать учебное пособие:

Меленскова Е. С. Культура речи и деловое общение: Тестовые задания для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011.

Тестовые задания позволяют обобщить полученные теоретические знания (часть заданий нацелена на проверку знания теории курса) и практические навыки (часть тестовых заданий составлена с опорой на упражнения, которые студенты выполняют при подготовке к занятиям).

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основная литература

№ п/п	*Наименование*	*Кол-во экз.*
1	*Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 c. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html	Электронный ресурс
2	*Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).	166
3	*Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.	98
4	*Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.	101

2. Дополнительная литература

№ п/п	*Наименование*	*Кол-во экз.*
1.	*Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)	216
2.	*Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.	19
3.	*Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html	Электронный ресурс
4.	*Карякина М. В*. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.	40
5.	*Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 c. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html	Электронный ресурс
6.	*Лыткина О. И.* Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html	Электронный ресурс
7.	*Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.	38
8.	*Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.	27
9.	*Миняева В. И.* Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.	20
10.	*Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон. текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. – 190 c. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html	Электронный ресурс
11.	*Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон. текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 c. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html. – ЭБС «IPRbooks».	Электронный ресурс
12.	*Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон. текстовые	Электронный ресурс

	данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html	
13.	*Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.:Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания)	169

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация http://docs.cntd.ru/document/1200031361).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
4. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
5. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru.

Автор-составитель: Меленскова Е. С., кандидат филологических наук, доцент

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПСИХОЛОГИЯ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

специализация
Маркшейдерское дело

Автор: Чащегорова Н.А., доцент, к.ф.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Управление персоналом	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т. А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И. О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 6. 03. 2020г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические рекомендации к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	15
6	Заключение	18
	Список использованных источников	19

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированном заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

---

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

3.Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр

Основной целью проведения студенческих деловых игр во внеаудиторное время является привитие студентам навыков решения конкретных управленческих вопросов и накопление ими практического опыта в решении процедурных вопросов на основе создания конкретных деловых ситуаций, максимально приближенных к реальным жизненным условиям.

Деловая игра – это воспроизведение деятельности хозяйственных руководителей и кадров управления, игровое моделирование систем управления.

Деловые игры в отличие от других методов обучения позволяют наиболее полно воспроизводить деятельность руководителей и специалистов, выявить проблемы и причины появления, разрабатывать и оценивать варианты решения проблем, принимать решение и определять механизм его реализации. Это дает возможность рассматривать проблему не вообще, а как конкретную, вытекающую из хозяйственной деятельности конкретного предприятия (организации).

Одним из видов деловой игры является ролевые игры.

Ролевая игра – это метод, при котором участники игры с помощью проигрывания определенных ролей в свободной от риска ситуации обнаруживают свои значимые черты поведения в профессиональной ситуации, а также самостоятельно критически анализируют их, формируют и развивают. Роли, могут быть: директор, руководитель проекта, отдела, специалист и т.д.

Типичными техниками ролевых игр являются:

- самостоятельное (в пределах темы) конструирование ситуации;
- определение участниками общего количества ратей и их персональное распределение;
- обмен ролями в ходе игры;
- использование дублирования при отработке ролей;

Методические рекомендации

На первом этапе следует ознакомиться с целью игры и необходимой исходной информацией. Студенты самостоятельно выбирают определенную проблему или конкретную ситуацию и по желанию формируют команды таким образом, чтобы это была творческая группа.

Второй этап – самостоятельная работа студентов в командах. Здесь активно используется практический опыт каждого участника, уточняются позиции и вырабатываются обобщающие выводы или решения. При коллективном обсуждении в командах необходимо, чтобы свою точку зрения имел возможность высказать каждый участник. Коллективное обсуждение проблемы позволяет выявить разные подходы к решению одной и той же проблемы или задачи. Очень важно использование принципа консенсуса, т.е. единогласное принятие общих решений, но не путем голосования, а на основе предварительного согласия. Однако это не означает, что кто-либо из участников и в этом случае не может выйти на коллективное обсуждение в общей группе со своей точкой зрения.

Третий этап – дискуссия в группе. Каждая команда докладывает свой вариант разрешения рассматриваемой проблемы. Участники других команд выступают в качестве оппонентов, задают вопросы, выступают с критическими замечаниями или в поддержку предоставленного проекта.

Возможны случаи, когда участники не формируются в команды, а распределяются по определенным ролям. В этих играх для решения проблемы прежде всего определяется состав действующих лиц и устанавливаются их задачи. Дискуссия идет с учетом определенных ролей.

Для преодоления скованности участников, облегчения их вживания в роль и естественности их поведения желательна минимизация вмешательства руководителя в процесс игры. Функции руководителя сводятся главным образом к ознакомлению участников с условиями, целями и техниками игры, обеспечению ее нормального протекания, общему контролю за ее процессом и оказанию в случае необходимости методической помощи в достижении игровых целей, а также к общему подведению итогов, включающему, если это целесообразно, индивидуальные советы и рекомендации ее участникам.

Ходе проведения ролевых и деловых игр практически не отличается от рассмотренных ранее. Разница в том, что в первом случае выступают представитель команды, а во втором участник деловой игры действует в рамках ролевой должности.

На практических занятиях, проходящих в форме деловой игры, ее участники должны приобрести необходимые знания и практические навыки:

– по постановке стратегических и оперативных целей работы организации;

– выработке экономических решений и оценки влияния факторов внешней и внутренней среды на реализацию этих решений;

– освоению и отработки навыков коллективного генерирования идей, делового общения при выработке групповых решений;

– выявление различных точек зрения на экономическую проблему

На предприятиях ролевые игры наиболее часто используются для обучения руководителей правильному ведению собеседования, распределению заданий, обеспечению поддержки сотрудниками коллективного задания, руководству командой и т.д. С их помощью сотрудники повышают свои знания и умения в области принятия самостоятельных решений, своевременного просчитывания их последствий, развития делового общения и т.п. Ролевые игры особенно эффективны при карьерном обучении, когда сотрудник проигрывает комплекс функций, вытекающих из его будущих должностных обязанностей.

Базирование ролевых игр на повседневных, личностно значимых ситуациях обеспечивает высокую ангажированность, вовлеченность их участников. Это в свою очередь облегчает личностное принятие вырабатываемых образцов поведения, идентификацию решений и рекомендаций, перенос отработанных в игре образцов поведения в повседневные практические отношения.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что

необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

О. В. Садырева, И. Г. Коршунов

Ф И З И К А

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург

2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Учебно-методическим советом УГГУ

Председатель совета
_____Упоров С.А.

ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург, 2019

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры физики 26 марта 2019 года (протокол № 19) и рекомендованы для издания в УГГУ

ФИЗИКА. Методические указания для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки/Садырева О.В., Коршунов И.Г.; Урал.гос. горный ун-т.– Екатеринбург, 2019.– 29 стр.

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:

- Внимательно прочитать условие задачи.
- Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
- Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
- Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
- Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
- Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать но оси координат и записать в скалярной форме.
- Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
- После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
- Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3{,}52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1{,}29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.

2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с2 , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?

3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.

4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.

5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?

6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S = 800 + 8t - 0{,}5\,t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?

8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.

9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

10. На горизонтальной платформе шахтной клети находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/^{2} , при спуске с ускорением 9,8 м/с^2.

11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.

13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. =736 Вт). Определить коэффициент трения.

14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением 0,5 м/^{2}, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30°.

15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5°.

16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$.Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.

17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки 1,2 кН·м. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом 0,6 м, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен 0,5.

19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой $8с^{-1}$.Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1м.
23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с. Определить момент сил трения.

2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 106 Па и температуре 20°С? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и темпера-тура 16°С. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°С и 7°С. Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом $C_2 H_2$ при температуре 27° С до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена из-расходована, если давление в баллоне при температуре 23°С стало равным 14 МПа ? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450° С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600° С, если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно 10^5 Па, а начальная температура 17° С?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 $см^3$ воздуха в секунду при давлении 50 атм ?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800° С. До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°С, γ=1,4?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до 10^{-15} мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 $см^3$ при указанном давлении и температуре 27° С ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана CH_4 до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20° С, а после него 2600° С. Молярная масса 0,016 кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода CO, принимая этот газ за идеальный.

38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.

39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°C до 100° C надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47° C, а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° C до 2000° C. Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны 1,25 кДж/(кг·К) и 0,96 кДж/(кг·К).

42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 $м^3$ в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.

43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227° C. Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежечасно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9° C. Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?

45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?

46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит 0,02Кл заряда. Ширина ремня 0,3м, скорость его движения 20 м/с. Какой заряд проходит ежесекундно через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?

48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3$ км и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м.

49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой пластины 10 нКл. Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см.

50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ, расстояние 1 мм, диэлектрик слюда ($\varepsilon = 6$), площадь каждой пластины 300 $см^2$?

51. Какую работу надо совершить , чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от 0,03 м до 0,1 м? Площадь пластин 100 $см^2$. Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В.

52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В, потребляя ток в 40 А. Напряжение на электростанции 120 В, а расстояние до нее 1 км. Определить сечение медных соединительных проводов ($\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом м).

53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 1,5 мм для изготовления спирали вулканизатора , применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали 5,5 Ом, а удельное сопротивление нихрома $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом м?

54. Цена деления прибора $1,5 \cdot 10^{-5}$ А /дел. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом. Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А?

55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре 30^0 С. Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м. Площадь сечения проводов 0,8 $мм^2$, $\rho = 0{,}017$(Ом· $мм^2$ /м), $\alpha = 0{,}0044$ град-1.

56. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?

57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 8 А мощность 14,4 Вт.

58. Ток в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение 30 с. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 50 А. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние 5 см от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром 10 см, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе 0,2 А. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля 12,8 А /м . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли,
если обмотка тангенс–буссоли имеет 10 витков радиусом 25 см. При токе 0,64 А стрелка отклоняется на угол 45°.

63. Плоский контур площадью 20 см ² находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см и вакуумным зазором 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800.

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита , если проводник массой 10 г и длиной 1м при токе в нем 19,6 А висит в поле , не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется проводник длиной 10 см со скоростью 15 м /с, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника 15 $см^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике 1,4 Тл. Вычислить величину средней ЭДС , возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение 0,001с.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 $см^2$, длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника
0,56м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой 1500 $мин^{-1}$. Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 $мин^{-1}$. Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 $мин^{-1.}$ Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 $с^{-1}$.

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0{,}5\sin t$, $y = 2\cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону $x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний $y = 0{,}1\sin 0{,}5\pi t$ (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2{,}3\cdot 10^3$ кг/м^3.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4\pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25см, в момент времени 10^{-4} с. Скорость волны $5\cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см^2 и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см^2.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2{,}5\cdot^{10\text{-}6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух

пластин площадью 75 см^2 каждая, рас-стояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 25 нФ. На обкладках конденсатора сосредоточен заряд 2,5 мкКл. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2{,}5\cdot10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц?

93. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 0,01 м^2 и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью 0,5 мГн. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В. На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50\cos10^4\pi t$(В). Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80пФ и катушки с индуктивностью 1,2 мГн. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура 0,5 мГн. Какова должна быть электроемкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая, расстояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 $см^2$ каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга I мм, расстояние от щелей до экрана 3м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0°, длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза (n=1,5) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете (λ =600 нм).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Нью-она в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1°. Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?

110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет (λ=0,6 мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на I мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен 35°. Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.
116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43°. Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57°. Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45°. Во сколько раз
уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60°?

120. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4$К. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 К, определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт. Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 $см^2$.

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна 0,55 Дж. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре 1100 К посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм. Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 $см^2$, чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм. Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона I эВ?

128. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм.

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы

отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью 100 $см^2$ ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно 2,2·10-7Н/$м^2$. Сколько фотонов падает на I $см^2$за одну секунду?

6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна 1,097·107$м^{-1}$.

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.

136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона 9,1·10^{-31}кг, масса протона 1,67·$10^{-27кг}$.

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью 6·10^6м/с, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения (λмин =77,6 пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в возбужденном состоянии (n=2).
Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.
46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?
147. В одномерной потенциальной яме шириной *l* находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса L_Z орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной *l*
с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии (n=3).

7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция $_{38}Sr^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько β-частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа $_{11}Na^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат $_{92}U^{238}$ массой 1 г излучает $1{,}24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода $_{53}J^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько β-частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора $_{15}P^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.
158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра $_7N^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. (m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра $_6C^{12}$, если известно, что m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0$n1 = 1,00867 а.е.м.; m $_{12}C^6$ = 12,00000 а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. (m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода $_8O^{16}$, если m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.;
m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_8O^{16}$ = 1 5,99491 а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома $_{11}Na^{23}$, если m $_{11}Na^{23}$ = 22,98977а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $_3Li^7$, если известно, что m $_3Li^7$ =7,01601 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода $_1H^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра $_5B^{11}$,если известны следующие массы: m $_5B^{11}$ = 11,00931 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра $_{11}Na^{23}$, если известны следующие массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_{11}Na^{23}$ = 22,98977 а.е.м.; m $_{11}Na^{22}$ = 21,99444 а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $_2He^4$,если известны массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра $_8O^{16}$ ($_8O^{16} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1H^1$). m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_8O^{16}$ = 15,99491 а.е.м.; m $_7N^{15}$ = 15,00011 а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
$_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_0n^1$, если m $_{13}Al^{27}$ =2 6,98154 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_{15}P^{30}$= 29,97263 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.

172.Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: $1H^2 + {}_1H3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$, если m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_1H^3$ =3,01605 а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция $_2He^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1H^1$. Вычислить энергию этой реакции. (m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.; m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции $_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$. (m $_7N^1$ ^{4}= 14,00307а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м ; m $_6C^{14}$= 14,00324 а.е.м.; m $_1H^1$= 1,00783 а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции $_3Li6 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$. (m $_3Li^6$ = 6,01513 а.е.м.; m $_1H^2$= 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ =4 ,00260 а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра $_6C^{14}$? Известны массы: m $_6C^{14}$ = 14,00324 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.; m $_6C^{13}6$ = 13,00335а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить $_6C^{12}$ на три равные части.(m $_6C^{12}$= 12,00000 а.е.м.; m $_2He^4$= 4,00260 а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции $_{20}Ca^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_{19}K^{41} + 2He^4$. ($m\ {}_{20}Ca^{4\,4}$= 43,95549 а.е.м.; $m\ {}_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ {}_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ {}_{19}K^{41}$= 40,96184 а.е.м.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

8.1 Основная литература

.

1.	И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с.
2.	В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.)
3.	Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23753.html - ЭБС «IPRbooks».
4.	Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62614.html -ЭБС «IPRbooks».
5.	Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с.

Дополнительная литература

1. И..Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/48021.html -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30092.html - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45392.html - ЭБС «IPRbooks».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Некоторые физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	c	$3.00 \cdot 10^{8}$ м/с
Гравитационная постоянная	G	$6.67 \cdot 10^{-11}$ м^3/(кг·с^2)
Число Авогадро	N_A	$6.02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8.31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Атомная единица массы	*1а.е.м.*	$1.660 \cdot 10^{-27}$ кг
Элементарный заряд	e	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ε_0	$8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	h $\hbar$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с $1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж/с

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка			Множитель	Приставка			Множитель
Наименование	Обозначение			Наименование	Обозначение		
	русское	международное			русское	международное	
экса	Э	E	10^{18}	деци	д	d	10^{-1}
пэта	П	P	10^{15}	санти	с	c	10^{-2}
тера	Т	T	10^{12}	милли	м	m	10^{-3}
гига	Г	G	10^{9}	микро	мк	μ	10^{-6}
мега	М	M	10^{6}	нано	н	n	10^{-9}
кило	к	k	10^{3}	пико	п	p	10^{-12}
Гекто	г	h	10^{2}	фемто	ф	f	10^{-15}
Дека	да	da	10^{1}	атто	а	a	10^{-18}
П р и м е ч а н и е: Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.)							

Приложение 3

Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Модуль упругости	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Частота колебаний	герц	Гц
Термодинамическая температура	кельвин	К
Разность температур	кельвин	К
Теплота, количество теплоты	джоуль	Дж
Количество вещества	моль	моль
Электрический заряд	кулон	Кл
Сила тока	ампер	А
Потенциал электрического поля, электрическое напряжение	вольт	В
Электрическая емкость	фарад	Ф
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Электрическая проводимость	сименс	См
Магнитная индукция	тесла	Тл
Магнитный поток	вебер	Вб
Индуктивность	генри	Гн
Сила света	кандела	кд
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Поток излучения	ватт	Вт
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр
Активность изотопа	беккерель	Бк

Приложение 4

Внесистемные единицы

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна атомная единица массы	т а.е.м.	10^3 кг $1.66 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута час сутки	мин ч сут	60 с 3600 с 86400 с
Плоский угол	градус минута секунда град	…• …′ …″ град	$1.74 \cdot 10^{-2}$ рад $2.91 \cdot 10^{-4}$ рад $4.85 \cdot 10^{-6}$ рад $(\pi/200)$ рад
Объем, вместимость	литр	Л	10^{-3} м^3
Длина	астрономическая единица световой год парсек	а.е. св. год пк	$1.50 \cdot 10^{11}$ м $9.46 \cdot 10^{15}$ м $3.08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	Дптр	1 м$^{-1}$
Площадь	гектар	Га	10^4 м^2
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
П р и м е ч а н и е: Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками.			

Приложение 5

Плотность некоторых твердых тел

Твердое тело	Плотность, г/см^3	Твердое тело	Плотность, г/см^3
Алюминий	2.70	Цезий	1.90
Барий	3.50	Каменная соль	2,2
Ванадий	6.02	Латунь	8,55
Висмут	9.80	Марганец	7,40
Железо (чугун, сталь)	7.88	Платина	21,4
Литий	0.53	Золото	19,3
Медь	8.93	Висмут	9,8
Никель	8.90	Уран	18,7
Свинец	11.3	Цинк	7.15
Серебро	10.5	Вольфрам	19,3

Приложение 6

Плотность некоторых жидкостей и газов

Жидкость (при 15° С)	Плотность, г·/см^3	Газ (при нормальных условиях	Плотность, кг/м^3
Вода (дистиллированная при 4°С)	1.00	Водород	0.09
Глицерин	1.26	Воздух	1.29
Керосин	0.8	Гелий	0.18
Ртуть	13.6	Аргон	1,78
Масло (оливковое, смазочное)	0.9	Азот	1,25
Масло касторовое	0.96	Кислород	1.43
Сероуглерод	1.26		
Эфир	0.7		
Спирт	0.80		

Приложение 7

Удельное сопротивление ρ некоторых материалов

Материал	Удельное сопротивление, Ом·м	Материал	Удельное сопротивление, Ом·м
Алюминий	$2{,}53\cdot10^{-8}$	Ртуть	$9{,}6\cdot10^{-7}$
Алюминий провод	$2{,}87\cdot10^{-8}$	Свинец	$2{,}08\cdot10^{-7}$
Бумага	10^{15}	Серебро	$1{,}6\cdot10^{-8}$
Вода дистиллированная	10^{4}	Сталь литая	$1{,}3\cdot10^{-7}$
Вода морская	0,3	Сталь чистая	$1{,}01\cdot10^{-7}$
Вольфрам	$5{,}5\cdot10^{-8}$	Стекло	10^{11}
Графит	$3{,}9\cdot10^{-6}$	Стекло кварцевое	10^{16}
Железо чистое	$9{,}8\cdot10^{-8}$	Угольные щётки	$4\cdot10^{-5}$
Железо	$8{,}7\cdot10^{-8}$	Цинк	$5{,}9\cdot10^{-8}$
Золото	$2{,}2\cdot10^{-8}$	Чугун серый	$1\cdot10^{-6}$
Константан	$5\cdot10^{-7}$	Никель	$8{,}7\cdot10^{-8}$
Масло парафиновое	10^{14}	Нихром	$1{,}12\cdot10^{-6}$
Магний	$4{,}4\cdot10^{-8}$	Олово	$1{,}2\cdot10^{-7}$
Манганин	$4{,}3\cdot10^{-7}$	Платина	$1{,}07\cdot10^{-7}$
Медь	$1{,}72\cdot10^{-8}$	Медь провод	$1{,}78\cdot10^{-8}$

Приложение 8

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Ацетон	21,4	Парафин	2,0
Вакуум	1,0	Парафинированная бумага	2,0
Воздух	1,000594	Полиэтилен	2,2
Вода	81	Слюда	7,0
Вода дистиллированная	31	Спирт этиловый	25,1
Воск	7,8	Спирт метиловый	33,5
Керосин	2,0	Стекло	7,0
Масло	5,0	Фарфор	5,0
Масло трансформаторное	2,2	Эбонит	2,6

Приложение 9

Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Название букв
A, α	Альфа	N, ν	ню
B, β	Бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	Гамма	O, o	омикрон
Δ, δ	Дэльта	Π, π	пи
E, ε	Эпсилон	P, ρ	ро
Z, ς	Дзета	Σ, σ	сигма
H, η	Эта	T, τ	тау
Θ, θ	Тэта	Y, υ	ипсилон
J, i	Иота	Φ, φ	фи
K, κ	Каппа	X, χ	хи
Λ, λ	Ламбда	Ψ, ψ	пси
M, μ	Ми	Ω, ω	омега

СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ	3
1. Механика	4
2. Молекулярная физика и термодинамика	7
3. Электричество и магнетизм	10
4. Механические и электромагнитные колебания и волны	12
5. Волновая и квантовая оптика	15
6. Квантовая физика и физика атома	18
7. Элементы ядерной физики	19
Список литературы	23
Приложения	24

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ХИМИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Попова М.Н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Химии	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 02.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.20
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение 3

2. Строение атома 4

3. Химическая кинетика и равновесие 6

3.1. Скорость химических реакций 6

3.2. Химическое равновесие 8

4. Растворы электролитов 11

4.1. Концентрация растворов 11

4.2. Электролитическая диссоциация 16

4.3. Гидролиз солей 20

5. Окислительно-восстановительные процессы 23

5.1. Окислительно-восстановительные реакции 23

5.2. Гальванические элементы 26

5.3. Электрохимическая коррозия 29

5.3. Электролиз растворов 31

6. Номера вариантов 36

7. Список литературы 40

8. Приложение 41

Введение

Без химии трудно представить прогресс в горном деле. Все сферы горного производства пронизаны современной химической наукой и технологией. Поэтому горный инженер любой специальности должен обладать достаточными знаниями в области химии.

Основной вид занятий студентов–заочников – самостоятельная работа над учебным материалом. По курсу химии она складывается из следующих этапов: изучение материала по учебникам и учебным пособиям; выполнение контрольной работы, посещение лекций, выполнения лабораторного практикума, сдачи зачёта или экзамена в период экзаменационной сессии. К лабораторному практикуму допускаются только студенты, сдавшие в срок контрольные задания.

Контрольную работу студент должен писать в тетради и сдавать для регистрации в деканат. На обложке тетради указать фамилию, имя, отечество, номер группы, номер варианта, название специальности. Обязательно полностью переписать условия заданий, иначе работа не будет проверена. Вариант задания соответствует последним двум цифрам номера зачётной книжки (или студенческого билета) студента (номера вариантов «соответствующих заданий приведены в конце данной методической разработки»).

1. Строение атома

Задание 1. Какой подуровень заполняется в атоме электронами после заполнения подуровня 4p?

Решение. Подуровню 4p отвечает сумме n+l, равная 4+1=5. Такой же суммой n+l характеризуют подуровни 3d(3+2=5) и 5s(5+0=5) . Однако состоянию 3d отвечает меньшее значение n(n=3), чем состоянию 4p, поэтому подуровень 3s будет заполняться раньше, чем подуровень 4p. Следовательно, в соответствии с правилом Клечковского после заполнения подуровня 4p будет заполняться подуровень 5d, которому отвечает на единицу большее значение n(n=5) .

Задание 2. Напишите электронные формулы атомов и ионов, укажите положение их в периодической системе Д. И. Менделеева (номер периода, группа, подгруппа): Na^+; Cl^-

Решение. Электронная формула химического элемента натрия следующая: 1s2 2s2 2p6 3s1. Он расположен в третьем периоде, первой группе, главной подгруппе периодической системы Д. И. Менделеева.

Электронная формула иона Cl^-: 1s2 2s2 2p6 3s2 3p6. Хлор расположен в третьем периоде, седьмой группе, главной подгруппе периодической системы Д. И. Менделеева.

Каждое задание содержит 2 вопроса (а, б)

Задания к разделу 2

Номер задания	а) Укажите численные значения главного и орбитального квантовых чисел данных подуровней, рассчитайте последовательность их заполнения	б) Напишите электронные формулы предложенных атомов и ионов, укажите их положение в системе (номер периода, группа, подгруппа)
1	3p; 4s; 2p	Fe; Na^{+}
2	3d; 4p; 3p	Co; Br^{-}
3	5d; 4p 4d	Ni; Ba^{2+}
4	3d; 4f; 5s	Zn; Ca^{2+}
5	4d; 4s; 5s	Sn; S^{2-}
6	6s; 4p; 4f	W; Bi^{3+}
7	3d; 5s; 7p	S; La^{3+}
8	4d; 6s; 5d	F; Tl^{3+}
9	4p; 5p; 4f	Br; Zr^{4+}
10	3d; 3p; 2s	Al; Hg^{2+}
11	5d; 3s; 6s	Pb; Au^{3+}
12	6d; 4f; 5p	Ge; Ag^{+}
13	5d; 3p; 4d	Ga; Sb^{3+}
14	7s; 6p; 4d	Ni; Bi^{3+}
15	5d; 4p; 3d	Cl; Pb^{2+}
16	5s; 6s; 4p	Y; Hf^{4+}
17	6p; 5f; 6d	Zr; At^{-}
18	5d; 5s; 4f	Ta; Ga^{3+}
19	3s; 4d; 3p	Mo; Cu^{2+}
20	5f; 4d; 4s	Cr; Se^{2-}

3. Химическая кинетика и равновесие

3.1 Скорость химических процессов

В зависимости от характера реакции скорость определяется следующим образом. Для гомогенных систем (однородным по составу и свойствам) скорость измеряется:

$$V = \frac{\Delta \cdot C}{\Delta \cdot \tau}$$

где V – скорость химической реакции, моль/л·сек.

ΔC – изменение концентрации вещества за время $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$

τ_1 – исходный момент времени, с,

τ_2 – текущий момент времени, с ($\tau_2 > \tau_1$)

В гетерогенных системах (состоящих из 2х или более однородных частей, находящихся в разном фазовом состоянии) при определении скорости концентрации твердых веществ не учитываются. Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ, концентрации, температуры, давления и присутствия катализаторов.

Скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению молярных концентраций реагирующих веществ.

Пример 1. $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

$V^{\rightarrow} = k \cdot C_{H2} \cdot C_{Cl2}$

где k – константа скорости прямой реакции

C_{H2}- концентрация водорода, моль/л

C_{Cl2}- концентрация хлора, моль/л

Концентрация веществ может обозначаться квадратными скобками, заключенными вокруг формулы вещества. Например, для этой реакции скорость прямой реакции можно записать так:

$V^{\rightarrow} = k \cdot [H_2] \cdot [Cl_2]$

Зависимость скорости реакции от температуры определяется правилом Вант-Гоффа: при повышении температуры на каждые 10^0 скорость большинства реакций увеличивается в 2-4 раза

$$\nu_2 = \nu_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

где γ – температурный коэффициент скорости реакции, значения которого для большинства реакций лежит в интервале от 2 до 4.

ν_2 - скорость реакции при температуре t_2, °C

ν_1 - скорость реакции при температуре t_1, °C

Пример 2. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,8. Во сколько раз возрастёт скорость реакции при повышении температуры от 20^0 до 75 ^{0}C ?

Решение. $t_2 - t_1 = 75 - 20 = 55$ °C. Обозначив скорость реакции при 20° и 75° соответственно ν_1 и ν_2 получаем: $\nu_2 / \nu_1 = 2{,}8^{55/10} = 2{,}8^{5{,}5} = 287$.

Скорость реакции увеличится в 287 раз.

2.2 Химическое равновесие

Состояние системы, при котором скорости прямой и обратной реакции равны, называют химическим равновесием. Состояние равновесия характеризуется константой равновесия K_c.

Гомогенная система:

$2CO_{(г)} + O_2 = 2CO_{2\ (г)}$

$$K_c = \frac{C^2_{CO_2}}{C^2_{CO} C_{O_2}}$$

где C_{co}; C_{O2}; C_{CO2} – равновесные концентрации веществ, моль/л.

Гетерогенная система:

Fe_2O_3 (т) + $3H_2$ (г) = 3Fe (т)+$3H_2O$ (г)

$$K_c = \frac{C^3_{H2O}}{C^3_{H_2}}$$

В выражении константы равновесия концентрация твердой фазы не входит, так как она является практически постоянной величиной.

На состояние равновесия системы влияют давление, концентрация реагирующих веществ и температура. Система может находиться в состоянии равновесия бесконечно долго. Если изменить условия его

существования, равновесие будет нарушено. Переход из одного равновесного состояния в другое называют смещением равновесия. Определить направление смещения равновесия позволяет принцип Ле Шателье: если находящаяся в равновесии система подвергается внешнему воздействию, равновесие смещается в направлении, которое способствует ослаблению этого воздействия.

Пример. 1 Для реакции N_2 (г)+ $3H_2$ (г) = $2NH_3$ (г) в какую сторону смещается равновесие если увеличить концентрацию аммиака и давление?

Решение: С увеличением концентрации аммиака равновесие смещается влево. С увеличением давления в этой системе равновесие смещается вправо.

Пример 2. В системе А(г)+2В(г)=С(г) равновесные концентрации равны C^p_a =0,06 моль/л, $C^p_в$ =0,12 моль/л , C^p_c =0,216 моль/л . Найти константу равновесия реакции и исходные концентрации веществ А и В.

Решение: Константа равновесия выражается уравнением:

$$К_c = \frac{C^p_c}{C^p_a C^2_в} = \frac{0{,}216}{0{,}06 \cdot (0{,}12)^2} = 250$$

Для нахождения исходных концентраций веществ А и В следует учесть, что согласно уравнению реакции, из 1 моль А и 2 моль В образуется 1 моль С. Поскольку по условию задачи в каждом литре системы образовалось 0, 216 моль вещества С, то при этом было израсходовано 0,216 моль вещества А и 0,216*2 = 0,432 моль вещества В. Таким образом, искомые исходные концентрации равны:

C^o_a = 0,06+0,216=0,276 моль/л,

$C^o_в$ = 0,12+0,432=0,552 моль/л.

Задания к разделу 2.

21. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$Si + 2H_2O \leftrightarrow SiO_2+2H_2$

22. Рассчитайте исходную концентрацию CO для реакции, если равновесные концентрации [CO]=0,01, [COS] = 0,03 моль/л.

$Sb_2S_3+3CO=2Sb+3COS$

23. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Во сколько раз увеличится скорость, если температуру повысить на 40°?

24. В какую сторону сдвинется равновесие системы $C+2N_2O \leftrightarrow CO_2+2N_2$ если увеличить объём системы?

25. Как повлияет на равновесие реакции $CaCO_3 \leftrightarrow CaO+CO_2$ -179 кДж, понижение температуры?

26. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$Fe_2O_3 +3CO \leftrightarrow 2Fe + 3CO_2$

27. Чему равна начальная концентрация NO_2, если в момент равновесия концентрация NO была 0,3 моль/л , O_2 – 0,15 моль/л, NO_2 - 0,2 моль/л.

28. Во сколько раз изменится скорость химической реакции, если температуру понизили с 25° до -15° при температурном коэффициенте скорости 2?

29. Куда сдвинется равновесие реакции $H_2 +J_2 \leftrightarrow 2HJ$ при уменьшении объёма системы в 3 раза?

30. Куда сдвинете я равновесие реакции $N_2O_4 \leftrightarrow 2NO_2$ -Q, если повысить температуру в системе?

31. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$2N_2O \leftrightarrow 2N_2 + O_2$

32. Чему равна скорость реакции $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$ при концентрации 3 моль/л и константе скорости реакции К = 0,4 ?

33. Во сколько раз уменьшится скорость химической реакции при снижении температуры с 50 до 20 С°, если температурный коэффициент равен 3 ?

34. В какую сторону сдвинется равновесие реакции $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ при увеличении давления?

35. В какую сторону сдвинется равновесие реакции $2C + O_2 \leftrightarrow 2CO$; $\Delta H^0 = -105$ кДж при понижении температуры ?

36. Написать выражение для константы равновесия реакции:

$2C_2H_4$ (г) + $5O_2 \leftrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ (пар)

37. Рассчитать начальную концентрацию кислорода для реакции, если равновесные концентрации кислорода равна 0,34 моль/л, а диоксида азота равна 0,72 моль/л.

$2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2$

38. Температурный коэффициент скорости реакции равен 5. Во сколько раз увеличится скорость реакции, если температуру повысить с 80^0 до 110^0С.

39. В какую сторону сдвинется равновесие реакции при уменьшении объёма системы: $2CO + O_2 \leftrightarrow 2CO_2$

40. В системе: $N_2 + O_2 \leftrightarrow 2NO$ ΔH^0=180 кДж. Произошло повышение температуры. В какую сторону сдвинулось равновесие?

Задания 41-60 . Напишите математическое выражение Кс (константы химического равновесия) для обратимых реакций и укажите направление смещения равновесия при изменении условий:

А) уменьшении парциального давления одного из исходных газообразных веществ;

Б) понижении давления;

В) повышении температуры.

Номер задания	Уравнение реакции	ΔH^o, кДж/моль
41	$2N_2O_{(г)} + O_{2(г)} = 4NO_{(г)}$	196
42	$4NH_{3(г)} + 5O_{2(г)} = 4NO_{(г)} + 6H_2O_{(г)}$	908
43	$2H_2S_{(г)} + 3O_{2(г)} = 2SO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$	1038
44	$CO_{2(г)} + H_{2(г)} = CO_{(г)} + H_2O_{(г)}$	41
45	$2H_{2(г)} + O_{2(г)} = 2H_2O_{(г)}$	-484
46	$2SO2_{(г)} + O2_{(г)} = 2SO3_{(г)}$	-196

47	$2NO_{(г)} + O2_{(г)} = 2NO2_{(г)}$	-112
48	$Fe3O4 + H2_{(г)} = 3FeO + H2O_{(г)}$	62
49	$FeO + H2_{(г)} = Fe + H2O_{(г)}$	-272
50	$C + H2O_{(г)} = CO_{(г)} + H2_{(г)}$	131
51	$CO_{(г)} + H2O_{(г)} = CO2_{(г)} + H2_{(г)}$	-41
52	$SO3_{(г)} + H2_{(г)} = SO2_{(г)} + H2O_{(г)}$	-144
53	$H2_{(г)} + Cl2_{(г)} = 2HCl_{(г)}$	-184
54	$FeO + CO_{(г)} = Fe + CO2_{(г)}$	-11
55	$2ZnS + 3O2_{(г)} = 2ZnO + 2SO2_{(г)}$	-878
56	$N2_{(г)} + 3H2_{(г)} = 2NH3_{(г)}$	-92
57	$CaCO3 = CaO + CO2_{(г)}$	175
58	$2MgCl_2 + 2O_{2\,(г)} = 2MgO + 2Cl_{2\,(г)}$	82
59	$Ca(OH)_{2\,(т)} = CaO_{(т)} + H_2O_{(г)}$	48
60	$H_2O_{(г)} + CO_{(г)} = CO_{2\,(г)} + H_{2\,(г)}$	-41

4 Растворы электролитов

4.1 Концентрация растворов

Содержание растворенного вещества в растворе может быть выражено либо безразмерными единицами долями, либо величинами размерными – концентрациями. Наиболее часто употребляют следующие методы выражения концентрации растворов.

Массовая доля растворенного вещества (ω) – отношение массы растворенного вещества ($m_в$) к общей массе раствора ($m_р$):

$$\omega = \frac{m_в}{m_р}$$

Если отношение $m_в/m_р$: умножить на 100%, то концентрация раствора будет выражена в %.

Молярная концентрация ($C_м$ или М) или молярность – число молей растворенного вещества (ν) в одном литре раствора:

$C_м = \frac{\nu}{M} = \frac{m_b}{M \cdot V}$ (моль/л)

где $m_в$ – масса растворенного вещества, M - молярная масса растворенного вещества, г/моль,

V - объём раствора, л.

Эквивалентная концентрация ($C_э$) – отношение массы растворенного вещества к произведению эквивалента данного вещества на объём раствора:

$C_э = \frac{m_b}{Э \cdot V}$ (моль/л)

Пример 1. Вычислить массу хлорида натрия и воды, необходимых для приготовления 500 г раствора, в котором содержание хлорида натрия в массовых долях равно 0,05 (или 5 %)

Решение:

По определению массовой доли, выраженной в %.

$\omega = \frac{m_b}{m_{р-ра}} \cdot 100\ \%$

Отсюда находим $m_в = \frac{\omega \cdot m_{р-ра}}{100} = \frac{5 \cdot 500}{100} = 25$ г.

Учитывая, что масса раствора равна 500 г, масса воды будет равна: 500-25=475 г.

Пример 2. Определить молярную концентрацию 15 % раствора карбоната натрия с плотностью 1,18 г/мл.

Решение:

Воспользуемся формулой, связывающей процентную и молярную концентрацию:

$$C_м = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M},$$

где ρ – плотность раствора, г/мл

ω - массовая доля, %

M - молярная масса растворенного вещества, г/моль

В нашем случае: M =106

$$C_м = \frac{15 \cdot 1{,}18 \cdot 10}{106} = 1{,}66 \text{ моль/л}$$

Задания к подразделу 4.1

Каждое задание содержит по 2 задачи (а, б)

61 а) К 500 мл раствора соляной кислоты (р = 1.10 г/мл) прибавили 2.5 л воды, после чего раствор стал 4% - ным. Определите процентное содержание растворенного вещества в исходном растворе. б) Определите молярную концентрацию 10% - ного раствора азотной кислоты (р=1,06 г/мл).

62 а) Определите молярную концентрацию раствора сульфата калия, в 200 мл которого содержится 1,74 г растворенного вещества. б) Определите процентное содержание растворенного вещества 1М раствора нитрата никеля (11), плотность которого 1,08 г/мл.

63 а) Определите молярную концентрацию 10%-ного раствора серной кислоты (р=1,07 г/мл). б) Сколько мл воды следует добавить к 100 мл 20%-го раствора серной кислоты (р=1,14 г/мл) для получения 5%-го раствора?

64 а) В каком объеме воды следует растворить 32,2 г, чтобы получить 5%-ный раствор сульфата натрия? б) Определите процентное содержание растворенного вещества 0,9М раствора (р=1,05 г/мл).

65 а) Сколько граммов медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и воды требуется для приготовления 150 г 8%-ного раствора в расчете на безводную соль? б) Определите молярную концентрацию 27%-ного раствора соляной кислоты (р=1,14 г/мл).

66 а) До какого объёма следует разбавить 1,5 л 20%-ного раствора хлорида аммония (р=1,06 г/мл), чтобы получить 10%-ный раствор (р=1,03 г/мл).

б) Сколько миллилитров 70%-ного раствора нитрата калия (р=1,16 г/мл) требуется для приготовления 0.5 л 0,2М раствора?

67 а) Сколько граммов кристаллической соды $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ надо взять для приготовления 2 л 0,2 М раствора Na_2CO_3? б) Сколько миллилитров 36% - ного раствора соляной кислоты (р = 1,18 г/мл) требуется для приготовления 4 л 0,5 М раствора?

68 а) К 1 л 20% - ного раствора гидроксида натрия (р = 1,22 г/мл) прибавили 10 л воды. Определите процентное содержание растворенного вещества в полученном растворе, б) Определите молярную концентрацию 8% - ного раствора сульфата натрия (р = 1,08 г/мл),

69 а) Сколько миллилитров 10%-ного раствора Na_2CO_3 (р ~ 1,10 г/мл), следует прибавить к 1 л 2% -ного раствора (р = 1,02 г/мл), чтобы получить 3% - ный раствор этой соли? б) Определите процентное содержание растворенного вещества в 2 М растворе гидроксида натрия (р = 1,08 г/мл).

70 а) Сколько миллилитров воды следует прибавить к 25 мл 40% - ного раствора КОН (р=1,40 г/мл), чтобы получить 2 % - ный раствор? б) Сколько миллилитров 96 % -ного раствора серной кислоты (р = 1,84 г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0,5 М раствора?

71 а) Сколько граммов медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ следует добавить к 150 мл воды, чтобы получить 5% -ный раствор $CuSO_4$? б) Сколько миллилитров 30% - ного раствора азотной кислоты (р= 1,84 г/мл) требуется для приготовления 250 мл 0,5 М раствора?

72 а) Определите процентное содержание растворенного вещества в 0.25 М растворе гидрокскда натрия (р = 1,01 г/мл), б) Сколько миллилитров 0,1 М раствора НС1 можно приготовить из 20 мл 0,5 М раствора этой кислоты?

73 а) Определите молярную концентрацию 10% - ного раствора соляной кислоты (р = 1,05 г/мл), б) Сколько миллилитров 30% -ной азотной кислоты (р = 1.18 г/мл) требуется для приготовления 250 мл 11% - ного раствора (р = 1,07 г/мл)?

74 а) Сколько миллилитров 30% раствора КОН (р=1,29 г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0.1 М раствора? б) К 760 мл 20% - ного раствора NaOH (р= 1,22 г/мл) прибавили 140 мл 10% - ного раствора NaOH (р=1,11 г/мл). Определите процентное содержание растворенного вещества.

75 а) К 50 мл 96% раствора серной кислоты (р=1,84 г/мл) прибавили 50 мл воды. Определите процентное содержание растворенного вещества в полученном растворе. б) Определите молярную концентрацию 72% раствора азотной кислоты (р = 1,43 г/мл).

76 а) Определите молярную концентрацию 6%-ного раствора фосфорной кислоты (р = 1,03 г/мл), б) Определите процентное содержание растворенного вещества раствора, полученного смешением 10 мл 96% -ного раствора азотной кислоты р=1,5 г/мл и 20 мл 48%-го раствора азотной кислоты р =1,3 г/мл.

77 а) До какого объема следует разбавить 500 мл 20% - кого раствора хлорида натрия (р ~ 1,15 г/мл), чтобы получить 4,5% - ный раствор (р ~ 1,03 г/мл)? б) Определите молярную концентрацию 50% раствора азотной кислоты (р =1,31 г/мл).

78 а) Определите молярную концентрацию 60%-ного раствора серной кислоты (р =1,5 г/мл). б) Сколько миллилитров 32% - ного раствора азотной кислоты (р =1,39 г/мл) необходимо для приготовления 300 мл 0,75М раствора?

79 а) Сколько миллилитров 0,2 М раствора азотной кислоты необходимо для нейтрализации 80 мл 0,6 М раствора NaOH? б) Определите процентное содержание растворенного вещества в 1,5 М растворе КОН (р = 1,07 г/мл).

80 а) Определите молярную концентрацию 10 % раствора карбоната натрия (р=1,10 г/мл). б) Сколько миллилитров 30% раствора (р=0,9 г/мл) требуется для получения 400 мл 2М его раствора?

4.2. Электролитическая диссоциация.
Ионно-молекулярные уравнения.

Электролитами называют вещества, растворы и расплавы которых проводят электрический ток. К электролитам относятся неорганические кислоты, основания, амфотерные гидроксиды и соли. Они распадаются в водных растворах и расплавах на катионы и анионы.

Процесс распада молекул электролитов на ионы в среде растворителя получил название электролитической диссоциации. Количественно диссоциация определяется степенью и константой диссоциации. Степень диссоциации – это число, показывающее какая часть молекул от общего их количества в растворе распадается на ионы:

$$\alpha = \frac{число\ распавшихся\ молекул\ (n)}{общее\ число\ растворенных\ молекул\ (N)}$$

По степени диссоциации электролиты условно разделяют на сильные ($\alpha \approx 1$) и слабые($\alpha < 1$).

Сильные электролиты

К ним относятся минеральные кислоты: HNO_3, H_2SO_4, HCl, HBr, HJ, $HClO_4$; гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов: LiOH, NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$ и др. ; соли – средние, кислые, основные – $Fe_2(SO_4)_3$; $NaHCO_3$; $Al(OH)Cl_2$ и тп.

Сильные электролиты диссоциируют практически нацело:

$Fe_2(SO_4)_3 = 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$

$HNO_3 = H^+ + NO^{3-}$

$NaHCO_3 = Na^+ + HCO^{3-}$

$Ba(OH)_2 = Ba^{2+} + 2OH^-$

Слабые электролиты

К ним относятся кислоты: HNO_2, H_2CO_3, H_2S и др. а также все органические кислоты, в том числе уксусная CH_3COOH; гидроксиды металлов основного характера $Fe(OH)_3$, $Cu(OH)_2$ и др. (кроме щелочных и щелочноземельных) и гидроксид аммония NH4OH, а также амфотерные гидроксиды $Al(OH)_3$; $Cr(OH)_3$; $Zn(OH)_2$; $Sn(OH)_2$ и др.

Для слабых электролитов диссоциация обратимый процесс, для которого справедливы общие законы равновесия. Например, для уксусной кислоты константа равновесия, называемая константой диссоциации имеет вид: $CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$

$$К_д = \frac{C_{CH_3COO} - \cdot C_{H+}}{C_{CH_3COOH}}$$

Многоосновные кислоты и многокислотные основания диссоциируют ступенчато, и каждую ступень равновесного состояния характеризует своя константа диссоциации (причем $К_{С1}$ всегда больше $К_{С2}$ и т.д.), например, при диссоциации H_2S: 1-я ступень $H_2S \leftrightarrow H^+ + HS^-$ $\quad К_{С1} = \frac{[H^+]\cdot[HS^-]}{[H_2S]} = 6\cdot10^{-8}$

2- я ступень $HS^- \leftrightarrow H^+ + S^{2-}$ $\quad К_{С2} = \frac{[H^+]\cdot[S^{2-}]}{[HS^-]} = 1\cdot10^{-14}$,

где [ ] - равновесные концентрации ионов и молекул.

Диссоциация $Cu(OH)_2$:

1-я ступень $Си(OH)_2 \leftrightarrow Си(OH)^+ + OH^-$

2-я ступень $Си(OH)^+ \leftrightarrow Си^{2+} + OH^-$

Амфотерные гидроксиды, например $Pb(OH)_2$ диссоциируют по основному типу: $Pb(OH)_2 \leftrightarrow PbOH^+ + OH^-$

$PbOH^+ \leftrightarrow Pb^{2+} + OH^-$

и кислотному:

$H_2PbO_2 \leftrightarrow H^+ + HPbO_2^-$

$HPbO_2^- \leftrightarrow H^+ + PbO_2^{2-}$

В растворах электролитов реакции протекают между ионами. Для записи ионных реакций применяют ионные уравнения. При составлении ионных уравнений реакций все слабые электролиты, газы и труднорастворимые электролиты записывают в молекулярной форме, все сильные электролиты (кроме труднорастворимых солей) в ионной форме. Примеры составления ионных уравнений реакций:

а) **образование труднорастворимых соединений**:

$Cu(NO_3)_2 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$

$Cu^{2+} + 2NO^{3-} + 2Na^+ + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow + 2Na^+ + 2NO^{3-}$

$Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow$

б) **образование газообразных веществ**:

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$

$2Na^+ + CO_3^{2-} + 2H^+ + 2Cl^- = 2Na^+ + 2Cl^- + H_2O + CO_2$

$CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2$

в) **образование слабых электролитов:**

$CH_3COONa + HNO_3 = CH_3COOH + NaNO_3$

$CH_3COO^- + Na^+ + H^+ + NO_3^- = CH_3COOH + Na^+ + NO_3^-$

$CH3COO^- + H^+ = CH_3COOH$

Пример 1. Написать реакции для следующих превращений: $KOH \xrightarrow{A} KHSO_3 \xrightarrow{B} K_2SO_3$

Решение:

$$A.\ KOH + H_2SO_3 = KHSO_3 + H_2O$$

$$K^+ + OH^- + H_2SO_3 = K^+ + HSO_3^- + H_2O$$

$$OH^- + H_2SO_3 = HSO_3^- + H_2O$$

$$B.\ KHSO_3 + KOH = K_2SO_3 + H_2O$$

$$K^+ + HSO_3^- + K^+ + OH^- = 2K^+ + SO_3^{2-} + H_2O$$

$$HSO_3^- + OH^- = SO_3^{2-} + H_2O$$

Задания к разделу 4.2.

Задания 81-100. напишите для предложенных соединений уравнения диссоциации, а также в молекулярной и ионной формах уравнения возможных реакций взаимодействия их H_2SO_4 с и NaOH.

81. HCl; $Cr(OH)_3$	91. $Ca(OH)_2$; H_3PO_4
82. $Cd(OH)_2$; H_2S	92. HNO_3; $Be(OH)_2$
83. $Cu(OH)_2$; HBr	93. $H_2Cr_2O_7$; KOH
84. H_2SO_3; $Sn(OH)_2$	94. HCN; $Ga(OH)_3$
85. H_2SiO_3; $Pb(OH)_2$	95. KOH; H_2CO_3
86. CH_3COOH; $Fe(OH)_3$	96. HF; $Be(OH)_2$
87. H_2Se; $Zn(OH)_2$	97. NH_4OH; $HClO_4$
88. $Fe(OH)_2$; H_3AsO_3	98. $Pb(OH)_2$; HNO_2
89. LiOH; HJ	99. $Mg(OH)_2$; HClO
90. H_2Te; $Al(OH)_3$	100. $Ba(OH)_2$; $HMnO_4$

Задания 101-120. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций для следующих превращений:

101. $Ni(OH)_2 \rightarrow (NiOH)_2SO_4 \rightarrow NiSO_4 \rightarrow Ni(OH)_2$

102. $CuSO_4 \rightarrow (CuOH)_2SO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OH)NO_3$

103. $Bi(NO_3)_3 \rightarrow Bi(OH)(NO_3)_2 \rightarrow Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3$

104. $Co(OH)_2 \rightarrow Co(OH)Cl \rightarrow CoCl_2 \rightarrow Co(NO_3)_2$;

105. $Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb(OH)NO_3 \rightarrow Pb(OH)_2 \rightarrow K_2PbO_2$

106. $NiCl_2 \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow Ni(OH)Cl \rightarrow NiCl_2$

107. $Cr(OH)Cl_2 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow Cr(OH)SO_4$

108. $(SnOH)_2SO_4 \rightarrow SnSO_4 \rightarrow Sn(OH)_2 \rightarrow Na_2SnO_2$;

109. $NiBr_2 \rightarrow Ni(OH)Br \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow NiSO_4$

110. $CoSO_4 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow (CoOH)_2SO_4 \rightarrow Co(NO_3)_2$

111. $Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow Cr(OH)SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow CrCl_3$;

112. $NiSO_4 \rightarrow (NiOH)_2SO_4 \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow NiBr_2$;

113. $Fe(OH)SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow FeCl_3$

114. $Sn(OH)_2 \rightarrow Sn(OH)Cl \rightarrow K_2SnO_2 \rightarrow Sn(OH)_2$

115. $NiBr_2 \rightarrow (NiOH)_2\ SO_4 \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow NiBr_2$

116. $Al(OH)_3 \rightarrow Al(OH)_2Cl \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(NO_3)_3$;

117. $CoCl_2 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow (CoOH)_2SO_4 \rightarrow CoSO_4$,

118. $Bi(OH)_3 \rightarrow Bi(OH)_2NO_3 \rightarrow Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3$

119. $Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OH)Cl \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2$

120. $CoSO_4 \rightarrow (CoOH)_2SO_4 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow Co(NO_3)_2$

4.3. Гидролиз солей

Гидролиз солей – это процесс взаимодействия ионов соли с молекулами воды, приводящий к смещению ионного равновесия воды и изменению pH среды.

В зависимости от силы электролита, образовавшего соль, различают три случая гидролиза.

Гидролиз по катиону

Гидролиз по катиону протекает, если соль образована слабым основанием и сильной кислотой. В растворах таких солей возникает кислая реакция среды (pH<7). Например: для $CuCl_2$ ионное уравнение гидролиза следующее:

$Cu^{2+} + HOH = CuOH^+ + H^+$, pH<7

молекулярное уравнение гидролиза: $CuCl_2 + HOH = CuOHCl + HCl$.

Гидролиз по аниону

Гидролиз по аниону протекает, если соль образована слабой кислотой и сильным основанием. Растворы таких солей имеют щелочную реакцию среды (pH>7). Например, для Na_2CO_3 ионное уравнение гидролиза:

CO_3^{2-} + HOH == HCO_3^- + OH^- pH>7

Молекулярное уравнение: Na_2CO_3 + HOH = $NaHCO_3$ + NaOH

Гидролиз по катиону и аниону

Гидролиз по катиону и аниону протекает, если соль образована и слабым основанием, и слабой кислотой. Реакция среды в растворе при этом остается близкой к нейтральной и определяется сравнительной силой слабых оснований и кислоты, образующих соль.

В случае гидролиза по катиону и аниону возможны два варианта протекания реакции.

1. Если соль растворима в воде, то гидролиз протекает при обычных условиях по первой ступени, т.е. одна молекула соли взаимодействует с одной молекулой воды. Ионное уравнение гидролиза:

NH_4^+ + CO_3^{2-} + HOH = NH_4OH + HCO_3^- pH~7.

Молекулярное уравнение гидролиза:

$(NH_4)_2CO_3$ + HOH = NH_4OH + NH_4HCO_3.

2. Если соль не существует в растворе (в таблице растворимости против такой соли стоит прочерк), то при соединении с водой такая соль полностью разлагается водой с образованием слабого труднорастворимого гидроксида, выпадающего в осадок, и слабой, часто летучей кислоты. Например: Al_2S_3

Ионное уравнение гидролиза:

$2A1^{3+}3S^{2-}$ + 6HOH = $2A1(OH)_3$ + $3H_2O$

Молекулярное уравнение гидролиза:

$A1_2S_3$ + 6HOH= $2A1(OH)_3$ +$3H_2S$.

Задания к подразделу 4.3

Задания 121-140. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций гидролиза солей, укажите значения pH растворов этих солей (больше или меньше семи).

121. $NaNO_2$, $Cu(NO_3)_2$	131. Na_2HPO_4, $Mg(NO_3)_2$
122. $AlCl_3$, $NaHCO_3$	132. $Al_2(SO_4)_3$, Na_2SeO_3
123. Na_3PO_4, $ZnCl_2$	133. $CuSO_4$, K_3PO_4
124. $FeCl_2$, K_2S	134. Na_2SO_3, $Fe_2(SO_4)_3$
125. K_2SO_3, $ZnSO_4$	135. $NaCN$, $FeSO_4$
126. NH_4Cl, $KClO$	136. $Ba(CH_3COO)_2$, $CoSO_4$
127. Na_2Se, $MnCl_2$	137. $NiSO_4$, NaF
128. $ZnSO_4$, BaS	138. $Pb(NO_3)_2$, $Ba(NO_3)_2$
129. $Ni(NO_3)_2$, KNO_2	139. $Cr_2(SO_4)_3$, $NaCH_3COO$
130. NH_4Br, Na_2S	140. KHS, $MgSO_4$

Задания 141-160. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций совместного гидролиза предложенных солей.

141. $Fe_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3$	151. $CrCl_3 + K_2S$
142. $Na_2S + Al_2(SO_4)_3$	152. $Na_2CO_3 + Cr(NO_3)_3$
143. $NH_4Cl + Na_2SiO_3$	153. $K_2SiO_3 + Bi(NO_3)_3$
144. $Cr_2(SO_4)_3 + K_2S$	154. $Na_2SO_3 + CrCl_3$
145. $K_2CO_3 + Bi(NO_3)_3$	155. $NH_4NO_3 + Na_2SiO_3$
146. $Na_2S + AlCl_3$	156. $AlCl_3 + Na_2SO_3$
147. $BeSO_4 + K_2S$	157. $K_2SO_3 + CrCl_3$
148. $Cr_2(SO_4)_3 + Na_2SO_3$	158. $Na_2S + Al_2(SO_4)_3$
149. $K_2SO_3 + AlBr_3$	159. $Fe(NO_3)_3 + K_2CO_3$
150. $Bi(NO_3)_3 + Na_2CO_3$	160. $Al(NO_3)_3 + Na_2CO_3$

5. Окислительно-восстановительные процессы.

5.1 Окислительно-восстановительные реакции

Окислительно-восстановительными реакциями называют реакции, протекающие с изменением степени окисления (СО) элементов. Степень окисления – это тот условный заряд атома элемента, который вычисляют, исходя из предположения, что молекула состоит только из ионов (как правило, обозначают арабской цифрой, заряд ставят перед цифрой). СО рассчитывается на основании положения, что сумма СО всех атомов, входящих в молекулу равно нулю, а всех атомов , составляющих ион – заряду иона.

Ряд элементов имеют постоянную СО. Например:

Водород Н (за исключением гидридов, где, СО Н = - 1) +1

Щелочные металлы (Na, K, Li и др.) +1

Металлы 2 группы периодической системы (Ca, Zn и т. д.) +2

Металлы 3 группы периодической системы (A1) +3

Кислород О -2

(За исключением OF_2, где СО кислорода +1; перекисей H_2O_2, Na_2O_2 и т.д., где СО кислорода – 1).

Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.

Прежде всего необходимо рассчитать степени окисления всех элементов реакции в левой и правой частях уравнения. Для нахождения коэффициентов при составлении окислительно-восстановительных реакций необходимо:

- соблюдение принципа электронного баланса (число электронов, отданных восстановителем (Red) , должно быть равно числу электронов, принятых окислителем (Ox), например:

$Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Red Ox

4 $Al - 3\bar{e} = Al^{3+}$()

3 $O_2 + 4\bar{e} = 2O^{2-}$

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

В реакциях, протекающих в водных растворах, следует использовать среду (кислую, щелочную, нейтральную). Например, в кислой среде:

$$K_2Cr_2O_7 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + J_2 + H_2O + K_2SO_4$$

$$3 \quad 2J^- - 2\bar{e} = J_2$$
$$1 \quad Cr_2O_7^{2-} + 6\bar{e} + 14H^+ = 2Cr^{+3} + 7H_2O$$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$$K_2Cr_2O_7 + 6KJ + 7H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3J_2 + 7H_2O + 4K_2SO_4$$

В щелочной среде:

$$KCrO_2 + KClO_4 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + H_2O$$

$$8 \quad CrO_2^- - 3\bar{e} + 4OH^- \rightarrow CrO_4^{2-} + 2H_2O$$
$$3 \quad ClO_4^- + 8\bar{e} + 4H_2O \rightarrow Cl^- + 8OH^-$$

Суммарное молекулярное уравнение реакции

$$8KCrO_2 + 3KClO_4 + 8KOH \rightarrow 8K_2CrO_4 + 3KCl + 4H_2O$$

Среда нейтральная:

$$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$$

$$3 \quad Mn - 2\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4H^+$$
$$2 \quad MnO_4 + 3\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4OH^-$$

$$6H_2O + 4H_2O \rightarrow 12H^+ + OH^-$$

$$2H_2O \rightarrow 4H^+$$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$$

Задания 161-180. Составьте электронно-ионные схемы и молекулярные уравнения реакций. Укажите окислитель и восстановитель. Для каждого задания по две реакции (а, б):

161. а) $Na_2SeO_3 + KBrO + H_2O \rightarrow Br_2; SeO_4^{2-}$

б) $HCl + HNO_3 \rightarrow Cl_2; NO$

162. а) $Cr_2(SO_4)_3 + Cl_2 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $NaNO_2 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow NO; J_2$

163. а) $NaCrO_2 + NaClO + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $H_2S + SO_2 \rightarrow S; H_2O$

164. а) $HNO_3 + Ni^0 \rightarrow N_2O; Ni^{2+}$

б) $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr; H_2SO_4$

165. а) $K_2Cr_2O_7 + Na_3AsO_3 + H_2SO_4 \rightarrow AsO_4^{3-}; Cr^{3+}$

б) $KCrO_2 + Cl_2 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

166. а) $SO_2 + NaClO_3 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}; Cl^-$

б) $K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow Cr^{3+}; Cl_2$

167. а) $KMnO_4 + H_2S + H_2SO_4 \rightarrow Mn^{2+}; SO_4^{2-}$

б) $J_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow JO_3^-; Cl^-$

168. $SnCl_2 + KBrO_3 + HCl \rightarrow Sn^{4+}; Br^-$

б) $KClO_3 + KCrO_2 + NaOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

169. $Ni(OH)_2 + NaClO + H_2O \rightarrow Ni(OH)_3; Cl^-$

б) $KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow MnO_2; SO_4^{2-}$

170. а) $MnSO_4 + PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow Pb^{2+}; MnO_4^-$

б) $FeCl_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe^{+3}; Mn^{+2}$

171. а) $H_3PO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Mn^{+2}; H_3PO_4$

б) $MnO_2 + KClO_2 + KOH \rightarrow MnO_4^{2-}; Cl^-$

172. а) $KMnO_4 + NaNO_2 + H_2O \rightarrow NO_3^-; MnO_2$

б) $S + HNO_3 \rightarrow SO_2; NO$

173. а)$H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow S; Cr^{+3}$

б) $KNO_3 + Zn + KOH \rightarrow ZnO_2^{2-}; NH_3$

174. а) $Cr_2O_3 + KClO_3 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $FeCl_2 + HNO_3 + HCl \rightarrow Fe^{+3}; N_2O$

175. а) $KClO_3 + MnO_2 + KOH \rightarrow MnO_4^{2-}; Cl^-$

б) $Na_3AsO_3 + J_2 + H_2O \rightarrow AsO_4^{3-}; J^-$

176. а) $H_2S + HNO_3 \rightarrow SO_4^{2-}; Cl^-$

б) $J_2 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow J^-; SO_4^{2-}$

177. а) $C + HNO_3 \rightarrow CO_2; NO_2$

б) $H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}; Cl^-$

178. а) $SnCl_2 + Na_3AsO_3 + HCl \rightarrow As; Sn^{+4}$

б) $KNO_3 + Zn + NaOH \rightarrow ZnO_2^{2-}; NH_3$

179. а) $Cr_2O_3 + KClO_3 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Mn^{+2}; SO_4^{2-}$

180. а) $Mn(NO_3)_2 + NaBiO_3 + HNO_3 \rightarrow Bi^{+3}; MnO_4^-$

б) $H_2S + Br_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}; Br^-$

5.2 Гальванические элементы

Гальваническими элементами называют устройства, в которых энергия окислительно-восстановительных реакций преобразуется в электрическую энергию. В медно-цинковом гальваническом элементе электродвижущая сила (ЭДС) возникает за счёт разности потенциалов меди и цинка, опущенных в растворы своих солей: соответственно $CuSO_4$ и $ZnSO_4$. Если концентрации растворов составляют 1 моль/л, то расчет эдс производят следующим образом. Составляют схему гальванического элемента:

Zn ⏐ZnSO4 ⏐⏐ CuSO4 ⏐Cu

Затем выписывают из таблицы стандартных электродных потенциалов значения потенциалов меди и цинка, соответственно

$E^o_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76$ В ()

$E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0,34$ В ()

ЭДС можно рассчитать как разность потенциалов медного и цинкового электродов: ЭДС = $E_{ox} - E_{red}$. Определяют окислитель и восстановитель, сравнивая значения потенциалов. Потенциал у цинка отрицательнее, следовательно, цинковый электрод будет играть роль восстановителя:

(-) $Zn^0 - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{2+}$ процесс окисления

и цинк будет отрицательным полюсом (анодом) в данном гальваническом элементе. Потенциал меди положительнее, поэтому медный электрод будет положительным полюсом (катодом), а процесс будет таким:

(+) $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$ процесс восстановления.

Направление движения электронов будет от цинка к меди (показано мостиком со стрелкой на электрохимической схеме гальванического элемента. ЭДС = +0,34 – (-0,78) = 1,1 В

Концентрационный гальванический элемент.

В таком элементе оба электрода из одного металла, но растворы солей, в которые погружены электроды, различной концентрации. Поэтому необходимо рассчитать потенциалы по уравнению Нернста:

$$E^p_{оф/вф} = E^0_{оф/вф} + \frac{0.059}{n} \lg \frac{C_{оф}}{C_{вф}}$$ где

оф – окисленная форма элемента в потенциалопределяющей реакции,

вф – восстановленная форма элемента в этой реакции,

С – молярные концентрации соответствующих веществ,

n – количество электронов, перешедших от восстановителя к окислителю.

Пример 1. Рассчитать эдс гальванического элемента, состоящего из никелевых электродов, опущенных в растворы сульфата никеля с концентрацией 10^{-4} моль/л и 1 моль/л соответственно.

Решение:

Схема гальванического элемента:

$Ni \mid NiSO_4$, 0,0001 М $\mid\mid$ $NiSO_4$ 1 М $\mid Ni$

$E^o_{2H^+/H_2} = -0,25$ В

Определяем потенциал никеля по уравнению Нернста:

$E_{Ni2^+/Ni} = E^o_{Ni2^+/Ni} + 0,059/2 \lg C_{Ni2+} = - 0,25 + 0,059/2 \lg 10^{-4} = - 0,309$ В

Направление движения электронов во внешней цепи от электрода с Е = -0,25 В к электроду с Е = -0,309В.

(-) Ni $|NiSO_4$, 0,0001 M $||$ $NiSO_4$,1 M $|$Ni (+)

Уравнения электродных процессов:

(-) $Ni^0 - 2\bar{e} \rightarrow Ni^{2+}$ (процесс окисления)

(+) $Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ni^0$ (процесс восстановления)

Значение эдс составляет:

эдс = $E_{ox} - E_{red}$ = -0,25 – (-0,309) = 0,059 В.

Задания к подразделу 5.2

Для предложенных гальванических элементов рассчитайте электродные потенциалы и ЭДС. Если концентрация раствора не указана, потенциал считается стандартным из таблицы 1. Напишите уравнения анодного и катодного процессов, молекулярное уравнение токообразующей реакции, составьте схему и укажите направления движения электронов и ионов.

181	Al $\|Al_2(SO_4)_3$, 0,005 M $\|\|NiSO_4$, 0,01 M $|$ Ni
182	Ni $|NiSO_4$, 0,1 M $\|\|H_2SO_4$ $|H_2$(Pt)
183	Sn $|SnSO_4$ $\|\|Cr_2(SO_4)_3$, 0,05 M $|$Cr
184	(Pt) H_2 $|H_2SO_4$ $\|\|Al_2(SO_4)_3$, 0,005 M $|$Al
185	Cu $|CuSO_4$, 0,1 M $\|\|H_2SO_4|H_2$(Pt)
186	Ag $|AgNO_3$, 0,01 M $\|\|H_2SO_4|H_2$(Pt)
187	Co $|CoSO_4$, 0,01 M $\|\|CoSO_4|$Co
188	Zn $|ZnSO_4$, 0,1 M $\|\|FeSO_4$, 0,01 M $|$Fe
189	Ag $|AgNO_3$, 0,01 M $\|\|Zn(NO_3)_2|$Zn
190	(Pt) H_2 $|H_2SO_4|\|ZnSO_4$, 0,01 M $|$Zn
191	Cd $|Cd(NO_3)_2$, 0,1 M $\|\|Cd(NO_3)_2$, 0,001 M $|$Cd
192	Ni $|NiSO_4$, 0,001 M $\|\|NiSO_4|$Ni
193	Fe $|FeSO_4$ $\|\|FeSO_4$, 0,01 M $|$Fe
194	Cr $|Cr_2(SO_4)_3$, 0,005 M $\|\|ZnSO_4|$Zn
195	Zn $|Zn(NO_3)_2$, 0,001 M $\|\|Zn(NO_3)_2|$Zn

196	Ag | $AgNO_3$ || $Cr(NO_3)_3$, 0,005 M | Cr
197	Cd | $CdCl_2$, 0,1 M || $CuCl_2$, 0,1 M | Cu
198	Ti | $Ti_2(SO_4)_3$, 0,5 M || $CuSO_4$ | Cu
199	Sn | $SnSO_4$, 0,01 M || $Fe_2(SO_4)_3$ | Fe
200	Ag | $AgNO_3$, 0,0001 M || $Pb(NO_3)_2$, 0,1 M | Pb

5.3 Электрохимическая коррозия металлов

Коррозией металлов называют самопроизвольное разрушение металлов под действием различных окислителей из окружающей среды.

Механизм электрохимической коррозии аналогичен механизму процессов в короткозамкнутых гальванических элементах, в которых на участках с более отрицательным потенциалом идёт процесс окисления (разрушения металла), а на участках с более положительным потенциалом процесс восстановления окислителя (коррозионной среды).

Наиболее часто встречаются окислители:

- ионы водорода (коррозия с водородной деполяризацией)

$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$ (кислой среде)

$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (в нейтральной и щелочной среде)

- молекулы кислорода

$O_2 + 4\bar{e} + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ (в кислой среде)

$O_2 + 4\bar{e} + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$ (в нейтральной и щелочной среде)

Пример 1. Гальванопара алюминий – железо в воде (среда нейтральная). Учитываем, что в воде есть растворенный кислород.

Схема гальванопары:

Al \| H_2O, O_2 \| Fe

Выписываем потенциалы алюминия и железа из таблицы потенциалов:

$E^o_{Al^{3+}/Al} = -1,88$ В $\quad E^o_{Fe(OH)_2/Fe} = -0,46$ В

восстановитель - Al; окислитель – O_2

4 (-) $Al^0 - 3\bar{e} \rightarrow Al^{3+}$ - процесс окисления

3 (+) $O_2 + 4\bar{e} + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$ - процесс восстановления

$4Al + 3O_2 + 6H_2O = 4Al(OH)_3$

Направление движения электронов от участка с меньшим потенциалом к участку с большим потенциалом. Подвергаться коррозии будет в первую очередь алюминий.

Пример 2. Определить процессы, протекающие при коррозии луженого железа в кислой среде.

Решение:

Схема гальванопары:

Fe $|H^+|$ Sn

Потенциалы: $E^oFe^{2+}/Fe = -0{,}44$ В, $E^oSn^{2+}/Fe = -0{,}136$ В, $E^o2H^+/H_2 = 0$ В

Восстановитель – Fe; окислитель - H^+

Fe (-) $Fe^0 - 2\bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$ - процесс окисления

Sn (+) $2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$ - процесс восстановления

$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$

Электроны движутся от участка с меньшим потенциалом к участку с большим потенциалом, т.е. от Fe к Sn.

Задания к подразделу 5.3

Рассмотрите коррозию гальванопары, используя потенциалы из таблицы 1, укажите анод и катод соответствующей гальванопары в различной коррозионной среде, напишите уравнения электродных процессов, молекулярное уравнение реакции коррозии, укажите направление перемещения электронов в системе.

Номер задания	Коррозионная среда		
	а) $H_2O + O_2$	б) $NaOH + H_2O$	в) $H_2O + H^+$
201	Fe $\|$ Zn	Zn $\|$ Al	Pb $\|$ Zn
202	Fe $\|$ Ni	Fe $\|$ Zn	Al $\|$ Cu
203	Pb $\|$ Fe	Cd $\|$ Cr	Al $\|$ Ni

204	Cu | Zn	Al | Cu	Sn | Cu
205	Zn | Fe	Fe | Cr	Co | Al
206	Zn | Al	Pb | Zn	Cr | Ni
207	Cr | Cu	Pb | Cr	Bi | Ni
208	Cu | Al	Cr | Zn	Fe | Mg
209	Zn | Sn	Mg | Cd	Cr | Bi
210	Co | Mg	Zn | Fe	Pb | Al
211	Pb | Zn	Bi | Ni	Cd | Al
212	Bi | Ni	Cu | Zn	Fe | Ni
213	Fe | Mg	Co | Sn	Ni | Mn
214	Sn | Fe	Pb | Zn	Cr | Fe
215	Cr | Fe	Fe | Mg	Co | Cu
216	Fe | Cr	Ce | Cu	Fe | Cu
217	Cr | Cu	Cd | Zn	Zn | Cu
218	Cd | Zn	Ce | Ni	Cr | Cd
219	Mg | Cu	Cr | Cd	Zn | Al
220	Sn | Cu	Bi | Ni	Pb | Cr

5.4 Электролиз растворов

Электролизом называется процесс, протекающий на электродах при пропускании через раствор или расплав электролита постоянного электрического тока. Электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом. Он соединен с отрицательным полюсом источника постоянного тока. Электрод, на котором происходит окисление, называется анодом. Он соединен с положительным полюсом источника постоянного тока.

При электролизе водных растворов протекают процессы, связанные с электролизом воды.

Катодные процессы

На катоде возможно восстановление

- катионов металла $Me^{n+} + n\bar{e} \rightarrow Me^0$

- катиона водорода (свободного или в составе молекул воды)

$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$ (в кислой среде)

$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (в нейтральной и щелочной среде)

Для выбора приоритетного процесса необходимо сравнить стандартные электродные потенциалы металла и водорода. Потенциал восстановления водорода следует использовать с учётом его перенапряжения $E^o_{2H_2O/H_2}$ =1,0 В.

Все металлы при электролизе водных растворов можно разделить на 3 группы:

1. активные металлы (Li - Al) на катоде не осаждаются, вместо них идёт восстановление ионов водорода:

$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$

2. металлы средней активности (Mn; Zn; Fe; Sn) могут осаждаться на катоде с одновременным выделением водорода.

3. неактивные металлы (Ag; Cu; Au) из-за высокой окислительной способности их катионов осаждаются на катоде без выделения водорода:

$$Ag^+ + 1\bar{e} \rightarrow Ag^0$$

Анодные процессы

На аноде возможны процессы окисления:

- материала анода: $Me^0 - n\bar{e} \rightarrow Me^{n+}$

- анионов солей: $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$

- молекул воды: $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$

Анионы кислородсодержащих кислот, имеющие в своём составе атом элемента в высшей степени окисления (SO_4^{2-}; NO_3^-; PO_4^{3-} и др.) при электролизе на аноде не разряжаются.

С учетом перенапряжения величину потенциала кислорода нужно считать равной +1,8 В.

Пример 1. Электролиз водного раствора сульфата натрия с инертными электродами: $Na_2SO_4 = 2Na^+ + SO_4^{2-}$

(-) катод Na^+; H_2O	(+) анод SO_4^{2-}; H_2O
$E^oNa^+/Na = -2,71$ В	$E^oO_2/2H_2O = 1,8$ В
$E^o2H_2O/H_2 = -1,0$ В	
Так как $E^oNa^+/Na < E^o2H_2O/H_2$, то происходит восстановление воды	$2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$
$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$	
$Na^+ + OH^- = NaOH$	$2H^+ + SO_4^{2-} = H_2SO_4$
Среда щелочная	Среда кислая

Пример 2. Электролиз водного раствора хлорида олова с инертными электродами

(-) катод Sn; H_2O	(+) анод Cl^-; H_2O
$E^oSn^{2+}/Sn = -0,136$ В	$E^oCl_2/2Cl^- = 1,36$ В
$E^o2H_2O/H_2 = -1,0$ В	$E^oO_2/2H_2O = 1,8$ В
Так как $E^oSn^{2+}/Sn > E^o2H_2O/H_2$ идет процесс восстановления катионов олова	Так как $E^oCl_2/2Cl^- < E^oO_2/2H_2O$, идёт процесс окисления ионов хлора
$Sn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Sn^0$	$2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$

Электролиз с растворимым анодом если анод изготовлен из металла, способного растворяться в данном электролите, то происходит окисление металла и анод называют растворимым.

Пример 3. Электролиз водного раствора сульфата меди с медным анодам.

(-) катод Cu; H_2O	(+) анод Cu; SO_4^{2-}; H_2O

$E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} = +0{,}34$ В	$E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} = +0{,}34$ В
$E^{o}_{2H_2O/H_2} = -1{,}0$ В	$E^{o}_{O_2/2H_2O} = +1{,}8$ В
Так как $E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} > E^{o}_{2H_2O/H_2}$ идет восстановление катионов меди:	Сульфат–ионы не разряжаются, так как $E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} < E^{o}_{O_2/2H_2O}$
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^{0}$	Анод растворяется $Cu^{0} - 2\bar{e} \rightarrow Cu^{2+}$

Массу вещества, получаемого электролизом, определяют позаконам, открытым М. Фарадеем в 1834 г. Обобщенный закон Фарадея связывает массу вещества, образовавшегося при электролизе, со временем электролиза и силой тока:

$$M = \frac{Мэкв \cdot J \cdot \tau}{F} (г)$$

где m – масса образовавшегося вещества, г;

J – сила тока, А;

τ – время электролиза, с;

F – константа Фарадея (96500 кул/моль)

$M_{экв}$ – молярная масса электрохимических эквивалентов вещества. Рассчитывается как частное от деления молярной массы вещества на число электронов, перемещаемых при окислении или восстановлении.

Пример 1. Ток силой 2, 5А, проходя через раствор электролита, за 30 мин выделяет из раствора 2,77 г металла. Найти молярную массу эквивалентов металла.

Решение:

Из закона Фарадея:

$$M_{экв} = \frac{m \cdot F}{J \cdot t} = \frac{2{,}77 \cdot 96500}{2{,}5 \cdot 1800} = 59{,}4 \text{ г/моль.}$$

Задания к подразделу 5.4

Рассмотрите катодные и анодные процессы при электролизе водных растворов указанных веществ. Процессы на электродах обоснуйте значениями потенциалов (таблица 1). Составьте схемы электролиза с инертными электродами водных растворов предложенных соединений (отдельно два раствора). С инертными электродами, или растворимым анодом. Рассчитайте массу или объём (при н.у. для газов) продуктов, выделяющихся на электродах при пропускании через раствор в течении 1 часа тока силой 1А.

221	LiBr; $CoSO_4$	231	NaCl; $Al_2(SO_4)_3$
222	K_3PO_4; $Pb(NO_3)_2$	232	$Co(NO_3)_2$; KJ
223	$Ba(NO_3)_2$; $Sn(NO_3)_2$	233	$NiSO_4$; $NaNO_2$
224	$Cr(NO_3)_3$; $CuCl_2$ (Cu -)	234	$FeBr_2$; NaOH
225	$Ca(NO_3)_2$; $NiSO_4$	235	$ZnCl_2$; $CoBr_2$
226	K_2CO_3; $NiBr_2$ (Ni -)	236	$NiSO_4$; $MgCl_2$
227	$CoCl_2$; HNO_3	237	$MgCl_2$; $AgNO_3$ (Ag -)
228	$AgNO_3$; $Al_2(SO_4)_3$	238	$Ba(NO_3)_2$; Na_2CO_3
229	$BaCl_2$; H_2SO_4	239	$NaNO_3$; $NiCl_2$
230	$Pb(NO_3)_2$; H_2SO_4	240	KOH; $ZnSO_4$

6. Варианты заданий

Номер варианта – последние две цифры зачётной книжки

Номер варианта	Номера заданий
01	1, 21, 41, 61, 81, 101, 121, 141, 161, 181, 201, 221

02	2, 22, 42, 62, 82, 102, 122, 142, 162, 182, 202, 222
03	3, 23, 43, 63, 83, 103, 123, 143, 163, 183, 203, 223
04	4, 24, 44, 64, 84, 104, 124, 144, 164, 184, 204, 224
05	5, 25, 45, 65, 85, 105, 125, 145, 165, 185, 205, 225
06	6, 26, 46, 66, 86, 106, 126, 146, 166, 186, 206, 226
07	7, 27, 47, 67, 87, 107, 127, 147, 167, 187, 207, 227
08	8, 28, 48, 68, 88, 108, 128, 148, 168, 188, 208, 228
09	9, 29, 49, 69, 89, 109, 129, 149, 169, 189, 209, 229
10	10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170, 190, 210, 230
11	11, 31, 51, 71, 91, 111, 131, 151, 171, 191, 211, 231
12	12, 32, 52, 72, 92, 112, 132, 152, 172, 192, 212, 232
13	13, 33, 53, 73, 93, 113, 133, 153, 173, 193, 213, 233
14	14, 34, 54, 74, 94, 114, 134, 154, 174, 194, 214, 234
15	15, 35, 55, 75, 95, 115, 135, 155, 175, 195, 215, 235
16	16, 36, 56, 76, 96, 116, 136, 156, 176, 196, 216, 236
17	17, 37, 57, 77, 97, 117, 137, 157, 177, 197, 217, 237
18	18, 38, 58, 78, 98, 118, 138, 158, 178, 198, 218, 238
19	19, 39, 59, 79, 99, 119, 139, 159, 179, 199, 219, 239
20	20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240
21	1, 25, 44, 63, 85, 107, 132, 151, 172, 193, 211, 231
22	2, 22, 46, 61, 82, 105, 134, 152, 173, 194, 208, 222
23	3, 21, 41, 67, 84, 108, 127, 148, 169, 185, 207, 234
24	4, 27, 42, 63, 83, 103, 131, 146, 165, 192, 205, 231
25	5, 26, 47, 65, 87, 106, 129, 141, 172, 189, 212, 238
26	6, 21, 43, 64, 89, 107, 122, 151, 169, 191, 209, 227
27	7, 25, 49, 65, 86, 103, 125, 145, 162, 189, 212, 235
28	8, 23, 47, 62, 83, 106, 124, 141, 162, 187, 207, 224
29	9, 21, 42, 67, 85, 108, 125, 142, 163, 186, 208, 229
30	10, 22, 47, 61, 79, 111, 126, 143, 171, 193, 209, 238

31	11, 27, 41, 68, 81, 107, 125, 152, 175, 198, 209, 238
32	12, 24, 55, 73, 82, 112, 131, 147, 168, 191, 213, 235
33	13, 34, 56, 765, 91, 102, 126, 148, 170, 189, 204, 227
34	14, 25, 44, 67, 87, 105, 134, 151, 169, 192, 207, 228
35	15, 31, 47, 75, 95, 117, 137, 150, 173, 189, 212, 234
36	16, 29, 41, 74, 93, 112, 134, 152, 171, 188, 211, 233
37	17, 32, 43, 78,, 91, 101, 135, 153,172, 193, 210, 240
38	18, 21, 42, 67, 85, 102, 126, 142, 164, 187, 208, 231
39	19, 39, 45, 68, 84, 111, 127, 141, 163, 192, 207, 230
40	20, 38, 44, 67, 88, 110, 131, 142, 161, 189, 211, 226
41	11, 29, 40, 61, 90, 105, 128, 154, 168, 190, 209, 222
42	12, 22, 45, 62, 92, 107, 130, 153, 167, 191, 210, 223
43	13, 27, 46, 63, 93, 108, 131, 154, 162, 190, 205, 229
44	14, 30, 43, 62, 94, 109, 132, 149, 170, 187, 212, 235
45	15, 31, 47, 69, 87, 103, 133, 148, 169, 191, 211, 226
46	16, 22, 48, 68, 86, 102, 132, 147, 168, 190, 204, 231
47	17, 23, 42, 67,85, 115, 135, 151,161, 191, 205, 228
48	18, 32, 55, 71, 91, 107, 134, 150, 167, 192, 206, 229
49	19, 31, 54, 72, 92, 108, 129, 149, 172, 189, 210, 227
50	10, 23, 47, 62, 93, 112, 136, 153, 171, 187, 208, 221
51	11, 24, 48, 61, 87, 113, 131, 152, 167, 191, 212, 234
52	12, 25, 41, 62, 88, 110, 130, 156, 168, 192, 206, 231
53	13, 26, 42, 63, 89, 111, 131, 149, 161, 190, 209, 238
54	14, 32, 49, 71, 87, 109, 132, 148, 170, 183, 205, 229
55	15, 33, 43, 70, 35, 108, 133, 151, 163, 184, 204, 240
56	16, 31, 48, 69, 84, 107, 135, 149, 161, 187, 202, 224
57	17, 28, 42, 61, 35, 104, 129, 148,164, 189, 209, 222
58	18, 21, 42, 67, 85, 102, 126, 142, 164, 187, 208, 231
59	19, 29, 44, 62, 84, 105, 128, 147, 163, 185, 210, 223

60	20, 32, 47, 68, 83, 109, 130, 152, 164, 187, 206, 225
61	1, 31, 56, 78, 97, 117, 136, 156, 176, 195, 210, 234
62	2, 29, 54, 76, 96, 112, 135, 154, 174, 198, 209, 233
63	3,28, 53, 75, 94, 111, 134, 153, 173, 194, 208, 231
64	4, 26, 51, 74, 93, 115, 132, 151, 172, 193, 207, 230
65	5, 24, 55, 71, 92, 114, 134, 152, 171, 189, 204, 222
66	6, 27, 51, 72, 91, 109, 140, 155, 165, 191, 205, 235
67	7, 23, 44, 63, 85, 106, 139, 150,171, 192, 201, 226
68	8, 34, 47, 62, 87, 104, 136, 156, 164, 189, 219, 227
69	9, 29, 41, 61, 89, 108, 136, 156, 161, 187, 218, 231
70	10, 21, 49, 67, 86, 105, 128, 147, 162, 188, 217, 236
71	11, 22, 48, 69, 88, 110, 129, 148, 169, 185, 212, 235
72	12, 32, 52, 64, 84, 112, 127, 151, 168, 186, 211, 232
73	13, 29, 53, 75, 95, 116, 135, 154, 175, 193, 210, 234
74	14, 28, 54, 77, 99, 115, 136, 153, 176, 194, 209, 233
75	15, 37, 51, 76, 98, 114, 134, 151, 168, 191, 208, 231
76	16, 36, 52, 71, 91, 112, 133, 152, 167, 192, 207, 229
77	17, 31, 48, 70,, 92, 110, 130, 156,174, 199, 206, 228
78	18, 30, 47, 72, 93, 112, 131, 155, 175, 198, 205, 230
79	19, 32, 46, 75, 95, 110, 128, 154, 176, 197, 204, 223
80	20, 33, 44, 78, 91, 111, 125, 153, 171, 196, 205, 224
81	11, 34, 41, 79, 90, 117, 126, 149, 170, 190, 206, 225
82	12, 29, 51, 78, 94, 106, 130, 147, 173, 189, 204, 226
83	13, 26, 49, 77, 95, 108, 131, 146, 174, 191, 212, 230
84	14, 28, 47, 74, 93, 107, 129, 145, 175, 195, 215, 235
85	15, 27, 52, 69, 86, 104, 136, 154, 161, 188, 207, 236
86	16, 30, 51, 68, 85, 105, 134, 156, 174, 189, 208, 237
87	17, 29, 44, 61,, 89, 106, 135, 147,176, 191, 210, 223
88	18, 31, 47, 62, 91, 110, 132, 152, 175, 192, 209, 224

89	19, 32, 48, 63, 90, 109, 128, 156, 168, 194, 211, 240
90	20, 34, 49, 67, 91, 112, 129, 153, 169, 199, 210, 239
91	11, 35, 47, 71, 88, 107, 127, 156, 171, 189, 207, 225
92	11, 36, 48, 72, 87, 106, 126, 155, 172, 188, 206, 226
93	13, 29, 47, 73, 89, 108, 129, 158, 176, 187, 212, 227
94	14, 33, 44, 78, 90, 105, 128, 157, 173, 186, 211, 226
95	15, 31, 43, 77, 89, 104, 127, 156, 173, 194, 211, 222
96	16, 30, 51, 76, 88, 105, 123, 155, 174, 195, 210, 232
97	17, 28, 48, 72, 86, 103, 128, 151, 175, 187, 211, 235
98	18, 27, 47, 73, 85, 102, 127, 149, 172, 186, 210, 228
99	19, 26, 42, 71, 81, 109, 125, 152, 171, 189, 209, 235
00	20, 24, 41, 75, 82, 110, 121, 148, 169, 190, 208, 227

Список литературы

1. Глинка Н.Л. Общая химия.:Учебник/под.рел. В.А.Попкова, А.В.Бабкова.-18-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011,886с

2. Коровин Н.В. Общая химия Учебник/ 13-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский центр "Академия" 2011 .-496с
3, Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. Учебное пособие/ Изд.стер.- М.: КНОРУС. 2011. 240с.
4. Попова М.Н., Ишметова Р.И. Общая химия. Учебное пособие по самостоятельной работе для студентов заочного обучения всех специальностей. Издание УГГУ, Екатеринбург, 2010.-43 с.
5. Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.В. Начала химии: учебник – М.: Экзамен, 2004.-720 с.

8. Приложения

Таблица 1

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Элемент	Реакция	E^0
Ag	α -$Ag_2S + 2\bar{e} = 2Ag + S^{2-}$	-0,70
	$Ag(CN)_2^- + \bar{e} = Ag + 2CN^-$	-0,29
	$AgI + \bar{e} = Ag + I^-$	-0,152
	$AgCN + \bar{e} = Ag + CN^-$	-0,04
	$Ag(S_2O_3)_2^{3-} + \bar{e} = Ag + 2S_2O_3^{2-}$	0,01
	$AgBr + \bar{e} = Ag + Br^-$	0,071
	$AgCl + \bar{e} = Ag + Cl^-$	0,222
	$Ag_2O + H_2O + 2\bar{e} = 2Ag + 2OH^-$	0,344
	$Ag(NH_3)_2^+ + \bar{e} = Ag + 2NH_3$	0,373
	$Ag_2CrO_4 + 2\bar{e} = 2Ag + CrO_4^{2-}$	0,446
	$Ag_2C_2O_4 + 2\bar{e} = 2Ag + C_2O_4^{2-}$	0,472
	$AgBrO_3 + \bar{e} = Ag + BrO_3^-$	0,55
	$2AgO + H_2O + 2\bar{e} = Ag_2O + 2OH^-$	0,60
	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	0,799
	$Ag_2O + 2H^+ + 2\bar{e} = 2Ag + H_2O$	1,173
	$2AgO + 2H^+ + 2\bar{e} = Ag_2O + H_2O$	1,398
Al	$AlO_2^- + 2H_2O + 3\bar{e} = Al + 4OH^-$	-2,35
	$Al(OH)_3 + 3\bar{e} = Al + 3OH^-$	-2,31
	$AlF_6^{3-} + 3\bar{e} = Al + 6F^-$	-2,07
	$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,663
	$Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Al + 3H_2O$	-1,471
	$AlO_2^- + 4H^+ + 3e = Al + 2H_2O$	-1,262
As	$As + 3H^+ + 3e = AsH_3$	-0,60
	$HAsO_2 + 3H^+ + 3e = As + 2H_2O$	0,248
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = HAsO_2 + 2H_2O$	0,559
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = H_3AsO_3 + H_2O$	0,58
Au	$Au(CN)_2 + e = Au + 2CN^-$	-0,61
	$AuBr_4^- + 2e = AuBr_2^- + 2Br^-$	0,802
	$AuCl_4^- + 2e = AuCl_2^- + 2\,Cl^-$	0,926
	$AuBr_2^- + e = Au + 2Br^-$	0,959
	$AuCl_2^- + 2e = Au + 2Cl^-$	1,15
	$Au^{3+} + 2e = Au^+$	1,401
	$Au^{3+} + 3e = Au$	1,498
	$Au^+ + 3e = Au$	1,692
B	$BF_4^- + 3e = B + 4F^-$	-1,04

	$H_3BO_3 + 3H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,869
	$BO_3^{3-} + 6H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,165
Ba	$Ba^{2+} + 2e = Ba$	-2,905
Be	$Be^{2+} + 2e = Be$	-1,847
	$Be(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-1,820
	$BeO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-0,909
Bi	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$	-0,46
	$BiOCl + 2H^+ + 3e = Bi + Cl^- + H_2O$	0,16
	$Bi^{3+} + 3e = Bi$	0,215
	$BiO^+ + 2H^+ + 3e = Bi + H_2O$	0,32
	$Bi_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Bi + 3H_2O$	0,371
	$NaBiO_3$(т) $+ 6H^+ + 2e = Bi^{3+} + Na^+ + 3H_2O$	1,6 - 1,808
Br	$2BrO^- + 2H_2O + 2e = Br_2 + 4OH^-$	0,45
	$2BrO_3^- + 6H_2O + 10e = Br_2 + 12OH^-$	0,50
	$BrO_3^- + 2H_2O + 4e = BrO^- + 4OH^-$	0,54
	$BrO_3^- + 3H_2O + 6e = Br^- + 6OH^-$	0,61
	$BrO^- + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	0,76
	$Br_3^- + 2e = 3Br^-$	1,05
	Br_2(ж) $+ 2e = 2Br^-$	1,065
	$BrO_3^- + 6H^+ + 6e = Br^- + 3H_2O$	1,44
	$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e = Br_2 + 6H_2O$	1,52
	$2HBrO + 2H^+ + 2e = Br_2 + 2H_2O$	1,59
C	$HCOO^- + 2H_2O + 2e = HCHO + 3OH^-$	-1,07
	$2CO_2 + 2H^+ + 2e = H_2C_2O_4$	-0,49
	$CO_2 + 2H^+ + 2e = HCOOH$	-0,20
	C(графит) $+ 4H^+ + 4e = CH_4$	-0,132
	$CO_2 + 2H^+ + 2e = CO + H_2O$	-0,12
	$HCOOH + 2H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	-0,01
	$HCOOH + 4H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,145
	$HCOO^- + 3H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	0,167
	$CH_3CHO + 2H^+ + 2e = C_2H_5OH$	0,19
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = HCHO + 2H_2O$	0,197
	$HCOO^- + 5H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,199
	$CO_3^{2-} + 8H^+ + 6e = CH_3OH + 2H_2O$	0,209
	$CO_3^{2-} + 3H^+ + 2e = HCOO^- + H_2O$	0,227
	$HCHO + 2H^+ + 2e = CH_3OH$	0,232
	$2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e = C_2O_4^{2-} + 2H_2O$	0,441
	$C_2H_5OH + 2H^+ + 2e = C_2H_6 + H_2O$	0,46
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e =$ C(графит) $+ 3H_2O$	0,475

	$CO + 6H^+ + 6e = CH_4 + H_2O$	0,497
	$CH_3OH + 2H^+ + 2e = CH_4 + H_2O$	0,59
Ca	$Ca^{2+} + 2e = Ca$	-2,866
Cd	$CdS + 2e = Cd + S^{2-}$	-1,175
	$Cd(CN)_4^{2-} + 2e = Cd + 4CN^-$	-1,09
	$Cd(OH)_2 + 2e = Cd + 2OH^-$	-0,81
	$Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cd + 4NH_3$	-0,61
	$Cd^{2+} + 2e = Cd$	-0,403
	$Cd(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cd + 2H_2O$	0,005
	$CdO + 2H^+ + 2e = Cd + H_2O$	0,063
Ce	$Ce^{3+} + 3e = Ce$	-2,48
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M H_2SO_4)	1,44
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M HNO_3)	1,61
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M $HClO_4$)	1,70
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$	1,77
Cl	$ClO_4^- + H_2O + 2e = ClO_3^- + 2OH^-$	0,36
	$2ClO^- + 2H_2O + 2e = Cl_2 + 4OH^-$	0,40
	$ClO_4^- + H_2O + 8e = Cl^- + 8OH^-$	0,56
	$ClO_3^- + 3H_2O + 6e = Cl^- + 6OH^-$	0,63
	$ClO_2 + 2H_2O + 5e = Cl^- + 4OH^-$	0,85
	$ClO^- + H_2O + 2e = Cl^- + 2OH^-$	0,88
	$ClO_3^- + 2H^+ + e = ClO_2 + H_2O$	1,15
	$ClO_4^- + 2H^+ + 2e = ClO_3^- + H_2O$	1,189
	$ClO_2 + 4H^+ + 4e = 2HCl + H_2O$	1,351
	$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$	1,3595
	$ClO_4^- + 8H^+ + 8e = Cl^- + 4H_2O$	1,38
	$2ClO_4^- + 16H^+ + 14e = Cl_2 + 8H_2O$	1,39
	$ClO_2 + 5H^+ + 5e = HCl + 2H_2O$	1,436
	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e = Cl^- + 3H_2O$	1,451
	$2ClO_3^- + 12H^+ + 10e = Cl_2 + 6H_2O$	1,47
	$HClO + H^+ + 2e = Cl^- + H_2O$	1,494
	$ClO_2 + 4H^+ + 5e = Cl^- + 2H_2O$	1,51
	$2ClO_2 + 8H^+ + 8e = Cl_2 + 4H_2O$	1,549
	$HClO_2 + 3H^+ + 4e = Cl^- + 2H_2O$	1,57
	$2HClO + 2H^+ + 2e = Cl_2 + 2H_2O$	1,63
	$2HClO_2 + 6H^+ + 6e = Cl_2 + 4H_2O$	1,64
Co	β -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-1,07
	α -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-0,90
	$Co(CN)_6^{3-} + e = Co(CN)_6^{4-}$	-0,84

	$Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$	-0,73
	$CoCO_3 + 2e = Co + CO_3^{2-}$	-0,64
	$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e = Co + 6NH_3$	-0,42
	$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,277
	$Co(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Co + 2H_2O$	0,095
	$Co(NH_3)_6^{3+} + e = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,1
	$CoO + 2H^+ + 2e = Co + H_2O$	0,166
	$Co(OH)_3 + e = Co(OH)_2 + OH^-$	0,17
	$Co^{3+} + 3e = Co$	0,33
	$Co^{3+} + e = Co^{2+}$	1,38 - 1,842
Cr	$Cr(OH)_2 + 2e = Cr + 2OH^-$	-1,4
	$Cr(OH)_3 + 3e = Cr + 3OH^-$	-1,3
	$CrO_2^- + 2H_2O + 3e = Cr + 4OH^-$	-1,2
	$Cr^{2+} + 2e = Cr$	-0,913
	$Cr^{3+} + 3e = Cr$	-0,744
	$Cr(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Cr + 3H_2O$	-0,654
	$Cr^{3+} + e = Cr^{2+}$	-0,407
	$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e = 2Cr + 7H_2O$	0,294
	$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Cr + 4H_2O$	0,366
	$CrO_4^{2-} + 4H^+ + 3e = CrO_2^- + 2H_2O$	0,945
	$CrO_2^- + 4H^+ + e = Cr^{2+} + 2H_2O$	1,188
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1,333
	$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Cr^{3+} + 4H_2O$	1,477
Cs	$Cs^+ + e = Cs$	-2,923
Cu	$Cu_2S + 2e = 2Cu + S^{2-}$	-0,89
	$CuS + 2e = Cu + S^{2-}$	-0,71
	$Cu(CN)_2^- + e = Cu + 2CN^-$	-0,43
	$Cu_2O + H_2O + 2e = 2Cu + 2OH^-$	-0,36
	$Cu(OH)_2 + 2e = Cu + 2OH^-$	-0,22
	$CuI + e = Cu + I^-$	-0,185
	$Cu(NH_3)_2^+ + e = Cu + 2NH_3$	-0,12
	$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu + 4NH_3$	-0,07
	$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	-0,01
	$CuI_2^- + e = Cu + 2I^-$	0,00
	$CuBr + e = Cu + Br^-$	0,03
	$CuCl + e = Cu + Cl^-$	0,137
	$Cu^{2+} + e = Cu^+$	0,153
	$CuCl_2^- + e = Cu + 2Cl^-$	0,177

	$2Cu^{2+} + H_2O + 2e = Cu_2O + 2H^+$	0,203
	$Cu^{2+} + 2e = Cu$	0,345
	$Cu^{2+} + 2Cl^- + e = CuCl_2^-$	0,463
	$Cu^+ + e = Cu$	0,520
	$Cu^{2+} + Cl^- + e = CuCl$	0,538
	$CuO + 2H^+ + 2e = Cu + H_2O$	0,570
	$Cu(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cu + 2H_2O$	0,609
	$Cu^{2+} + Br^- + e = CuBr$	0,640
	$2CuO + 2H^+ + 2e = Cu_2O + H_2O$	0,669
	$Cu^{2+} + I^- + e = CuI$	0,86
	$Cu^{2+} + 2CN^- + e = Cu(CN)_2$	1,12
Dy	$Dy^{3+} + 3e = Dy$	-2,353
Eu	$Eu^{2+} + 2e = Eu$	-3,395
	$Eu^{3+} + e = Eu^{2+}$	-0,429
F	$F_2O + 2H^+ + 4e = 2F^- + H_2O$	2,1
	$F_2 + 2e = 2F^-$	2,87
Fe	$FeS + 2e = Fe + S^{2-}$	-0,95
	$Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$	-0,877
	$FeCO_3 + 2e = Fe + CO_3^{2-}$	-0,756
	$Fe(OH)_3 + e = Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56
	$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,440
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e = 3Fe + 4H_2O$	-0,085
	$Fe_2O_3 + H_2O + 2H^+ + 2e = 2Fe(OH)_2$	-0,057
	$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Fe + 3H_2O$	-0,051
	$Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Fe + 2H_2O$	-0,047
	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Fe + 3H_2O$	0,059
	$Fe(OH)_3 + H^+ + e = Fe(OH)_2 + H_2O$	0,271
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$	0,356
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M H_2SO_4)	0,68
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M HCl)	0,70
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$ (1M HCl)	0,71
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$	0,771
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 2e = 3Fe^{2+} + 4H_2O$	0,980
Ga	$Ga^{3+} + 3e = Ga$	-0,53
Gd	$Gd^{3+} + 3e = Gd$	-2,397
Ge	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 2e = Ge^{2+} + 3H_2O$	-0,363
	$GeO_2 + 4H^+ + 4e = Ge + 2H_2O$	-0,15
	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 4e = Ge + 3H_2O$	-0,13

	$Ge^{2+} + 2e = Ge$	0,000
H	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,828
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,0000
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
Hf	$Hf^{4+} + 4e = Hf$	-1,70
	$HfO_2 + 4H^+ + 4e = Hf + 2H_2O$	-1,57
Hg	$HgS + 2e = Hg + S^{2-}$	-0,69
	$Hg(CN)_4^{2-} + 2e = Hg + 4CN^-$	-0,37
	$Hg_2I_2 + 2e = 2Hg + 2I^-$	-0,041
	$HgI_4^{2-} + 2e = Hg + 4I^-$	-0,04
	$HgO(красная) + H_2O + 2e = Hg + 2OH^-$	0,098
	$Hg_2Br_2 + 2e = 2Hg + 2Br^-$	0,140
	$HgBr_4^{2-} + 2e = Hg + 4Br^-$	0,21
	$Hg_2Cl_2 + 2K^+ + 2e = 2Hg + 2KCl (тв)$	0,2415
	$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$	0,268
	$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^- (1M KCl)$	0,28
	$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^- (0,1M KCl)$	0,334
	$HgCl_4^{2-} + 2e = Hg + 4Cl^-$	0,48
	$Hg_2SO_4 + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}$	0,6151
	$Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg$	0,788
	$Hg^{2+} + 2e = Hg$	0,850
	$2Hg^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$	0,920
	$HgO + 2H^+ + 2e = Hg + H_2O$	0,926
Ho	$Ho^{3+} + 3e = Ho$	-2,319
I	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,14
	$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	0,21
	$IO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	0,25
	$2IO^- + H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	0,45
	$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	0,49
	$I_2 + 2e = 2I^-$	0,536
	$I_3^- + 2e = 3I^-$	0,545
	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,56
	$HIO + H^+ + 2e = I^- + H_2O$	0,99
	$2ICl_2^- + 2e = I_2 + 4Cl^-$	1,06
	$IO_3^- + 6H^+ + 6e = I^- + 3H_2O$	1,085
	$IO_3^- + 5H^+ + 4e = HIO + 2H_2O$	1,14
	$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	1,19
	$2HIO + 2H^+ + 2e = I_2 + 2H_2O$	1,45
	$H_5IO_6 + H^+ + 2e = IO_3^- + 3H_2O$	1,60

Ir	$IrO_2 + 4H^+ + 4e = Ir + H_2O$	0,93
	$Ir^{3+} + 3e = Ir$	1,15
K	$K^+ + e = K$	-2,924
La	$La^{3+} + 3e = La$	-2,522
Li	$Li^+ + e = Li$	-3,045
Mg	$Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$	-2,69
	$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,363
	$Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$	-1,862
Mn	$MnCO_3 + 2e = Mn + CO_3^{2-}$	-1,48
	$Mn^{2+} + 2e = Mn$	-1,18
	$Mn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mn + 2H_2O$	-0,727
	$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	0,564
	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
	$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,228
	$Mn_2O_3 + 6H^+ + 2e = 2Mn^{2+} + 3H_2O$	1,443
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,507
	$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$ (8M H_2SO_4)	1,509
	$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	1,692
	$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	2,257
Mo	$H_2MoO_4 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	-1,091
	$MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = Mo + 8OH^-$	-1,05
	$Mo^{3+} + 3e = Mo$	-0,200
	$MoO_2 + 4H^+ + 4e = Mo + 2H_2O$	-0,072
	$MoO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Mo + 4H_2O$	0,154
	$MoO_3 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + H_2O$	0,320
	$MoO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	0,606

Элемент	Реакция	E^0
N	$3N_2 + 2\bar{e} = 2N_3^-$	-3,4
	$3N_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2HN_3$	-3,1
	$N_2 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_2OH + 2OH^-$	-3,04
	$N_2 + 4H_2O + 4\bar{e} = N_2H_4 + 4OH^-$	-1,16
	$N_2 + 8H_2O + 6\bar{e} = 2NH_4OH + 6OH^-$	-0,74
	$NO_2^- + H_2O + \bar{e} = NO + 2OH^-$	-0,46
	$NO_2^- + 6H_2O + 6\bar{e} = NH_4OH + 7OH^-$	-0,15
	$NO_3^- + 2H_2O + 3\bar{e} = NO + 4OH^-$	-0,14
	$NO_3^- + 7H_2O + 8\bar{e} = NH_4OH + 9OH^-$	-0,12

	$NO_3^- + H_2O + 2\bar{e} = NO_2^- + 2OH^-$	0,01
	$N_2 + 6H^+ + 6\bar{e} = 2NH_3$	0,057
	$N_2H_4 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_4OH + 2OH^-$	0,1
	$N_2 + 8H^+ + 6\bar{e} = 2NH_4^+$	0,275
	$2NO_2^- + 4H_2O + 6\bar{e} = N_2 + 8OH^-$	0,41
	$NH_2OH + 2H_2O + 2\bar{e} = NH_4OH^- + 2OH^-$	0,42
	$2NO_2 + 4H_2O + 8e = N_2 + 8OH^-$	0,53
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,78
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,80
	$2NO + 2H_2O + 4e = N_2 + 4OH^-$	0,85
	$HNO_2 + 7H^+ + 6e = NH_4^+ + 2H_2O$	0,864
	$NO_3^- + 10H^+ + 8e = NH_4^+ + 3H_2O$	0,87
	$2NO_2 + 2e = 2NO_2^-$	0,88
	$N_2O + H_2O + 2e = N_2 + 2OH^-$	0,94
	$NO_3^- + 3H^+ + 2e = HNO_2 + 2H_2O$	0,94
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,957
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,96
	$HNO_2 + H^+ + e = NO + H_2O$	1,00
	$NO_2 + 2H^+ + 2e = NO + H_2O$	1,03
	$NO_2 + H^+ + e = HNO_2$	1,09
	$2NO_3^- + 10H^+ + 8e = N_2O + 5H_2O$	1,116
	$2NO_3^- + 12H^+ + 10e = N_2 + 6H_2O$	1,246
	$2HNO_2 + 4H^+ + 4e = N_2O + 3H_2O$	1,297
	$2NO_2 + 8H^+ + 8e = N_2 + 4H_2O$	1,36
	$2HNO_2 + 6H^+ + 6e = N_2 + 4H_2O$	1,45
	$2NO + 4H^+ + 4e = N_2 + 2H_2O$	1,678
	$N_2O + 2H^+ + 2e = N_2 + H_2O$	1,766
Na	$Na^+ + e = Na$	-2,714
Nd	$Nd^{3+} + 3e = Nd$	-2,431
Ni	γ-$NiS + 2e = Ni + S^{2-}$	-1,04
	α-$NiS + 2e = Ni + S^{2-}$	-0,83
	$Ni(OH)_2 + 2e = Ni + 2OH^-$	-0,72
	$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e = Ni + 6NH_3$	-0,49
	$NiCO_3 + 2e = Ni + CO_3^{2-}$	-0,45
	$Ni^{2+} + 2e = Ni$	-0,25
	$Ni(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Ni + 2H_2O$	0,110
	$NiO + 2H^+ + 2e = Ni + H_2O$	0,116
	$NiO_2 + 4H^+ + 2e = Ni^{2+} + 2H_2O$	1,68

Np	$Np^{3+} + 3e = Np$	-1,856
	$Np^{4+} + e = Np^{3+}$	0,152
	$NpO_2^+ + 4H^+ + 2e = Np^{3+} + 2H_2O$	0,451
	$NpO_2^+ + e = NpO_2$	0,564
	$NpO_2^{2+} + e = NpO_2^+$	1,149
	$Np_2O_5 + 2H^+ + 2e = 2NpO_2 + H_2O$	1,253
O	$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	0,401
	$O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O_2$	0,682
	$H_2O_2 + 2e = 3OH^-$	0,88
	$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	1,229
	$O_3 + H_2O + 3e = O_2 + 2OH^-$	1,24
	$O_3 + 6H^+ + 6e = 3H_2O$	1,511
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
	$O_3 + 2H^+ + 2e = O_2 + H_2O$	2,07
Os	$OsO_2 + 2H_2O + 4e = Os + 4OH^-$	-0,15
	$OsCl_6^{3-} + e = Os^{2+} + 6Cl^-$	0,4
	$OsO_4 + 8H^+ + 8e = Os + 4H_2O$	0,85
	$OsCl_6^{2-} + e = OsCl_6^{3-}$	0,85
	$Os^{2+} + 2e = Os$	0,85
	$OsO_4 + 4H^+ + 4e = OsO_2 + 2H_2O$	0,96
P	$H_2PO_2^- + e = P + 2OH^-$	-2,05
	$HPO_3^{2-} + 2H_2O + 2e = H_2PO_2^- + 3OH^-$	-1,57
	$PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e = HPO_3^{2-} + 3OH^-$	-1,12
	$2H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_4P_2O_6 + 2H_2O$	-0,94
	$P + 3H_2O + 3e = PH_3 + 3OH^-$	-0,89
	$H_3PO_2 + H^+ + e = P + 2H_2O$	-0,51
	$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(белый) + 3H_2O$	-0,502
	$H_3PO_3 + 3H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(красный) + 3H_2O$	-0,454
	$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(белый) + 4H_2O$	-0,411
	$H_3PO_4 + 4H^+ + 4e = H_3PO_2 + 2H_2O$	-0,39
	$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(красный) + 4H_2O$	-0,383
	$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_3PO_3 + H_2O$	-0,276
	$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$P + 3H^+ + 3e = PH_3$	0,06
	$H_4P_2O_6 + 2H^+ + 2e = 2H_3PO_3$	0,38
Pb	$PbS + 2e = Pb + S^{2-}$	-0,93
	$PbO + H_2O + 2e = Pb + 2OH^-$	-0,58
	$PbCO_3 + 2e = Pb + CO_3^{2-}$	-0,506

	$PbI_2 + 2e = Pb + 2I^-$	0,365
	$PbSO_4 + 2e = Pb + SO_4^{2-}$	-0,3563
	$PbF_2 + 2e = Pb + 2F^-$	-0,350
	$PbBr_2 + 2e = Pb + 2Br^-$	-0,280
	$PbCl_2 + 2e = Pb + 2Cl^-$	-0,268
	$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,126
	$PbO_3^{2-} + H_2O + 2e = PbO_2^{2-} + 2OH^-$	0,2
	$PbO + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,248
	$Pb(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,277
	$PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^-$	0,28
	$Pb_3O_4 + 2H^+ + 2e = 3PbO + H_2O$	0,972
	$PbO_2 + 4H^+ + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$	1,449-1,455
	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$	1,685
	$Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$	1,694
Pd	$Pd(OH)_2 + 2e = Pd + 2OH^-$	0,07
	$PdI_6^{2-} + 2e = PdI_4^{2-} + 2I^-$	0,623
	$PdCl_4^{2-} + 2e = Pd + 4Cl^-$	0,623
	$PdO + 2H^+ + 2e = Pd + H_2O$	0,896
	$PdCl_6^{2-} + 4e = Pd + 6Cl^-$	0,96
	$Pd^{2+} + 2e = Pd$	0,987
	$PdBr_6^{2-} + 2e = PdBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,993
	$PdO_2 + 2H^+ + 2e = PdO + H_2O$	1,283
	$PdCl_6^{2-} + 2e = PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$	1,288
Pt	$PtS + 2e = Pt + S^{2-}$	-0,95
	$PtS_2 + 2e = PtS + S^{2-}$	-0,64
	$Pt(OH)_2 + 2e = Pt + 2OH^-$	0,15
	$PtI_6^{2-} + 2e = PtI_4^{2-} + 2I^-$	0,393
	$PtBr_4^{2-} + 2e = Pt + 4Br^-$	0,58
	$PtBr_6^{2-} + 2e = PtBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,59
	$PtCl_6^{2-} + 2e = PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$	0,720
	$PtCl_4^{2-} + 2e = Pt + 4Cl^-$	0,73
	$Pt(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pt + 2H_2O$	0,980
	$PtO_2 + 2H^+ + 2e = Pt(OH)_2$	1,045
	$Pt^{2+} + 2e = Pt$	1,188
Ra	$Ra^{2+} + 2e = Ra$	-2,925
Rb	$Rb^+ + e = Rb$	-2,925
S	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,93
	$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^-$	-0,76
	$SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^-$	-0,66

	$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	-0,58
	$S_2^{2-} + 2e = 2S^{2-}$	-0,524
	$S + 2e = S^{2-}$	-0,48
	$2S + 2e = S_2^{2-}$	-0,476
	$S + H^+ + 2e = HS^-$	-0,065
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 8e = 2S^{2-} + 3H_2O$	-0,006
	$S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$	0,08
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e = S^{2-} + 4H_2O$	0,149
	$S + 2H^+ + 2e = H_2S$	0,141-0,17
	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SO_3 + H_2O$	0,17
	$SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e = S^{2-} + 3H_2O$	0,231
	$2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	0,29
	$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = H_2S + 4H_2O$	0,311
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = S + 4H_2O$	0,357
	$2H_2SO_3 + 2H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,40
	$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e = S + 3H_2O$	0,449
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 4e = 2S + 3H_2O$	0,5
	$2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,705
	$S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$	2,01
Sb	$SbO_2^- + 2H_2O + 3e = Sb + 4OH^-$	-0,675
	$Sb + 3H^+ + 3e = SbH_3$	-0,51
	$SbO_3^- + H_2O + 2e = SbO_2^- + 2OH^-$	-0,43
	$Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Sb + 3H_2O$	0,152
	$SbO^+ + 2H^+ + 3e = Sb + H_2O$	0,212
	$SbO_3^- + 2H^+ + 3e = SbO_2^- + H_2O$	0,353
	$SbO_2^- + 4H^+ + 3e = Sb + 2H_2O$	0,446
	$Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e = 2SbO^+ + 3H_2O$	0,581
	$Sb_2O_5 + 4H^+ + 4e = Sb_2O_3 + 2H_2O$	0,671
Sc	$Sc^{3+} + 3e = Sc$	-2,077
Se	$Se + 2e = Se^{2-}$	-0,92
	$Se + 2H^+ + 2e = H_2Se$	-0,40
	$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Se + 6OH^-$	-0,366
	$SeO_4^{2-} + H_2O + 2e = SeO_3^{2-} + 2OH^-$	0,05
	$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e = Se + 3H_2O$	0,741
	$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SeO_3 + H_2O$	1,15
Si	$SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Si + 6OH^-$	-1,7
	$SiF_6^{2-} + 4e = Si + 6F^-$	-1,2
	$SiO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = Si + 3H_2O$	-0,455
	$Si + 4H^+ + 4e = SiH_4$	0,102

Sn	$SnS + 2e = Sn + S^{2-}$	-0,94
	$Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^- + H_2O + 3OH^-$	-0,93
	$HSnO_2^- + H_2O + 2e = Sn + 3OH^-$	-0,91
	$SnF_6^{2-} + 4e = Sn + 6F^-$	-0,25
	$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,136
	$SnO_2 + 2H^+ + 2e = SnO + H_2O$	-0,108
	$SnO_2 + 4H^+ + 4e = Sn + 2H_2O$	-0,106
	$SnO + 2H^+ + 2e = Sn + H_2O$	-0,104
	$Sn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Sn + 2H_2O$	-0,091
	$SnCl_6^{2-} + 2e = SnCl_4^{2+} + 2Cl^-$ (1M HCl)	0,14
	$Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$	0,151
Sr	$Sr^{2+} + 2e = Sr$	-2,888
Te	$Te + 2e = Te^{2-}$	-1,14
	$Te + 2H^+ + 2e = H_2Te$	-0,72
	$TeO_3^{2-} + 2H_2O + 4e = Te + 6OH^-$	-0,57
	$TeO_2 + 4H^+ + 4e = Te + 2H_2O$	0,529
	$TeO_4^{2-} + 2H^+ + 2e = TeO_3^{2-} + H_2O$	0,892
	$H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e = TeO_2 + 4H_2O$	1,02
Ti	$Ti^{2+} + 2e = Ti$	-1,63
	$TiO + 2H^+ + 2e = Ti + H_2O$	-1,306
	$TiF_6^{2-} + 4e = Ti + 6F^-$	-1,19
	$TiO_2 + 4H^+ + 4e = Ti + 2H_2O$	-0,86
	TiO_2(рутил) $+ H^+ + 4e = Ti^{3+} + 2H_2O$	-0,666
	TiO_2(рутил) $+ 2H^+ + 4e = Ti^{2+} + 2H_2O$	-0,502
	$Ti^{3+} + e = Ti^{2+}$	-0,368
	$Ti^{4+} + e = Ti^{3+}$ (5M H_3PO_4)	-0,15
	$TiO^{2+} + 2H^+ + 2e = Ti^{2+} + H_2O$	-0,135
	$TiO^{2+} + 2H^+ + e = Ti^{3+} + H_2O$	0,10
Tl	$Tl_2S + 2e = 2Tl + S^{2-}$	-0,93
	$TlI + e = Tl + I^-$	-0,753
	$TlBr + e = Tl + Br^-$	-0,658
	$TlCl + e = Tl + Cl^-$	-0,557
	$TlOH + e = Tl + OH^-$	-0,344
	$Tl^+ + e = Tl$	-0,3363
	$Tl(OH)_3 + 2e = TlOH + 2OH^-$	-0,05
	$Tl_2O_3 + 3H_2O + 4e = 2Tl^+ + 6OH^-$	0,02
	$TlOH + H^+ + e = Tl + H_2O$	0,778
	$Tl^{3+} + 2e = Tl^+$	1,252
U	$UO_2 + 2H_2O + 4e = U + 4OH^-$	-2,39

	$U^{3+} + 3e = U$	-1,798
	$U^{4+} + e = U^{3+}$	-0,607
	$UO_2^{2+} = UO_2^{+}$	0,05
	$UO_2^{2+} + 4H^{+} + 2e = U^{4+} + 2H_2O$	0,334
	$UO_2^{+} + 4H^{+} + e = U^{4+} + 2H_2O$	0,62
V	$V^{2+} + 2e = V$	-1,175
	$V^{3+} + e = V^{2+}$	-0,255
	$VO_2^{+} + 4H^{+} + 5e = V + 2H_2O$	-0,25
	$VO_2^{2+} + e = VO^{+}$	-0,044
	$VO_2^{+} + 4H^{+} + 3e = V^{2+} + 2H_2O$	0,360
	$V_2O_5 + 6H^{+} + 2e = 2VO^{2+} + 3H_2O$	0,958
	$VO_2^{+} + 2H^{+} + e = VO^{2+} + H_2O$	1,004
	$VO_4^{3-} + 6H^{+} + 2e = VO^{+} + 3H_2O$	1,256
	$H_2VO_4^{-} + 4H^{+} + e = VO^{2+} + 3H_2O$	1,314
W	$WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = W + 8OH^{-}$	-1,05
	$WO_2 + 4H^{+} + 4e = W + 2H_2O$	-0,119
	$WO_3 + 6H^{+} + 6e = W + 3H_2O$	-0,09
	$W_2O_5 + 2H^{+} + 2e = 2WO_2 + H_2O$	-0,031
	$2WO_3 + 2H^{+} + 2e = W_2O_5 + H_2O$	-0,029
	$WO_4^{2-} + 8H^{+} + 6e = W + 4H_2O$	0,049
	$2WO_4^{2-} + 6H^{+} + 2e = W_2O_5 + 3H_2O$	0,801
Zn	$ZnS + 2e = Zn + S^{2-}$	-1,405
	$Zn(CN)_4^{2-} + 2e = Zn + 4CN^{-}$	-1,26
	$Zn(OH)_2 + 2e = Zn + 2OH^{-}$	-1,245
	$Zn(OH)_4^{2-} + 2e = Zn + 4OH^{-}$	-1,22
	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e = Zn + 4OH^{-}$	-1,216
	$ZnCO_3 + 2e = Zn + CO_3^{2-}$	-1,06
	$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e = Zn + 4NH_3$	-1,04
	$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,763
	$ZnO_2^{2-} + 4H^{+} + 2e = Zn + 2H_2O$	0,441
Zr	$ZrO^{2+} + 2H^{+} + 4e = Zr + H_2O$	-1,570
	$ZrO_2 + 4H^{+} + 4e = Zr + 2H_2O$	-1,553
	$Zr^{4+} + 4e = Zr$	-1,539

Таблица 2

Окислительно-восстановительные потенциалы водорода, кислорода и некоторых металлов в кислой, нейтральной и щелочной средах

Среда					
Кислая (*pH* = 0)		Нейтральная (*pH* = 7)		Щелочная (*pH* = 14)	
Red/Ox пара	φ^0, В	Red/Ox пара	φ^0, В	Red/Ox пара	φ^0, В
Mg^{2+}/Mg	-2.36	$Mg(OH)_2/Mg$	-2.38	$Mg(OH)_2/Mg$	-2.69
Al^{3+}/Al	-1.66	$Al(OH)_3/Al$	-1.88	CrO_2^-/Cr	-1.32
Zn^{2+}/Zn	-0.76	$Cr(OH)_3/Cr$	-0.93	ZnO_2^{2-}/Zn	-1.22
Cr^{3+}/Cr	-0.74	$Zn(OH)_2/Zn$	-0.81	SnO_2^{2-}/Sn	-0.91
Fe^{2+}/Fe	-0.44	$Sn(OH)_2/Sn$	-0.50	$Fe(OH)_2/Fe$	-0.87
Cd^{2+}/Cd	-0.40	$Fe(OH)_2/Fe$	-0.46	$2H_2O/H_2$	-0.83
Co^{2+}/Co	-0.28	$2H_2O/H_2$	-0.41	$Cd(OH)_2/Cd$	-0.82
Ni^{2+}/Ni	-0.25	$Cd(OH)_2/Cd$	-0.41	$Co(OH)_2/Co$	-0.73
Sn^{2+}/Sn	-0.14	$Co(OH)_2/Co$	-0.32	$Ni(OH)_2/Ni$	-0.72
Pb^{2+}/Pb	-0.13	$Ni(OH)_2/Ni$	-0.30	PbO_2^{2-}/Pb	-0.54
$2H^+/H_2$	0.00	$Pb(OH)_2/Pb$	-0.14	$Bi_2O_3/2Bi$	-0.45
Ag^+/Ag	+0.80	BiO^+/Bi	-0.04	AlO_2^-/Al	-0.36
Bi^{3+}/Bi	+0.21	$Cu(OH)_2/Cu$	+0.19	$Cu(OH)_2/Cu$	-0.22
Cu^{2+}/Cu	+0.34	$AgCl/Ag$	+0.22		
$O_2/2H_2O$	+1.22	$O_2/4OH^-$	+0.81	$O_2/4OH^-$	+0.40
		$Cl_2/2Cl^-$	+1.36		

Таблица 3

Названия некоторых кислот и их солей

Кислота		Название солей
Название	Формула	
Азотистая	HNO_2	Нитриты
Азотная	HNO_3	Нитраты
Бромоводородная	HBr	Бромиды
Дихромовая	$H_2Cr_2O_7$	Дихроматы
Иодоводородная	HJ	Иодиды
Кремниевая	H_2SiO_3	Силикаты
Марганцовая	$HMnO_4$	Перманганаты
Сероводородная	H_2S	сульфиды
Серная	H_2SO_4	сульфаты
Сернистая	H_2SO_3	сульфиты
Ортофосфорная	H_3PO_4	Фосфаты
Фосфористая	H_3PO_3	Фосфиты
Угольная	H_2CO_3	Карбрнаты
Уксусная	CH_3COOH	ацетаты
Хлороводородная	HCl	хлориды
Хлорноватистая	HClO	гипохлориты
Хлорноватая	$HClO_3$	хлораты
Хлорная	$HClO_4$	перхлораты
Хромовая	H_2CrO_4	хроматы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие для выполнения практических работ

Специальность
21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Зайцева Н.А., к.х.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Химии	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 02.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

ВВЕДЕНИЕ

Качественная реакция – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

Чувствительность реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество (ион),

например: крахмал для обнаружения I_2 (синяя окраска); щёлочь для обнаружения NH^{4+} (запах аммиака).

Специфические реакции – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом.** При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. Систематический (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от *pH*-среды.

2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.

3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному методу

Группа	Катионы	Групповой реактив	Характеристика группы
I	Na^+, K^+, NH_4^+	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}	25% NH_4OH (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

$^*As^{3+}$ и As^{5+} гидроксидов не образуют.

Лабораторная работа № 1
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия Fe^{3+} и Fe^{2+}.

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

Реакции ионного обмена в качественном анализе

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с

осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

Реакции окисления-восстановления

Опыт 3. Действие окислителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание $KMnO_4$? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов Mn^{2+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $Cr_2O_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов Cr^{3+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

Опыт 4. Действие восстановителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительный свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Реакции с участием комплексных ионов

Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора роданида аммония NH_4SCN в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe $(C_4H_7O_2N_2)_2$].

Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3$.

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини

имеет состав Fe_3 [Fe $(CN)_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион Fe^{2+}, и с помощью какой обнаруживается ион Fe^{3+}.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком Fe $(OH)_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода H_2O_2? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeCl_3$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для $FeCl_3$ и $FeSO_4$, определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

Лабораторная работа № 2
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}**, выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Предел обнаружения – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения 10^{-7} г (0,1мкг) в 1 мл раствора.

Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* – метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм^3. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции*.

Реакции в пробирке (в растворе)

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

Опыт 2. Действие раствора аммиака на Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

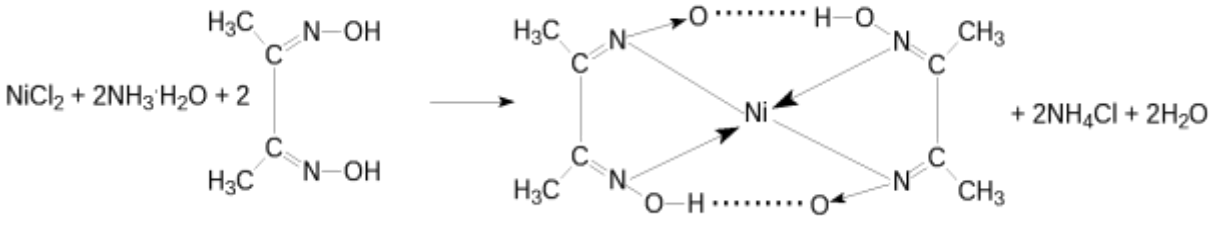
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

Капельные реакции на фильтровальной бумаге

Опыт 4. Реакция катионов Ni^{2+} с реактивом Чугаева

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $C_4H_8N_2O_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образования

диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе. Запишите уравнение реакции



Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

Опыт 5. Капельная реакция ионов Co^{2+}с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли NH_4SCN, при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

Обнаружение катионов с использованием экстракции

Опыт 6. Реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ органическим растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов Ni^{2+} с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения Ni^{2+} – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг Ni^{2+} в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов Ni^{2+} понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Ni^{2+}, открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов Cu^{2+} раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+}, соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, Cr^{3+}** и **Zn^{2+}**, научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: *pH*-среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением *pH* водного раствора. Значение *pH* можно контролировать с помощью индикаторов или прибора *pH*-метра. Для поддержания нужного значения *pH* при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

Буферные растворы — это растворы, способные сохранять постоянное значение *pH* при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

Опыт 1. Действие щелочей на катионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

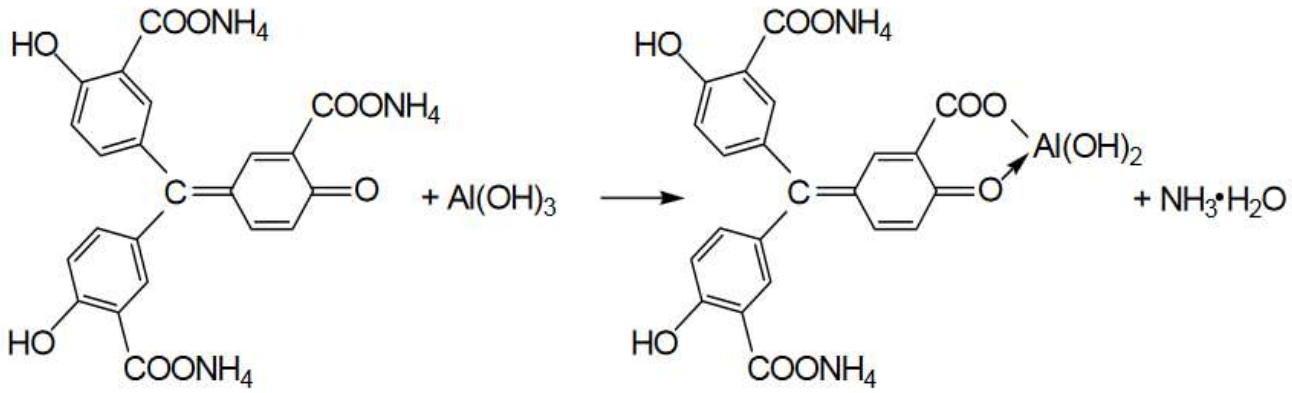
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 % раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9$ $(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на

водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.



Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью

В пробирке к 1 мл раствора $ZnCl_2$ добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

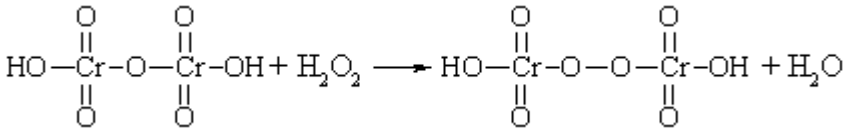
Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2. Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Опыт 6. Образование надхромовой кислоты

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода H_2O_2, ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты H_2CrO_6. Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты и её последующее окисление перекисью водорода:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O$$



$$H_2Cr_2O_8 + 3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 + 2\ H_2O$$

Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.

3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

Лабораторная работа № 4

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Цель работы: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии

Хроматография – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

Бумажная хроматография – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-м раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов Ag^+, Hg^{2+} и Pb^{2+}, после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_2 (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

Первичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра)		

Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы Hg^{2+} (оранжевая зона в центре) и Pb^{2+} (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым HgJ_2 и ярко-желтым PbJ_2), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH. При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия Na_2PbO_2, йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

Вторичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра)		

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов Ag^{+}, Hg^{2+}, Pb^{2+} при их совместном присутствии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?

2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.

3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов $AgNO_3$ и KI, если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра ПР (AgI) =$8{,}3 \cdot 10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «собрция», «десорбция».

Лабораторная работа № 5

ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

Цель работы: с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

Раствор бесцветный	**Раствор может быть окрашенным**
Хлорид аммония	Сульфат меди (II)
Хлорид кальция	Хлорид кобальта (II)
Сульфат марганца (II)	Хлорид никеля (II)
Сульфат железа (II)	Хлорид хрома (III)
Хлорид цинка	Хлорид железа (III)
Хлорид алюминия	
Нитрат свинца (II)	

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.,) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)

Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсуствует	Раствор розовый	Ионы Co^{2+}	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	CoOHCl $Co(OH)_2$	В пробирке был $CoCl_2$
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $Pb(OH)_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита Na_2PbO_2, а светло-бежевый гидроксид марганца $Mn(OH)_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов Mn^{2+} кроме реакции с H_2O_2 можно использовать

ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое окрашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли

термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделение бурого газа и образование чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль

используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли образуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите

химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного

цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиолетового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочно-земельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Н. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

Глинка Н. Л. Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Гринвуд Н., Эршно А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Крешков А. П. Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..……..…...3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА.....6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ…….……9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} И Cu^{2+}…….....…….……10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}…….…..…15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ……..…..…..…19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ…….…….....23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»……...…….…..26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….…….……...34

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

ХИМИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: И. А. Низова, Н. А. Зайцева

Одобрена на заседании кафедры
Химии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Амдур А.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 02.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Степени окисления элементов. Окислители и восстановители…….……3

2. Классификация окислительно-восстановительных реакций…….…….5

3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса……..7

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций)…….10

5. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций……..…19

Список литературы……..17

Окислительно-восстановительными реакциями (ОВР) называют реакции, протекающие с изменением степени окисления элементов.

1. Степени окисления элементов. Окислители и восстановители.

Степень окисления – условный заряд атома, рассчитанный из предположения, что все связи в соединении ионные.

Правила вычисления степени окисления:

1. Сумма степеней окисления всех атомов, входящих в молекулу равно нулю, а всех атомов, составляющих сложный ион – заряду иона.

2. Степень окисления атома в простом веществе равна нулю.

3. Некоторые элементы имеют в соединениях постоянную степень окисления:

Фтор – только –1

Щелочные металлы (Na, K, Li, Rb, Cs) – только +1

Щелочноземельные металлы (Ca, Sr, Ba), Zn, Mg, Be - только +2

Алюминий – только +3.

4. Водород почти во всех соединениях имеет степень окисления +1. Исключение составляют гидриды металлов (NaH, CaH_2 и др.), где степень окисления водорода отрицательна (–1). Кислород почти во всех соединениях имеет степень окисления –2. Исключение составляют фторид кислорода OF_2, (степень окисления кислорода +1) и пероксиды H_2O_2, Na_2O_2 и т.д. (степень окисления кислорода –1).

5. Максимальная положительная степень окисления элемента обычно совпадает с номером его группы в периодической системе. Максимальная отрицательная степень окисления элемента равна максимальной положительной степени окисления минус восемь. Исключение составляют фтор, кислород, железо: их высшая степень окисления выражается числом, значение которого ниже, чем номер группы, к которой они относятся. У элементов подгруппы меди, наоборот, высшая степень окисления больше единицы, хотя они и относятся к I группе.

Во время ОВР происходит обмен электронами: окислитель присоединяет электроны (сам при этом восстанавливается), восстановитель отдает электроны

(сам при этом окисляется). Окисление всегда сопровождается восстановлением и наоборот. Число электронов, отдаваемых восстановителем, всегда равно числу электронов, принимаемых окислителем.

Важнейшими окислителями и восстановителями могут быть как простые, так и сложные вещества. Так как окислитель содержит в своем составе элемент, понижающий степень окисления, а восстановитель содержит элемент, степень окисления которого повышается в ходе реакции, окислителями могут быть прежде всего соединения высших ступеней окисления, а восстановителями - низших степеней окисления, присущих данному элементу.

Из простых веществ сильными окислителями являются неметаллы верхней части VI и VII групп периодической системы, за счёт высокой электроотрицательности их атомов. Сильнее всего окислительные свойства выражены у фтора F_2, но в практике чаще пользуются в качестве окислителей кислородом O_2, озоном O_3, хлором Cl_2 и бромом Br_2. К простым веществам – восстановителям относятся водород H_2, углерод C и металлы, из которых на практике чаще применяют алюминий, магний, натрий и цинк.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие окислители: перманганат калия $KMnO_4$; дихромат калия $K_2Cr_2O_7$; растворы азотной кислоты HNO_3 различных концентраций; концентрированная серная кислота H_2SO_4; пероксид (перекись) водорода; оксиды марганца (IV) MnO_2, и свинца (IV) PbO_2; смесь концентрированных азотной и соляной кислот (1:3, «царская водка), хлорная кислота $HClO_4$.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие восстановители: иодид калия KI; сульфит натрия Na_2SO_3; сульфид натрия Na_2S и сероводород H_2S; хлорид олова $SnCl_2$, монооксид углерода (угарный газ) аммиак NH_3.

Некоторые из этих веществ проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства в зависимости от ОВР: CO, H_2O_2, MnO_2, так как содержат элемент в промежуточной степени окисления.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Определите степени окисления всех элементов, входящих в состав следующих веществ:

Номер варианта	Вещества	Номер варианта	Вещества
1	MnO_2, CH_4, Cl_2, $KMnO_4$	11	HF, Zn, H_3PO_4, NH_4Cl
2	H_2O_2, H_2SO_4, I_2, $K_2Cr_2O_7$	12	H_2SO_3, NaH_2SbO_3, Au, $ZnCl_2$
3	NaH, F_2, K_2HPO_4, N_2H_4	13	NH_4HS, P, C_6H_6, $Ba(ClO_4)_2$
4	OF_2, C_2H_6, O_2, K_2MnO_4	14	$NaNO_2$, $Ca(HS)_2$, Ag, PH_3
5	CaH_2, C_2H_4, Br_2, $Fe_2(SO_4)_3$	15	$BaCO_3$, AsH_3, Ca, Na_3SbO_4
6	PbO_2, C_2H_2, O_3, $MnOHNO_3$	16	HNO_3, Xe, $KClO_4$, NH_4OH
7	Na_2O_2, N_2, H_2O, K_2SiO_3	17	$Sn(OH)_2$, $CuCl_2$, K_2S, Mn
8	H_2S, Mg, Na_3SbO_3, $Cr(OH)_3$	18	Al_2S_3, Na_2SO_3, $NaClO$, Se
9	Na_2S, NH_3, H_2, $KHCO_3$	19	$NaClO_2$, Al_4C_3, He, $Bi(NO_3)_3$,
10	AlP, CO, HCl, NH_4NO_3	20	$NaHSO_3$, Si, Na_3AsO_3, $Cr(OH)_3$

2. В каких из перечисленных соединений хлор может проявлять только окислительные свойства: $NaCl$, $NaClO$, HCl, $KClO_3$, $NaClO_4$, Cl_2O_7, $HClO_2$?

3. В каких из перечисленных соединений азот может проявлять только восстановительные свойства: $NaNO_2$, NO, N_2O_3, N_2H_4, N_2O, HNO_3, N_2O_5, NH_4NO_3, NH_3, NH_4Cl?

4. В каких из перечисленных соединений сера может быть как окислителем, так и восстановителем: H_2SO_4, $Ca(HS)_2$, H_2S, Na_2SO_3, Na_2S, SO_2, $Na_2S_2O_3$, SO_3, SO?

2. Классификация окислительно–восстановительных реакций

Окислительно-восстановительные реакции обычно разделяют на три типа: межмолекулярные, внутримолекулярные и реакции диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления). Иногда в эту классификацию добавляют четрветрый тип – реакции конпропорционирования.

1) Межмолекулярные реакции протекают с изменением степени окисления атомов, которые находятся в различных молекулах. Например:

$$2\ Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{t^o} Al_2O_3 + 2\ Fe,$$

$$C + 4\ HNO_{3(конц)} = CO_2 \uparrow + 4\ NO_2 \uparrow + 2\ H_2O.$$

2) К внутримолекулярным реакциям относятся такие реакции, в которых окислитель и восстановитель входят в состав одной и той же молекулы, например:

$$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^o} 2CuO + 4NO_2 + O_2\uparrow$$

$$2\ KNO_3 \xrightarrow{t^o} 2\ KNO_2 + O_2\uparrow.$$

3) В реакциях диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления) один и тот же элемент является и окислителем, и восстановителем:

$$Cl_2 + 2\ KOH \xrightarrow{\text{на холоду}} KCl + KClO + H_2O,$$

$$2\ NO_2 + 2\ NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O.$$

4) В реакциях конпропорционирования один и тот же химический элемент, имеющий разные степени окисления, в результате приводится к единой степени окисления:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$$

Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие из перечисленных веществ могут вступать в реакции диспропорционирования: HNO_3, HNO_2, H_2SO_4, NH_4NO_3, Br_2, H_2O_2, CaH_2?

2. Приведите пример реакции межмолекулярного конпропорционирования.

3. Является ли реакция разложения перманганата калия реакцией диспропорционирования? Реакцией конпропорционирования?

$$2\ KMnO_4 \xrightarrow{t^o} K_2MnO_4 + MnO_2 + 2O_2\uparrow$$

3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса

Для составления уравнений ОВР используются два метода: метод электронного баланса и метод полуреакций (электронно-ионного баланса). При использовании любого из этих методов прежде всего необходимо определить окислитель и восстановитель, рассчитав степени окисления всех элементов в левой и правой частях уравнения. Затем записать отдельно процесс окисления и процесс восстановления, соблюдая принцип электронного баланса: число электронов, отданных восстановителем, должно быть равно числу электронов, принятых окислителем.

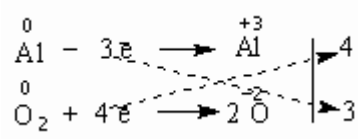
Метод электронного баланса универсален, он позволяет определить коэффициенты реакциях, протекающих как в растворах, так и без растворителя, в веществах в любых агрегатных состояниях. Он удобен для написания реакций термического разложения, взаимодействия двух простых веществ

Пример 1. $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Определим степени окисления:

$$\overset{0}{Al} + \overset{0}{O_2} = \overset{+3\ -2}{Al_2O_3}$$

Алюминий отдает электроны (приобретает положительную степень окисления), а кислород – принимает электроны (приобретает отрицательную степень окисления). Чтобы получить степень окисления +3, атом алюминия должен отдать 3 электрона. Молекула кислорода, чтобы превратиться в кислородные атомы со степенью окисления –2, должна принять 4 электрона:



Чтобы количество отданных и принятых электронов выровнялось, первое уравнение надо умножить на 4, а второе – на 3. Для этого достаточно переместить числа отданных и принятых электронов против верхней и нижней строчки так, как показано на схеме вверху.

Если теперь в уравнении перед восстановителем (Al) мы поставим найденный нами коэффициент 4, а перед окислителем (O_2) – найденный нами коэффициент 3, то количество отданных и принятых электронов выравнивается и становится равным 12. Электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции Al_2O_3 необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

Пример 2. $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^o} N_2 + Cr_2O_3 + H_2O$

Определим степени окисления:

$$\overset{-3+1}{(NH_4)_2}\ \overset{+6}{Cr_2}\ \overset{-2}{O_7} = \overset{0}{N_2} + \overset{+3}{Cr_2}\overset{-2}{O_3} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

Азот отдаёт электроны, хром получает.

$$2N^{-3} - 6\bar{e} = N_2^0$$
$$2Cr^{+6} + 6\bar{e} = 2\ Cr^{+3}$$

Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции H_2O необходим коэффициент 4. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^o} N_2\uparrow + Cr_2O_3 + 4\ H_2O$$

Пример 3. $Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + NO_2 + O_2$

Определим степени окисления:

$$\overset{0}{Hg}\quad \overset{+2}{(}\overset{+5}{N}\ \overset{-2}{O_3)_2} = \overset{0}{Hg} + \overset{+4}{N}\overset{-2}{O_2} + \overset{0}{O_2}$$

Кислород отдаёт электроны, ртуть и азот получают, здесь вместо привычных двух участников обмена электронами их сразу три:

$$2O^{-2} - 4\bar{e} = O_2^0$$
$$2N^{+5} + 1\ \bar{e} = 2\ N^{+4}$$
$$Hg^{+2} + 2\ \bar{e} = Hg^0$$

Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции NO_2 необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + 2NO_2 + O_2$$

Задания для самостоятельной работы

1. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций разложения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 + NO_2$	11	$BaO_2 \rightarrow BaO + O_2$
2	$K_2MnO_4 \rightarrow K_3MnO_4\ MnO_2 + O_2$	12	$AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$
3	$Zn(NO_3)_2 \rightarrow ZnO + NO_2 + O_2$	13	$FeSO_4 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$
4	$K_2Cr_2O_7 \rightarrow O_2 + Cr_2O_3 + K_2CrO_4$	14	$KClO_4 \rightarrow KCl + O_2$
5	$Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + NO_2 + O_2$	15	$CdSO_3 \rightarrow CdSO_4 + CdS$
6	$KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$	16	$HNO_3 \rightarrow H_2O + NO_2 + O_2$
7	$Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + NO_2 + O_2$	17	$NaClO_2 \rightarrow NaClO_3 + NaCl$
8	$HNO_2 \rightarrow NO + NO_2 + H_2O$	18	$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$
9	$Co(NO_3)_2 \rightarrow CoO + NO_2 + O_2$	19	$SnSO_4 \rightarrow SnO_2 + SO_2$
10	$LiNO_3 \rightarrow Li_2O + NO_2 + O_2$	20	$Ni(NO_3)_2 \rightarrow Ni(NO_2)_2 + O_2$

2. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций замещения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$Fe_2O_3 + C \rightarrow CO_2 + Fe$	11	$Zn + AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + Ag$
2	$KBr + Cl_2 \rightarrow KCl + Br_2$	12	$Al_2O_3 + Mg \rightarrow MgO + Al$
3	$Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow H_2O + Fe$	13	$MnO_2 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Mn$
4	$Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$	14	$H_2S + Br_2 \rightarrow S + HBr$
5	$O_2 + HI \rightarrow H_2O + I_2$	15	$CuCl_2 + Cr \rightarrow Cu + CrCl_3$
6	$Al + CuSO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + Cu$	16	$Mg + SiO_2 \rightarrow MgO + Si$
7	$Ca + H_2O \rightarrow H_2 + Ca(OH)$	17	$NaI + Cl_2 \rightarrow NaCl + I_2$
8	$TiO_2 + Mg \rightarrow MgO + Ti$	18	$Na + H_2O \rightarrow H_2 + NaOH$
9	$Al + FeO \rightarrow Al_2O_3 + Fe$	19	$KClO_3 + I_2 \rightarrow KIO_3 + Cl_2$
10	$KI + Br_2 \rightarrow KBr + I_2$	20	$Al + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + H_2$

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций).

Метод полуреакций применим преимущественно для реакций в растворах, зато он позволяет определить коэффициенты не только у окислителя и восстановителя, но и вещества, определяющего среду раствора (кислота, щёлочь, вода), и более удобен для тех реакций, где участвуют органические молекулы. От метода электронного баланса он отличается тем, что окисление и восстановление записывают не для отдельных атомов, а для частиц, реально присуствующих в растворе: катионов, анионов, молекул. Сильные электролиты записываются в виде ионов, слабые электролиты, газы, нерастворимые вещества – в виде молекул. Для материального баланса по кислороду и водороду используются ионы H^+ или OH^- и молекулы воды. При использовании этого метода, кроме алгоритма составления полуреакций, необходимо придерживаться нескольких правил:

1. В кислой среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов OH^- . Уравнивание осуществляется за счет ионов H^+ и молекул воды.
2. В щелочной среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов H^+. Уравнивание осуществляется за счет ионов OH^- и молекул воды.
3. В нейтральной среде ни ионов H^+, ни OH^-в левой части быть не должно. Однако в правой части среди продуктов реакции они могут появиться.

Алгоритм подбора коэффициентов в уравнениях ОВР методом ионно-электронного баланса:

1. Составить молекулярную схему реакции с указанием исходных веществ и продуктов реакции.

2. Составить полную ионно-молекулярную схему реакции, записывая слабые электролиты, малорастворимые, нерастворимые и газообразные вещества в молекулярном виде, а сильные электролиты – в ионном.

3. Исключив из ионно-молекулярной схемы ионы, не изменяющиеся в результате реакции (без учета их количества), переписать схему в кратком ионно-молекулярном виде.

4. Отметить элементы, изменяющие в результате реакции степень окисления; найти окислитель, восстановитель, продукты восстановления, окисления.

5. Составить схемы полуреакций окисления и восстановления, для этого:

а) указать восстановитель и продукт окисления, окислитель и продукт восстановления;

б) уравнять число атомов каждого элемента в левой и правой частях полуреакций (выполнить баланс по элементам) в последовательности: элемент, изменяющий степень окисления, кислород, другие элементы; при этом следует помнить, что в водных растворах в реакциях могут участвовать молекулы H_2O, ионы H^+ или OH^- в зависимости от характера среды:

Процесс	Кислая среда	Нейтральная среда	Щелочная среда
Связывание избытка кислорода	$O^{-2}+2H^+ =H_2O$	$O^{-2}+H_2O=2OH^-$	$O^{-2}+H_2O=2OH^-$
Восполнение недостатка кислорода	$H_2O= O^{-2}+2H^+$	$H_2O = O^{-2}+2H^+$	$2OH^-=O^{-2}+H_2O$

в) уравнять суммарное число зарядов в обеих частях полуреакций; для этого прибавить или отнять в левой части полуреакций необходимое число электронов (баланс по зарядам).

6. Найти наименьшее общее кратное (НОК) для числа отданных и полученных электронов.

7. Найти основные коэффициенты при каждой полуреакции. Для этого полученное в п.6 число (НОК) разделить на число электронов, фигурирующих в данной полуреакции.

8. Умножить полуреакции на полученные основные коэффициенты, сложить их между собой: левую часть с левой, правую – с правой (получить ионно-молекулярное уравнение реакции). При необходимости “привести подобные” ионы с учетом взаимодействия между ионами водорода и гидроксид-ионами: $H^+ + OH^- = H_2O$.

9. Расставить коэффициенты в молекулярном уравнении реакции.

10. Провести проверку по частицам, не участвующим в ОВР, исключенным из полной ионно-молекулярной схемы (п.3). При необходимости коэффициенты для них находят подбором.

11. Провести окончательную проверку по кислороду.

Пример 3. В кислой среде:

$K_2Cr_2O_7 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + J_2 + H_2O + K_2SO_4$

3 $2J^- - 2\bar{e} = J_2$

1 $Cr_2O_7^{2-} + 6\bar{e} + 14H^+ = 2Cr^{+3} + 7H_2O$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$K_2Cr_2O_7 + 6KJ + 7H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3J_2 + 7H_2O + 4K_2SO_4$

Пример 4. В щелочной среде:

$KCrO_2 + KClO_4 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + H_2O$

8 $CrO_2^- - 3\bar{e} + 4OH^- \rightarrow CrO_4^{2-} + 2H_2O$

3 $ClO_4^- + 8\bar{e} + 4H_2O \rightarrow Cl^- + 8OH^-$

Суммарное молекулярное уравнение реакции

$8KCrO_2 + 3KClO_4 + 8KOH \rightarrow 8K_2CrO_4 + 3KCl + 4H_2O$

Пример 5. В нейтральной среде:

$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$

3 $Mn - 2\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4H^+$

2 $MnO_4 + 3\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4OH^-$

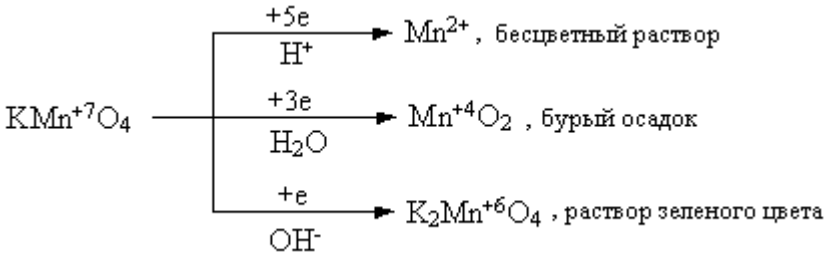
Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

Примеры некоторых часто используемых ОВР:

1) Окислительно-восстановительные реакции с участием перманганата калия

В зависимости от среды (кислая, нейтральная, щелочная) перманганат калия, выступая в качестве окислителя, дает различные продукты восстановления:



Ниже приведены реакции $KMnO_4$ с сульфидом калия в качестве восстановителя в различных средах В этих реакциях продуктом окисления сульфид-иона является свободная сера. В щелочной среде молекулы КОН не принимают участие в реакции, а лишь определяют продукт восстановления перманганата калия.

$$5\ K_2S + 2\ KMnO_4 + 8\ H_2SO_4 = 5\ S\downarrow + 2\ MnSO_4 + 6\ K_2SO_4 + 8\ H_2O,$$

$$3\ K_2S + 2\ KMnO_4 + 4\ H_2O \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 3\ S\downarrow + 8\ KOH,$$

$$K_2S + 2\ KMnO_4 \xrightarrow{-(KOH)} 2\ K_2MnO_4 + S\downarrow.$$

2) Окислительно-восстановительные реакции с участием дихромата калия

В кислой среде дихромат калия является сильным окислителем. Смесь $K_2Cr_2O_7$ и концентрированной H_2SO_4 (хромпик, хромовая смесь) широко используется в лабораторной практике в качестве окислителя. Взаимодействуя с восстановителем одна молекула дихромата калия принимает шесть электронов, образуя соединения трехвалентного хрома:

$$6\ FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = 3\ Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7\ H_2O;$$

$$6\ KI + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = 3\ I_2\downarrow + Cr_2(SO_4)_3 + 4\ K_2SO_4 + 7\ H_2O.$$

3) Окислительно-восстановительные реакции с участием пероксида водорода

Пероксид водорода и нитрит калия проявляют преимущественно окислительные свойства:

$$H_2S + H_2O_2 = S\downarrow + 2\ H_2O,$$

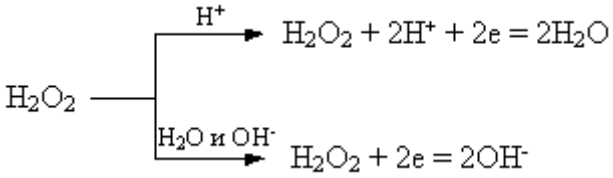
$$2\ KI + 2\ KNO_2 + 2\ H_2SO_4 = I_2\downarrow + 2\ K_2SO_4 + H_2O,$$

Однако, при взаимодействии с сильными окислителями (такими как, например, $KMnO_4$), пероксид водорода и нитрит калия выступают в качестве восстановитеей:

$$5\ H_2O_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ O_2 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4 + 8\ H_2O,$$

$$5\ KNO_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ KNO_3 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4 + 3\ H_2O.$$

Пероксид водорода в зависимости от среды восстанавливается по-разному:



При этом в результате реакций образуется вода или гидроксид-ионы:

$$2\ FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2\ H_2O,$$

$$2\ KI + H_2O_2 = I_2\downarrow + 2\ KOH.$$

Задания для самостоятельной работы

Расставьте коэффициенты уравнениях методом полуреакций. Укажите окислитель и восстановитель.

Вариант 1.

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $Br_2 + KOH \rightarrow KBr + KBrO_3 + H_2O$

3) $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow O_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

4) $C_3H_6 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + C_2H_6(OH)_2 + KOH$

Вариант 2

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + S\downarrow + H_2O$

2) $S + KOH \rightarrow K_2S + K_2SO_3 + H_2O.$

3) $BaS + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + S\downarrow + NO_2\uparrow + H_2O$

4) $CH_2{=}C(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3(CO)CH_3 + H_2O + CO_2\uparrow$

Вариант 3

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + H_2S\uparrow + H_2O$

2) $NO_2 + NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$

3) $CrCl_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow K_2Cr_2O_7 + HCl$

4) $CH_3C{=}C(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3(CO)CH_3 + H_2O + CH_3COOH$

Вариант 4

1) $Al + H_2SO_{4(конц., гор.)} \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2S\uparrow + H_2O$

2) $AuCl_3 + H_2O_2 + KOH \rightarrow Au + H_2O + O_2\uparrow + KCl$

3) $KMnO_4 + Fe(OH)_2 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + Fe(OH)_3\downarrow + KOH$

4) $C_5H_{10} + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + C_2H_5COOH + CH_3COOH$

Вариант 5

1) $Ag + H_2SO_{4(конц., гор.)} \rightarrow Ag_2SO_4\downarrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$

2) $NH_4HS + HNO_{3(конц.)} \rightarrow S\downarrow + 2NO_2\uparrow + NH_4NO_3 + 2H_2O$

3) $MnSO_4 + H_2O_2 + KOH \rightarrow MnO_2\downarrow + K_2SO_4 + H_2O$

4) $C_6H_{12} + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + C_2H_5COOH$

Вариант 6

1) $Bi + H_2SO_4 \rightarrow Bi_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $CuS + HNO_3 \rightarrow NO_2\uparrow + CuSO_4 + H_2O$

3) $C + H_2SO_{4(конц.)} + K_2Cr_2O_{7(конц.)} \rightarrow CO_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

4) $HCOH + NaOH + I_2 \rightarrow HCOONa + NaI + H_2O$

Вариант 7

1) $Ag + HNO_{3(разб.)} \rightarrow AgNO_3 + NO\uparrow + H_2O$

2) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KBr + K_2SO_4 + H_2O$

3) $Br_2 + S + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HBr$

4) $CH_3C{\equiv}CCH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3COOH + H_2O$

Вариант 8

1) $Ba + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + H_2O$

2) $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2\uparrow$

3) $As_2O_3 + NaOH + NaNO_3 \rightarrow Na_3AsO_4 + NaNO_2 + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + KMnO_4 \rightarrow C_6H_5COOK + KOH + MnO_2\downarrow + H_2O$

Вариант -9

1) $Be + HNO_{3(разб., гор.)} \rightarrow Be(NO_3)_2 + NO\uparrow + H_2O$

2) $P + H_2SO_4 \rightarrow H_3PO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $Bi(NO_3)_3 + NaClO + NaOH_{(конц.)} \rightarrow NaBiO_3\downarrow + NaNO_3 + NaCl + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}C_2H_5 + KMnO_4 \rightarrow C_6H_5COOK + K_2CO_3 + MnO_2 + H_2O$

Вариант 10

1) $Cd + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + 2H_2O$

2) $AlBr_{3(тверд.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + Br_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $AsH_3 + NaOH_{(разб.)} + NaClO \rightarrow Na_3AsO_4 + NaCl + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O$

Вариант 11

1) $Ca + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Ca(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + H_2O$

2) $NH_4I_{(тверд.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow I_2\downarrow + H_2S\uparrow + H_2O + NH_4HSO_4$

3) $Bi(OH)_3 + KOH_{(конц.)} + KMnO_4 \rightarrow KBiO_3\downarrow + K_2MnO_4 + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O + CO_2\uparrow$

Вариант 12

1) $Ba + HNO_{3(оч.\ разб.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$

2) $Au_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Au\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $HBrO_3 + H_2O + S \rightarrow HBr + H_2SO_4$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + K_2Cr_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O$

Вариант 13

1) $Bi + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Bi(NO_3)_3 + NO\uparrow + H_2O$

2) $PbO_2 + HCl \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 + H_2O$

3) $AsH_3 + H_2O + AgNO_3 \rightarrow As_2O_3\downarrow + Ag\downarrow + HNO_3$

4) $CH_3{\equiv}CCH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3COOH + H_2O + CO_2$

Вариант 14

1) $Cd + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $C_2N_2 + KOH \rightarrow KCN + KCNO + H_2O$

3) $H_2SO_3 + I_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HI$

4) $C_4H_8 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O + C_2H_5COOH$

Вариант 15

1) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $AlP + HNO_{3(конц.,\ гор.)} \rightarrow Al(NO_3)_3 + H_3PO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $Br_2 + SO_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

4) $C_2H_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

Вариант 16

1) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

2) $H_2Cr_2O_7 + H_2O_2 \rightarrow H_2CrO_6 + H_2O.$

3) $Si + NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2\uparrow$

4) $C_2H_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

Вариант 17

1) $As + H_2SO_{4(конц.,\ гор.)} \rightarrow As_2O_3\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $B_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_3BO_3\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $SiH_4 + NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2\uparrow$

4) $C_6H_5\text{-}CH(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + C_6H_5COOK + K_2CO_3 + KOH$

Вариант 18

1) $Fe + H_2SO_{4(конц.)} \overset{\circ}{\rightarrow} Fe_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$

3) $B + KOH + H_2O \rightarrow KBO_2 + H_2\uparrow$

4) $C_3H_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_2(COOH)_2 + H_2O$

Вариант 19

1) $As + HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_3AsO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $K_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + CO\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$

3) $Pb(CH_3COOH)_2 + CaOCl_2 + H_2O \rightarrow PbO_2\downarrow + CaCl_2 + CH_3COOH$

4) $CH_3COCH_3 + I_2 + NaOH \rightarrow CHI_3 + CH_3COONa + NaI + H_2O$

Вариант 20

1) $C + HNO_{3(конц., гор.)} \rightarrow CO_2\uparrow + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $HBr_{(конц.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Br_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $AgNO_3 + NaOH + H_2O_2 \rightarrow Ag\downarrow + NaNO_3 + H_2O + O_2\uparrow$

4) $KMnO_4 + (COOH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + CO_2\uparrow + K_2SO_4 + H_2O$

Дополнительные уравнения

1. $Au_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Au\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$
2. $As_2S_3 + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow As_2O_3\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$
3. $HNO_3 + Cu_2S \rightarrow NO_2\uparrow + H_2O + CuSO_4 + Cu(NO_3)_2$
4. $SiC + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O + Na_2CO_3$
5. $Bi(NO_3)_3 + Na_2O_2 + NaOH \rightarrow NaBiO_3 + NaNO_2 + H_2O + O_2$
6. $AgCN + HNO_{3(конц., гор.)} \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + NH_4NO_3 + CO_2\uparrow$
7. $Al + NaOH + 6H_2O \rightarrow Na[Al(OH)_4] + H_2$
8. $Au + HCl + HNO_3 \rightarrow H[AuCl_4] + NO + H_2O$
9. $[Co(H_2O)_6]^{2+} + NH_3 + O_2 + H^+ \rightarrow [Co(NH_3)_6]^{3+} + H_2O.$
10. $Au + NaCN + H_2O + O_2 \rightarrow Na[Au(CN)_2] + NaOH$
11. $Pt + HNO_3 + HCl \rightarrow H_2[PtCl_6] + NO + H_2O$
12. $Na[Au(CN)_2] + Zn \rightarrow Na_2[Zn(CN)_4] + Au$
13. $Fe + C_6H_5COONa + H_2O + O_2 \rightarrow [Fe(C_6H_5COOH)_6](OH)_3 + NaOH$

Направление протекания окислительно-восстановительных реакций

Направление протекания ОВР в водном растворе устанавливается в стандартных условиях по значениям **стандартных потенциалов** φ° полуреакций восстановления:

Окисленная форма + ne^- → Восстановленная форма

Окислительно-восстановительные реакции протекают самопроизвольно, если разность стандартных электродных потенциалов окислителя и восстановителя, или э.д.с. окислительно-восстановительной реакции $\Delta E > 0$.

Стандартные условия протекания реакции: температура 298,15 К, давление в системе при отсутствии газообразных реагентов или продуктов 1 атмосфера (101325 Па), парциальное давление каждого газообразного реагента или продукта при их наличии 1 атмосфера. Стандартная концентрация каждой окисленной и восстановленной формы в растворе 1 моль/л. Стандартные потенциалы измеряют по отношению к стандартному водородному электроду, потенциал которого условно принят равным нулю.

Если значение φ° для окислительно-восстановительной пары, отрицательное, например

$Zn^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Zn$; φ° = – 0,763 В

то реакция, в которой Zn^{2+} – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется отрицательным значением разности стандартных потенциалов соответствующих пар.

$Zn^{2+} + H_{2(г)} \rightarrow Zn + 2\,H^+_{(р)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = -0{,}763 - (0) = -0{,}763$ В.

Направление ОВР определяет окислитель, у которого значение электродного потенциала больше. На практике самопроизвольно осуществляется обратный процесс: $Zn + 2\,H^+_{(р)} \rightarrow Zn^{2+} + H_{2(г)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = 0 - (-0{,}763) = +0{,}763$ В

Для положительных значений φ°, например пары Cu^{2+} / Cu

$Cu^{2+} + 2\,e^- = Cu$; φ° = + 0,338 В

реакция

$Cu^{2+} + H_{2(г)} = Cu + 2\,H^+_{(р)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = +0{,}338 - (0) = +0{,}338$ В

где 2 $H^+_{(р)}$ – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется положительным значением разности потенциалов, и может протекать самопроизвольно.

Пример 1. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции

$2NaCl + Fe_2(SO_4)_3 \leftrightarrow 2FeSO_4 + Cl_2 + Na_2SO_4$

Запишем уравнения электронного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции :

$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$, $\varphi_1^o = 1{,}36$ В;

$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$, $\varphi_2^o = 0{,}77$ В .

Поскольку $\varphi_1^o > \varphi_2^o$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем - ион Fe^{2+}; рассматриваемая реакция будет протекать так:

$2FeSO_4 + Cl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow 2NaCl + Fe_2(SO_4)_3$

Пример 2. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции

$K_2Cr_2O_7 + 14HCl \leftrightarrow 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$

Запишем уравнения электронно-ионного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции:

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $\varphi^o_1 = +1{,}33$ В

$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$ $\varphi^o_2 = +1{,}36$ В

Поскольку $\varphi_2^o > \varphi_1^o$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем – бихромат-ион; рассматриваемая реакция будет протекать так::

$2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O \rightarrow K_2Cr_2O_7 + 14HCl$

В примере 1 стандартные электродные потенциалы взаимодействующих электрохимических систем существенно различались, так что направление протекания процесса однозначно определялось значениями φ^o при любых концентрациях реагирующих веществ. В тех случаях, когда сравниваемые

значения φ^o близки (разность не более 0,3 В), направление протекания процесса может изменяться в зависимости от концентраций участников реакции (пример 2).

Величина окислительно-восстановительного потенциала в условиях, отличающихся от стандартных, определяется уравнением Нернста:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{[Ox]}{[\mathrm{Re}\, d]},$$

где φ – окислительно-восстановительный потенциал в данных условиях, В;

φ^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал, В;

R – универсальная газовая постоянная (8.314 Дж/(моль·К));

T – абсолютная температура, K;

n – число электронов, принимающих участие в потенциалопределяющей полуреакции;

F – постоянная Фарадея (F = 96484.56 Кл/моль);

[Ox]– концентрация окисленной формы ионов;

[Red]– концентрация восстановленной формы ионов.

Концентрация твердой фазы принимается за единицу.

Для стандартной температуры 298 К и с переходом от натурального логарифма к десятичному уравнение Нернста будет иметь вид

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0{,}059}{n} \cdot \lg \frac{[Ox]}{[\mathrm{Re}\, d]},$$

Пример 3. Определить направление возможного самопроизвольного протекания реакции

$$2Hg + 2Ag^+ \leftrightarrow 2Ag + Hg_2^{2+}$$

при стандартной температуре и следующих концентрациях ионов:

а) $[Ag^+] = 10^{-4}$ моль/л , $[Hg_2^{2+}] = 10^{-1}$моль/л;

б) $[Ag^+] = 10^{-1}$моль/л , $[Hg_2^{2+}] = 10^{-4}$моль/л.

Выпишем значения стандартных электродных потенциалов взаимодействующих электрохимических систем:

$Hg_2^{2+} + 2e^- = 2Hg$, $\varphi_1^o = 0{,}79$ В;

$Ag^+ + e^- = Ag$, $\varphi_2^o = 0{,}80$ В.

По уравнению Нернста вычислим значения электродных потенциалов при указанных в условиях задачи концентрациях.

а) $\varphi_1 = \varphi_1^o + 0{,}059/2 \cdot \lg [Hg_2^{2+}] = 0{,}79 + 0{,}030 \lg 10^{-1} = 0{,}79 - 0{,}03 = 0{,}76$ В;

$\varphi_2 = \varphi_2^o + 0{,}059 \cdot \lg [Ag^+] = 0{,}80 + 0{,}059 \lg 10^{-4} = 0{,}80 - 0{,}24 = 0{,}56$ В.

В данном случае $\varphi_1 > \varphi_2$, реакция будет протекать справа налево.

б) $\varphi_1 = 0{,}79 + 0{,}030 \cdot \lg 10^{-4} = 0{,}79 - 0{,}12 = 0{,}67$ В;

$\varphi_2 = 0{,}80 + 0{,}059 \cdot \lg 10^{-1} = 0{,}80 - 0{,}06 = 0{,}74$ В.

Теперь $\varphi_1 < \varphi_2$, и реакция протекает слева направо.

Зависимость окислительной способности некоторых веществ от кислотности среды так же определяется уравнением Нернста. Например, для полуреакции

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

окислительно-восстановительный потенциал можно вычислить по формуле

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0{,}059}{5} \cdot \lg \frac{[MnO_4^-] \cdot [H^+]^8}{[Mn^{2+}]}, \text{ или}$$

$$\varphi = 1{,}507 + 0{,}012 \cdot \lg \frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]} - 0{,}095pH$$

Потенциалы процесса зависит от pH среды и будет тем больше, чем кислее раствор. Зависимость окислительного потенциала $KMnO_4$ от концентрации ионов водорода пользуются для фракционного окисления анионов галогенидов до свободных галогенов. При pH от 5 до 6 перманганат окисляет только йодиды до йода (не действуя на бромиды и хлориды), при pH = 3 окисляются бромиды, и только при значительно более высокой кислотности окисляются хлориды.

Задания для самостоятельной работы

Обоснуйте возможность самопроизвольного протекания реакций №1 вашего варианта на стр. 16-19, используя Приложение.

Приложение

Таблица 1

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Элемент	Реакция	E^0	Элемент	Реакция	E^0
Ag	α -$Ag_2S + 2\bar{e} = 2Ag + S^{2-}$	-0,70	B	$BF_4^- + 3e = B + 4F^-$	-1,04
	$Ag(CN)_2^- + \bar{e} = Ag + 2CN^-$	-0,29		$H_3BO_3 + 3H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,869
	$AgI + \bar{e} = Ag + I^-$	-0,152		$BO_3^{3-} + 6H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,165
	$AgCN + \bar{e} = Ag + CN^-$	-0,04	Ba	$Ba^{2+} + 2e = Ba$	-2,905
	$Ag(S_2O_3)_2^{3-} + \bar{e} = Ag + 2S_2O_3^{2-}$	0,01	Be	$Be^{2+} + 2e = Be$	-1,847
	$AgBr + \bar{e} = Ag + Br^-$	0,071		$Be(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-1,820
	$AgCl + \bar{e} = Ag + Cl^-$	0,222		$BeO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-0,909
	$Ag_2O + H_2O + 2\bar{e} = 2Ag + 2OH^-$	0,344	Bi	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$	-0,46
	$Ag(NH_3)_2^+ + \bar{e} = Ag + 2NH_3$	0,373		$BiOCl + 2H^+ + 3e = Bi + Cl^- + H_2O$	0,16
	$Ag_2CrO_4 + 2\bar{e} = 2Ag + CrO_4^{2-}$	0,446		$Bi^{3+} + 3e = Bi$	0,215
	$Ag_2C_2O_4 + 2\bar{e} = 2Ag + C_2O_4^{2-}$	0,472		$BiO^+ + 2H^+ + 3e = Bi + H_2O$	0,32
	$AgBrO_3 + \bar{e} = Ag + BrO_3^-$	0,55		$Bi_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Bi + 3H_2O$	0,371
	$2AgO + H_2O + 2\bar{e} = Ag_2O + 2OH^-$	0,60		$NaBiO_3$(т) + $6H^+$+ 2e = Bi^{3+} + Na^+ + $3H_2O$	1,6 - 1,808
	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	0,799	Br	$2BrO^- + 2H_2O + 2e = Br_2 + 4OH^-$	0,45
	$Ag_2O + 2H^+ + 2\bar{e} = 2Ag + H_2O$	1,173		$2BrO_3^- + 6H_2O + 10e = Br_2 + 12OH^-$	0,50
	$2AgO + 2H^+ + 2\bar{e} = Ag_2O + H_2O$	1,398		$BrO_3^- + 2H_2O + 4e = BrO^- + 4OH^-$	0,54
Al	$AlO_2^- + 2H_2O + 3\bar{e} = Al + 4OH^-$	-2,35		$BrO_3^- + 3H_2O + 6e = Br^- + 6OH^-$	0,61
	$Al(OH)_3 + 3\bar{e} = Al + 3OH^-$	-2,31		$BrO^- + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	0,76
	$AlF_6^{3-} + 3\bar{e} = Al + 6F^-$	-2,07		$Br_3^- + 2e = 3Br^-$	1,05
	$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,663		Br_2(ж) + 2e = $2Br^-$	1,065
	$Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Al + 3H_2O$	-1,471		$BrO_3^- + 6H^+ + 6e = Br^- + 3H_2O$	1,44
	$AlO_2^- + 4H^+ + 3e = Al + 2H_2O$	-1,262		$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e = Br_2 + 6H_2O$	1,52
As	$As + 3H^+ + 3e = AsH_3$	-0,60		$2HBrO + 2H^+ + 2e = Br_2 + 2H_2O$	1,59
	$HAsO_2 + 3H^+ + 3e = As + 2H_2O$	0,248	C	$HCOO^- + 2H_2O + 2e = HCHO + 3OH^-$	-1,07
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = HAsO_2 + 2H_2O$	0,559		$2CO_2 + 2H^+ + 2e = H_2C_2O_4$	-0,49
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = H_3AsO_3 + H_2O$	0,58		$CO_2 + 2H^+ + 2e = HCOOH$	-0,20
Au	$Au(CN)_2 + e = Au + 2CN^-$	-0,61		C(графит) + $4H^+$ + 4e = CH_4	-0,132
	$AuBr_4^- + 2e = AuBr_2^- + 2Br^-$	0,802		$CO_2 + 2H^+ + 2e = CO + H_2O$	-0,12
	$AuCl_4^- + 2e = AuCl_2^- + 2\ Cl^-$	0,926		$HCOOH + 2H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	-0,01
	$AuBr_2^- + e = Au + 2Br^-$	0,959		$HCOOH + 4H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,145
	$AuCl_2^- + 2e = Au + 2Cl^-$	1,15		$HCOO^- + 3H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	0,167
	$Au^{3+} + 2e = Au^+$	1,401		$CH_3CHO + 2H^+ + 2e = C_2H_5OH$	0,19
	$Au^{3+} + 3e = Au$	1,498		$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = HCHO + 2H_2O$	0,197
	$Au^+ + 3e = Au$	1,692		$HCOO^- + 5H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,199
Элемент	Реакция	E^0	Элемент	Реакция	E^0

C	$CO_3^{2-} + 8H^+ + 6e = CH_3OH + 2H_2O$	0,209	Co	$Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$	-0,73
	$CO_3^{2-} + 3H^+ + 2e = HCOO^- + H_2O$	0,227		$CoCO_3 + 2e = Co + CO_3^{2-}$	-0,64
	$HCHO + 2H^+ + 2e = CH_3OH$	0,232		$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e = Co + 6NH_3$	-0,42
	$2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e = C_2O_4^{2-} + 2H_2O$	0,441		$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,277
	$C_2H_5OH + 2H^+ + 2e = C_2H_6 + H_2O$	0,46		$Co(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Co + 2H_2O$	0,095
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = C(графит) + 3H_2O$	0,475		$Co(NH_3)_6^{3+} + e = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,1
	$CO + 6H^+ + 6e = CH_4 + H_2O$	0,497		$CoO + 2H^+ + 2e = Co + H_2O$	0,166
	$CH_3OH + 2H^+ + 2e = CH_4 + H_2O$	0,59		$Co(OH)_3 + e = Co(OH)_2 + OH^-$	0,17
Ca	$Ca^{2+} + 2e = Ca$	-2,866		$Co^{3+} + 3e = Co$	0,33
Cd	$CdS + 2e = Cd + S^{2-}$	-1,175		$Co^{3+} + e = Co^{2+}$	1,38 - 1,842
	$Cd(CN)_4^{2-} + 2e = Cd + 4CN^-$	-1,09	Cr	$Cr(OH)_2 + 2e = Cr + 2OH^-$	-1,4
	$Cd(OH)_2 + 2e = Cd + 2OH^-$	-0,81		$Cr(OH)_3 + 3e = Cr + 3OH^-$	-1,3
	$Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cd + 4NH_3$	-0,61		$CrO_2^- + 2H_2O + 3e = Cr + 4OH^-$	-1,2
	$Cd^{2+} + 2e = Cd$	-0,403		$Cr^{2+} + 2e = Cr$	-0,913
	$Cd(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cd + 2H_2O$	0,005		$Cr^{3+} + 3e = Cr$	-0,744
	$CdO + 2H^+ + 2e = Cd + H_2O$	0,063		$Cr(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Cr + 3H_2O$	-0,654
Ce	$Ce^{3+} + 3e = Ce$	-2,48		$Cr^{3+} + e = Cr^{2+}$	-0,407
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M H_2SO_4)	1,44		$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M HNO_3)	1,61		$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e = 2Cr + 7H_2O$	0,294
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M $HClO_4$)	1,70		$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Cr + 4H_2O$	0,366
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$	1,77		$CrO_4^{2-} + 4H^+ + 3e = CrO_2^- + 2H_2O$	0,945
Cl	$ClO_4^- + H_2O + 2e = ClO_3^- + 2OH^-$	0,36		$CrO_2^- + 4H^+ + e = Cr^{2+} + 2H_2O$	1,188
	$2ClO^- + 2H_2O + 2e = Cl_2 + 4OH^-$	0,40		$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1,333
	$ClO_4^- + H_2O + 8e = Cl^- + 8OH^-$	0,56		$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Cr^{3+} + 4H_2O$	1,477
	$ClO_3^- + 3H_2O + 6e = Cl^- + 6OH^-$	0,63	Cs	$Cs^+ + e = Cs$	-2,923
	$ClO_2 + 2H_2O + 5e = Cl^- + 4OH^-$	0,85	Cu	$Cu_2S + 2e = 2Cu + S^{2-}$	-0,89
	$ClO^- + H_2O + 2e = Cl^- + 2OH^-$	0,88		$CuS + 2e = Cu + S^{2-}$	-0,71
	$ClO_3^- + 2H^+ + e = ClO_2 + H_2O$	1,15		$Cu(CN)_2^- + e = Cu + 2CN^-$	-0,43
	$ClO_4^- + 2H^+ + 2e = ClO_3^- + H_2O$	1,189		$Cu_2O + H_2O + 2e = 2Cu + 2OH^-$	-0,36
	$ClO_2 + 4H^+ + 4e = 2HCl + H_2O$	1,351		$Cu(OH)_2 + 2e = Cu + 2OH^-$	-0,22
	$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$	1,3595		$CuI + e = Cu + I^-$	-0,185
	$ClO_4^- + 8H^+ + 8e = Cl^- + 4H_2O$	1,38		$Cu(NH_3)_2^+ + e = Cu + 2NH_3$	-0,12
	$2ClO_4^- + 16H^+ + 14e = Cl_2 + 8H_2O$	1,39		$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu + 4NH_3$	-0,07
	$ClO_2 + 5H^+ + 5e = HCl + 2H_2O$	1,436		$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	-0,01
	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e = Cl^- + 3H_2O$	1,451		$CuI_2^- + e = Cu + 2I^-$	0,00
	$2ClO_3^- + 12H^+ + 10e = Cl_2 + 6H_2O$	1,47		$CuBr + e = Cu + Br^-$	0,03
	$HClO + H^+ + 2e = Cl^- + H_2O$	1,494		$CuCl + e = Cu + Cl^-$	0,137
	$ClO_2 + 4H^+ + 5e = Cl^- + 2H_2O$	1,51		$Cu^{2+} + e = Cu^+$	0,153
	$2ClO_2 + 8H^+ + 8e = Cl_2 + 4H_2O$	1,549		$CuCl_2^- + e = Cu + 2Cl^-$	0,177
	$HClO_2 + 3H^+ + 4e = Cl^- + 2H_2O$	1,57		$2Cu^{2+} + H_2O + 2e = Cu_2O + 2H^+$	0,203
	$2HClO + 2H^+ + 2e = Cl_2 + 2H_2O$	1,63		$Cu^{2+} + 2e = Cu$	0,345
	$2HClO_2 + 6H^+ + 6e = Cl_2 + 4H_2O$	1,64		$Cu^{2+} + 2Cl^- + e = CuCl_2^-$	0,463
Co	β -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-1,07		$Cu^+ + e = Cu$	0,520
	α -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-0,90		$Cu^{2+} + Cl^- + e = CuCl$	0,538
Cu	$CuO + 2H^+ + 2e = Cu + H_2O$	0,570	Hg	$HgBr_4^{2-} + 2e = Hg + 4Br^-$	0,21

	$Cu(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cu + 2H_2O$	0,609		$Hg_2Cl_2 + 2K^+ + 2e = 2Hg + 2KCl$ (тв)	0,2415
	$Cu^{2+} + Br^- + e = CuBr$	0,640		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$	0,268
	$2CuO + 2H^+ + 2e = Cu_2O + H_2O$	0,669		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$ (1M KCl)	0,28
	$Cu^{2+} + I^- + e = CuI$	0,86		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$ (0,1M KCl)	0,334
	$Cu^{2+} + 2CN^- + e = Cu(CN)_2$	1,12		$HgCl_4^{2-} + 2e = Hg + 4Cl^-$	0,48
Dy	$Dy^{3+} + 3e = Dy$	-2,353		$Hg_2SO_4 + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}$	0,6151
Eu	$Eu^{2+} + 2e = Eu$	-3,395		$Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg$	0,788
	$Eu^{3+} + e = Eu^{2+}$	-0,429		$Hg^{2+} + 2e = Hg$	0,850
F	$F_2O + 2H^+ + 4e = 2F^- + H_2O$	2,1		$2Hg^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$	0,920
	$F_2 + 2e = 2F^-$	2,87		$HgO + 2H^+ + 2e = Hg + H_2O$	0,926
Fe	$FeS + 2e = Fe + S^{2-}$	-0,95	Ho	$Ho^{3+} + 3e = Ho$	-2,319
	$Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$	-0,877	I	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,14
	$FeCO_3 + 2e = Fe + CO_3^{2-}$	-0,756		$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	0,21
	$Fe(OH)_3 + e = Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56		$IO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	0,25
	$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,440		$2IO^- + H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	0,45
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e = 3Fe + 4H_2O$	-0,085		$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	0,49
	$Fe_2O_3 + H_2O + 2H^+ + 2e = 2Fe(OH)_2$	-0,057		$I_2 + 2e = 2I^-$	0,536
	$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Fe + 3H_2O$	-0,051		$I_3^- + 2e = 3I^-$	0,545
	$Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Fe + 2H_2O$	-0,047		$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,56
	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037		$HIO + H^+ + 2e = I^- + H_2O$	0,99
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Fe + 3H_2O$	0,059		$2ICl_2^- + 2e = I_2 + 4Cl^-$	1,06
	$Fe(OH)_3 + H^+ + e = Fe(OH)_2 + H_2O$	0,271		$IO_3^- + 6H^+ + 6e = I^- + 3H_2O$	1,085
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$	0,356		$IO_3^- + 5H^+ + 4e = HIO + 2H_2O$	1,14
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M H_2SO_4)	0,68		$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	1,19
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M HCl)	0,70		$2HIO + 2H^+ + 2e = I_2 + 2H_2O$	1,45
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$ (1M HCl)	0,71		$H_5IO_6 + H^+ + 2e = IO_3^- + 3H_2O$	1,60
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$	0,771	Ir	$IrO_2 + 4H^+ + 4e = Ir + H_2O$	0,93
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 2e = 3Fe^{2+} + 4H_2O$	0,980		$Ir^{3+} + 3e = Ir$	1,15
Ga	$Ga^{3+} + 3e = Ga$	-0,53	K	$K^+ + e = K$	-2,924
Gd	$Gd^{3+} + 3e = Gd$	-2,397	La	$La^{3+} + 3e = La$	-2,522
Ge	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 2e = Ge^{2+} + 3H_2O$	-0,363	Li	$Li^+ + e = Li$	-3,045
	$GeO_2 + 4H^+ + 4e = Ge + 2H_2O$	-0,15	Mg	$Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$	-2,69
	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 4e = Ge + 3H_2O$	-0,13		$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,363
	$Ge^{2+} + 2e = Ge$	0,000		$Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$	-1,862
H	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,828	Mn	$MnCO_3 + 2e = Mn + CO_3^{2-}$	-1,48
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,0000		$Mn^{2+} + 2e = Mn$	-1,18
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776		$Mn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mn + 2H_2O$	-0,727
Hf	$Hf^{4+} + 4e = Hf$	-1,70		$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	0,564
	$HfO_2 + 4H^+ + 4e = Hf + 2H_2O$	-1,57		$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
Hg	$HgS + 2e = Hg + S^{2-}$	-0,69		$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,228
	$Hg(CN)_4^{2-} + 2e = Hg + 4CN^-$	-0,37		$Mn_2O_3 + 6H^+ + 2e = 2Mn^{2+} + 3H_2O$	1,443
	$Hg_2I_2 + 2e = 2Hg + 2I^-$	-0,041		$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,507
	$HgI_4^{2-} + 2e = Hg + 4I^-$	-0,04		$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$ (8M H_2SO_4)	1,509
	HgO(красная) + $H_2O + 2e = Hg + 2OH^-$	0,098		$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	1,692
	$Hg_2Br_2 + 2e = 2Hg + 2Br^-$	0,140		$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	2,257
Mo	$H_2MoO_4 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	-1,091	Nd	$Nd^{3+} + 3e = Nd$	-2,431

	$MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = Mo + 8OH^-$	-1,05	Ni	γ-NiS + 2e = Ni + S^{2-}	-1,04
	$Mo^{3+} + 3e = Mo$	-0,200		α-NiS + 2e = Ni + S^{2-}	-0,83
	$MoO_2 + 4H^+ + 4e = Mo + 2H_2O$	-0,072		$Ni(OH)_2 + 2e = Ni + 2OH^-$	-0,72
	$MoO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Mo + 4H_2O$	0,154		$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e = Ni + 6NH_3$	-0,49
	$MoO_3 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + H_2O$	0,320		$NiCO_3 + 2e = Ni + CO_3^{2-}$	-0,45
	$MoO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	0,606		$Ni^{2+} + 2e = Ni$	-0,25
N	$3N_2 + 2\bar{e} = 2N_3^-$	-3,4		$Ni(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Ni + 2H_2O$	0,110
	$3N_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2HN_3$	-3,1		$NiO + 2H^+ + 2e = Ni + H_2O$	0,116
	$N_2 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_2OH + 2OH^-$	-3,04		$NiO_2 + 4H^+ + 2e = Ni^{2+} + 2H_2O$	1,68
	$N_2 + 4H_2O + 4\bar{e} = N_2H_4 + 4OH^-$	-1,16	O	$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	0,401
	$N_2 + 8H_2O + 6\bar{e} = 2NH_4OH + 6OH^-$	-0,74		$O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O_2$	0,682
	$NO_2^- + H_2O + \bar{e} = NO + 2OH^-$	-0,46		$H_2O_2 + 2e = 3OH^-$	0,88
	$NO_2^- + 6H_2O + 6\bar{e} = NH_4OH + 7OH^-$	-0,15		$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	1,229
	$NO_3^- + 2H_2O + 3\bar{e} = NO + 4OH^-$	-0,14		$O_3 + H_2O + 3e = O_2 + 2OH^-$	1,24
	$NO_3^- + 7H_2O + 8\bar{e} = NH_4OH + 9OH^-$	-0,12		$O_3 + 6H^+ + 6e = 3H_2O$	1,511
	$NO_3^- + H_2O + 2\bar{e} = NO_2^- + 2OH^-$	0,01		$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
	$N_2 + 6H^+ + 6\bar{e} = 2NH_3$	0,057		$O_3 + 2H^+ + 2e = O_2 + H_2O$	2,07
	$N_2H_4 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_4OH + 2OH^-$	0,1	Os	$OsO_2 + 2H_2O + 4e = Os + 4OH^-$	-0,15
	$N_2 + 8H^+ + 6\bar{e} = 2NH_4^+$	0,275		$OsCl_6^{3-} + e = Os^{2+} + 6Cl^-$	0,4
	$2NO_2^- + 4H_2O + 6\bar{e} = N_2 + 8OH^-$	0,41		$OsO_4 + 8H^+ + 8e = Os + 4H_2O$	0,85
	$NH_2OH + 2H_2O + 2\bar{e} = NH_4OH^- + 2OH^-$	0,42		$OsCl_6^{2-} + e = OsCl_6^{3-}$	0,85
	$2NO_2 + 4H_2O + 8e = N_2 + 8OH^-$	0,53		$Os^{2+} + 2e = Os$	0,85
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,78		$OsO_4 + 4H^+ + 4e = OsO_2 + 2H_2O$	0,96
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,80	P	$H_2PO_2^- + e = P + 2OH^-$	-2,05
	$2NO + 2H_2O + 4e = N_2 + 4OH^-$	0,85		$HPO_3^{2-} + 2H_2O + 2e = H_2PO_2^- + 3OH^-$	-1,57
	$HNO_2 + 7H^+ + 6e = NH_4^+ + 2H_2O$	0,864		$PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e = HPO_3^{2-} + 3OH^-$	-1,12
	$NO_3^- + 10H^+ + 8e = NH_4^+ + 3H_2O$	0,87		$2H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_4P_2O_6 + 2H_2O$	-0,94
	$2NO_2 + 2e = 2NO_2^-$	0,88		$P + 3H_2O + 3e = PH_3 + 3OH^-$	-0,89
	$N_2O + H_2O + 2e = N_2 + 2OH^-$	0,94		$H_3PO_2 + H^+ + e = P + 2H_2O$	-0,51
	$NO_3^- + 3H^+ + 2e = HNO_2 + 2H_2O$	0,94		$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(бел) + 3H_2O$	-0,502
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,957		$H_3PO_3 + 3H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,96		$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(кр) + 3H_2O$	-0,454
	$HNO_2 + H^+ + e = NO + H_2O$	1,00		$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(бел) + 4H_2O$	-0,411
	$NO_2 + 2H^+ + 2e = NO + H_2O$	1,03		$H_3PO_4 + 4H^+ + 4e = H_3PO_2 + 2H_2O$	-0,39
	$NO_2 + H^+ + e = HNO_2$	1,09		$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(кр) + 4H_2O$	-0,383
	$2NO_3^- + 10H^+ + 8e = N_2O + 5H_2O$	1,116		$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_3PO_3 + H_2O$	-0,276
	$2NO_3^- + 12H^+ + 10e = N_2 + 6H_2O$	1,246		$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$2HNO_2 + 4H^+ + 4e = N_2O + 3H_2O$	1,297		$P + 3H^+ + 3e = PH_3$	0,06
	$2NO_2 + 8H^+ + 8e = N_2 + 4H_2O$	1,36		$H_4P_2O_6 + 2H^+ + 2e = 2H_3PO_3$	0,38
	$2HNO_2 + 6H^+ + 6e = N_2 + 4H_2O$	1,45	Pb	$PbS + 2e = Pb + S^{2-}$	-0,93
	$2NO + 4H^+ + 4e = N_2 + 2H_2O$	1,678		$PbO + H_2O + 2e = Pb + 2OH^-$	-0,58
	$N_2O + 2H^+ + 2e = N_2 + H_2O$	1,766		$PbCO_3 + 2e = Pb + CO_3^{2-}$	-0,506
Na	$Na^+ + e = Na$	-2,714		$PbI_2 + 2e = Pb + 2I^-$	0,365
Pb	$PbSO_4 + 2e = Pb + SO_4^{2-}$	-0,3563	S	$S + 2H^+ + 2e = H_2S$	0,141

	$PbF_2 + 2e = Pb + 2F^-$	-0,350		$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SO_3 + H_2O$	0,17
	$PbBr_2 + 2e = Pb + 2Br^-$	-0,280		$SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e = S^{2-} + 3H_2O$	0,231
	$PbCl_2 + 2e = Pb + 2Cl^-$	-0,268		$2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	0,29
	$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,126		$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = H_2S + 4H_2O$	0,311
	$PbO_3^{2-} + H_2O + 2e = PbO_2^{2-} + 2OH^-$	0,2		$SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = S + 4H_2O$	0,357
	$PbO + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,248		$2H_2SO_3 + 2H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,40
	$Pb(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,277		$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e = S + 3H_2O$	0,449
	$PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^-$	0,28		$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 4e = 2S + 3H_2O$	0,5
	$Pb_3O_4 + 2H^+ + 2e = 3PbO + H_2O$	0,972		$2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,705
	$PbO_2 + 4H^+ + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$	1,449-1,455		$S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$	2,01
	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$	1,685	Sb	$SbO_2^- + 2H_2O + 3e = Sb + 4OH^-$	-0,675
	$Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$	1,694		$Sb + 3H^+ + 3e = SbH_3$	-0,51
Pd	$Pd(OH)_2 + 2e = Pd + 2OH^-$	0,07		$SbO_3^- + H_2O + 2e = SbO_2^- + 2OH^-$	-0,43
	$PdI_6^{2-} + 2e = PdI_4^{2-} + 2I^-$	0,623		$Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Sb + 3H_2O$	0,152
	$PdCl_4^{2-} + 2e = Pd + 4Cl^-$	0,623		$SbO^+ + 2H^+ + 3e = Sb + H_2O$	0,212
	$PdO + 2H^+ + 2e = Pd + H_2O$	0,896		$SbO_3^- + 2H^+ + 3e = SbO_2^- + H_2O$	0,353
	$PdCl_6^{2-} + 4e = Pd + 6Cl^-$	0,96		$SbO_2^- + 4H^+ + 3e = Sb + 2H_2O$	0,446
	$Pd^{2+} + 2e = Pd$	0,987		$Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e = 2SbO^+ + 3H_2O$	0,581
	$PdBr_6^{2-} + 2e = PdBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,993		$Sb_2O_5 + 4H^+ + 4e = Sb_2O_3 + 2H_2O$	0,671
	$PdO_2 + 2H^+ + 2e = PdO + H_2O$	1,283	Sc	$Sc^{3+} + 3e = Sc$	-2,077
	$PdCl_6^{2-} + 2e = PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$	1,288	Se	$Se + 2e = Se^{2-}$	-0,92
Pt	$PtS + 2e = Pt + S^{2-}$	-0,95		$Se + 2H^+ + 2e = H_2Se$	-0,40
	$PtS_2 + 2e = PtS + S^{2-}$	-0,64		$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Se + 6OH^-$	-0,366
	$Pt(OH)_2 + 2e = Pt + 2OH^-$	0,15		$SeO_4^{2-} + H_2O + 2e = SeO_3^{2-} + 2OH^-$	0,05
	$PtI_6^{2-} + 2e = PtI_4^{2-} + 2I^-$	0,393		$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e = Se + 3H_2O$	0,741
	$PtBr_4^{2-} + 2e = Pt + 4Br^-$	0,58		$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SeO_3 + H_2O$	1,15
	$PtBr_6^{2-} + 2e = PtBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,59	Si	$SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Si + 6OH^-$	-1,7
	$PtCl_6^{2-} + 2e = PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$	0,720		$SiF_6^{2-} + 4e = Si + 6F^-$	-1,2
	$PtCl_4^{2-} + 2e = Pt + 4Cl^-$	0,73		$SiO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = Si + 3H_2O$	-0,455
	$Pt(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pt + 2H_2O$	0,980		$Si + 4H^+ + 4e = SiH_4$	0,102
	$PtO_2 + 2H^+ + 2e = Pt(OH)_2$	1,045	Sn	$SnS + 2e = Sn + S^{2-}$	-0,94
	$Pt^{2+} + 2e = Pt$	1,188		$Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^- + H_2O + 3OH^-$	-0,93
Ra	$Ra^{2+} + 2e = Ra$	-2,925		$HSnO_2^- + H_2O + 2e = Sn + 3OH^-$	-0,91
Rb	$Rb^+ + e = Rb$	-2,925		$SnF_6^{2-} + 4e = Sn + 6F^-$	-0,25
	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,93		$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,136
	$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^-$	-0,76		$SnO_2 + 2H^+ + 2e = SnO + H_2O$	-0,108
	$SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^-$	-0,66		$SnO_2 + 4H^+ + 4e = Sn + 2H_2O$	-0,106
	$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	-0,58		$SnO + 2H^+ + 2e = Sn + H_2O$	-0,104
	$S_2^{2-} + 2e = 2S^{2-}$	-0,524		$Sn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Sn + 2H_2O$	-0,091
S	$S + 2e = S^{2-}$	-0,48		$SnCl_6^{2-} + 2e = SnCl_4^{2+} + 2Cl^-$	0,14
	$2S + 2e = S_2^{2-}$	-0,476		$Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$	0,151
	$S + H^+ + 2e = HS^-$	-0,065	Sr	$Sr^{2+} + 2e = Sr$	-2,888
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 8e = 2S^{2-} + 3H_2O$	-0,006	Te	$Te + 2e = Te^{2-}$	-1,14
	$S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$	0,08		$Te + 2H^+ + 2e = H_2Te$	-0,72
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e = S^{2-} + 4H_2O$	0,149		$TeO_3^{2-} + 2H_2O + 4e = Te + 6OH^-$	-0,57
	$TeO_2 + 4H^+ + 4e = Te + 2H_2O$	0,529		$V^{2+} + 2e = V$	-1,175

	$TeO_4^{2-} + 2H^+ + 2e = TeO_3^{2-} + H_2O$	0,892		$V^{3+} + e = V^{2+}$	-0,255
	$H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e = TeO_2 + 4H_2O$	1,02		$VO_2^+ + 4H^+ + 5e = V + 2H_2O$	-0,25
Ti	$Ti^{2+} + 2e = Ti$	-1,63		$VO_2^{2+} + e = VO^+$	-0,044
	$TiO + 2H^+ + 2e = Ti + H_2O$	-1,306		$VO_2^+ + 4H^+ + 3e = V^{2+} + 2H_2O$	0,360
	$TiF_6^{2-} + 4e = Ti + 6F^-$	-1,19	V	$V_2O_5 + 6H^+ + 2e = 2VO^{2+} + 3H_2O$	0,958
	$TiO_2 + 4H^+ + 4e = Ti + 2H_2O$	-0,86		$VO_2^+ + 2H^+ + e = VO^{2+} + H_2O$	1,004
	TiO_2(рутил) $+ H^+ + 4e = Ti^{3+} + 2H_2O$	-0,666		$VO_4^{3-} + 6H^+ + 2e = VO^+ + 3H_2O$	1,256
	TiO_2(рутил) $+ 2H^+ + 4e = Ti^{2+} + 2H_2O$	-0,502		$H_2VO_4^- + 4H^+ + e = VO^{2+} + 3H_2O$	1,314
	$Ti^{3+} + e = Ti^{2+}$	-0,368		$WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = W + 8OH^-$	-1,05
	$Ti^{4+} + e = Ti^{3+}$ (5M H_3PO_4)	-0,15	W	$WO_2 + 4H^+ + 4e = W + 2H_2O$	-0,119
	$TiO^{2+} + 2H^+ + 2e = Ti^{2+} + H_2O$	-0,135		$WO_3 + 6H^+ + 6e = W + 3H_2O$	-0,09
	$TiO^{2+} + 2H^+ + e = Ti^{3+} + H_2O$	0,10		$W_2O_5 + 2H^+ + 2e = 2WO_2 + H_2O$	-0,031
Tl	$Tl_2S + 2e = 2Tl + S^{2-}$	-0,93		$2WO_3 + 2H^+ + 2e = W_2O_5 + H_2O$	-0,029
	$TlI + e = Tl + I^-$	-0,753		$WO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = W + 4H_2O$	0,049
	$TlBr + e = Tl + Br^-$	-0,658		$2WO_4^{2-} + 6H^+ + 2e = W_2O_5 + 3H_2O$	0,801
	$TlCl + e = Tl + Cl^-$	-0,557		$ZnS + 2e = Zn + S^{2-}$	-1,405
	$TlOH + e = Tl + OH^-$	-0,344	Zn	$Zn(CN)_4^{2-} + 2e = Zn + 4CN^-$	-1,26
	$Tl^+ + e = Tl$	-0,3363		$Zn(OH)_2 + 2e = Zn + 2OH^-$	-1,245
	$Tl(OH)_3 + 2e = TlOH + 2OH^-$	-0,05		$Zn(OH)_4^{2-} + 2e = Zn + 4OH^-$	-1,22
	$Tl_2O_3 + 3H_2O + 4e = 2Tl^+ + 6OH^-$	0,02		$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e = Zn + 4OH^-$	-1,216
	$TlOH + H^+ + e = Tl + H_2O$	0,778		$ZnCO_3 + 2e = Zn + CO_3^{2-}$	-1,06
	$Tl^{3+} + 2e = Tl^+$	1,252		$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e = Zn + 4NH_3$	-1,04
U	$UO_2 + 2H_2O + 4e = U + 4OH^-$	-2,39		$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,763
	$U^{3+} + 3e = U$	-1,798		$ZnO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Zn + 2H_2O$	0,441
	$U^{4+} + e = U^{3+}$	-0,607		$ZrO^{2+} + 2H^+ + 4e = Zr + H_2O$	-1,570
	$UO_2^{2+} = UO_2^+$	0,05	Zr	$ZrO_2 + 4H^+ + 4e = Zr + 2H_2O$	-1,553
	$UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e = U^{4+} + 2H_2O$	0,334		$Zr^{4+} + 4e = Zr$	-1,539
	$UO_2^+ + 4H^+ + e = U^{4+} + 2H_2O$	0,62			

Список литературы

Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия.: учебник 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Глинка Н.Л. Общая химия.: учебник / под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Глинка Н.Л. Общая химия. Задачи и упражнения: учебно-практическое пособие. Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2014. 240 с.

Хомченко И.Г. Общая химия. Сборник задач и упражнений. Изд-во «Новая волна», 2011. 256 с.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____ В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ГЕОЛОГИЯ

для обучающихся специальности

25.05.04 Горное дело

Специализация
Маркшейдерское дело

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н., Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
наименование кафедры
Протокол № 190 от 17.03.2020 г
дата

Екатеринбург
2020

Самостоятельная работа студентов в рамках учебного процесса играет важную роль в изучении дисциплины «Геология», поскольку основными объектами труда горных инженеров являются месторождения полезных ископаемых. Поэтому в процессе обучения у студентов формируются, как навыки в области геологии в целом, так и представления о месторождения полезных ископаемых как геологических объектах, возникающих в процессах формирования и развития земной коры. Главные задачи профессиональной деятельности – разработка месторождений полезных ископаемых, могут быть успешно решены при условии овладения студентом современных представлений о геологии, геологических и физико-химических условиях формирования месторождений, особенностями геолого-промышленной оценки. В процессе самостоятельной работы студент получает представление об особенностях проявления геологических процессов, типа месторождений с которыми он будет сталкиваться в процессе своей будущей практической деятельности, и сравнивать с ними конкретные объекты. Для этого в рамках самостоятельной работы в первую очередь следует обратить внимание на изучение имеющегося на кафедре каменного материала, характеризующего большую часть типов промышленных месторождений.

Основное содержание дисциплины и объемы самостоятельной работы по разделам дисциплины приведены в таблице

№№ тем	Содержание	Часы по СРС
1	Изучение минералов и горных пород	10
2	Форма и условия залегания рудных тел	2
3	Структуры и текстуры руд	14
4	Изучение генетических и промышленных типов месторождений полезных ископаемых	10
5	Разведка месторождений	9
6	Подготовка к экзамену	27

Методические указания по организации самостоятельного изучения дисциплины

1. Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине «Геология» дают главный материал, как по теории, так и по практике в области геологических наук, генезиса и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых, разведки

месторождений. Современные проблемы, рассматриваемые в данной дисциплине, обусловлены как появлением новых теоретических представлений о геологии в целом, так и месторождений, их новых промышленных типов, методов и способов разведки. Это требует после прослушивания лекций обращаться к рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучения дополнительного материала по теме для последующего выполнения лабораторных заданий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

2. Подготовка, выполнение и оформление практических занятий

Практические занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о минералах и горных породах, вещественном составе минерального сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение новых разрабатываемых месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации МПИ и методов их разведки.

Особое внимание при изучении курса «Геология» следует обратить на работу с научной литературой по данной проблематике.

Чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнения в решении практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных разделов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности. В рамках программы изучения дисциплины «Геология» предусматривается следующая тематика практических работ.

Тема 1. **Изучение минералов и горных пород.**

Цель практических работ – изучить основные классы минералов, обращая внимание на главные рудные минералы и горные породы – магматические, осадочные, метаморфические. Дополнительное их изучение рекомендуется проводить в Уральском геологическом музее.

Тема 2. Форма и условия залегания рудных тел.

Цель практических работ – ознакомиться с принципами определения формы рудных тел, изучить геологические разрезы, определить формы рудных тел на реальных геологических разрезах и найти их место в квалификационной таблице; по геологической обстановке на разрезе определить главные факторы, обусловившие форму и место локализации полезного ископаемого.

Места локализации рудных тел и, соответственно, их форма определяется рядом геологических факторов, в частности, условиям образования (эндогенными, экзогенными, или метаморфогенными). Как следствие, при изучении геологических разрезов месторождений, после определения формы рудного тела следует внимательно ознакомиться с геологической обстановкой и попытаться определить, какой из геологических факторов является определяющим: сингенетичность или эпигенетичность руд: отложения или замещения и др.

При выполнении работы следует иметь в виду, что форма природных геологических тел в большинстве случаев далека от идеальной, и при определении названия подбирается наиболее близкий эталон – идеальное геологическое тело.

Тема 3. Структуры и текстуры руд

Цель занятий – ознакомиться с основными структурами и текстурами руд, описать особенности минералогического состава и текстур руд различного генезиса. При изучении образцов необходимо, прежде всего, определить рудные минералы, текстуры, определить тип месторождения по типоморфным текстурам. Для этого используются таблицы «Типы текстур руд» по С.А. Вахромееву (1979).

Тема 4. Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых

Цель практических работ – изучение теоретического и имеющегося в учебных коллекциях каменного материала, изучить парагенетические ассоциации минералов руд, описать имеющиеся в коллекциях образцы руд и

определить их место согласно генетической классификации месторождений полезных ископаемых (по В.Ф. Рудницкому, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 46).

Последовательность изучения генетических типов МПИ рекомендуется следующим образом:

1). Повторение теоретического материала по лекции, учебным пособиям, консультации с преподавателем, просмотр дополнительной литературы из рекомендованного списка.

2). Самостоятельная работа по дополнительному изучению образцов руд из учебных коллекций кафедры.

3). Изучение примеров месторождений данного класса по литературным данным.

4). Проверка усвоения материала по «Вопросам и заданиям для самопроверки» (В.Ф. Рудницкий, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 233-245).

Тема 5. Разведка месторождений.

Проработка материала по теме проводится по методическим указаниям к лабораторным работам кафедры ГПР МПИ.

3. Рекомендации по работе с литературой

Изучение учебной и научной литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить, используя следующие рекомендации:

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться, ориентируясь на источники, содержащие необходимый материал.

2. Систематизировать перечень источников (для экзамена, для написания исследовательских работ.

3. Зафиксировать выходные данные по каждой книге.

4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книги) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. При этом целесообразно проконсультироваться с преподавателем.

5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).

6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте – это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

7. Рекомендуется широко использовать интернет-источники и базы геологической литературы.

4. Подготовка к экзамену

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания (примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже).

1. Геология, объект и предмет геологии, основные этапы развития и достижения российской геологии
2. Солнечная система и гипотезы ее происхождения
3. Физические свойства Земли (сила тяжести, плотность, магнетизм, упругие свойства)
4. Модели внутреннего строения Земли
5. Состав и строение земной коры
6. Геохронология и стратиграфия
7. Геосинклинали и платформы
8. Тектонические движения, складки и их типы
9. Разрывные нарушения, их элементы и типы
10. Землетрясения, их классификация и прогноз
11. Магматизм, классификация магматических пород
12. Минералы и их классификация
13. Метаморфизм, фации метаморфических пород
14. Выветривание горных пород, типы выветривания
15. Геологическая деятельность ветра
16. Геологическая деятельность ледников
17. Геологическая деятельность поверхностных текущих вод
18. Геологическая деятельность моря
19. Подземные воды и их классификация
20. Понятие о полезных ископаемых и их месторождениях
21. Вещественный состав полезных ископаемых. Текстуры и структуры руд
22. Форма тел полезных ископаемых
23. Магматические месторождения и их примеры
24. Гидротермальные месторождения и их примеры
25. Осадочные месторождения полезных ископаемых
26. Метаморфогенные месторождения и их примеры
27. Принципы поисковых и разведочных работ, стадии геологоразведочных пород
28. Поиски месторождений полезных ископаемых и их методы

29. Задачи разведки месторождений полезных ископаемых и технические средства разведки
30. Опробование полезных ископаемых. Классификация и подсчет запасов месторождений

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по данной дисциплине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Короновский Н.В., Старостин В.И., Авдонин В.В. Геология для горного дела. М.: Изд. Центр «Академия», 2007. 576с.	100
2	Попова О.М. Полезные ископаемые : Лабораторный практикум с основами теории. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ 2007. 97с.	10
3	Поленов Ю.А. Основы геологии: учебник / Ю.А. Поленов; Урал.гос.горный ун-т. 4-е издание, испр. доп. Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2018. 338с.	50

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
4	Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов/ под ред. В.В.Ершова. М.: Недра, 1989 – 399с.	100
5	Рудницкий В.Ф. Основы учения о полезных ископаемых. Екатеринбург: 3-е изд. УГГУ, 2015. 238с.	100
6	Ершов В.В., Новиков А.А., Попова Г.Б. Основы геологии. М.: Недра,1986	электронная библиотека
7	Баранников А.Г., Никулина И.А., Хасанова Г.Г. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. УГГУ, 2018.184с.	50
8	Дворник Г.П. Горнопромышленная геология. Учебное пособие. УГГУ. 2018. 234с.	50

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Все о геологии http://www.geo.web.ru

Единое окно доступа к образовательным ресурсам- Режим доступа: http://window.edu.ru

Геоинформмарк http://www.geoinform.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

1.ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА 5

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ 9

3. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ» 10

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 12

4.1. Соединение труб муфтами 12

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой 12

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой 17

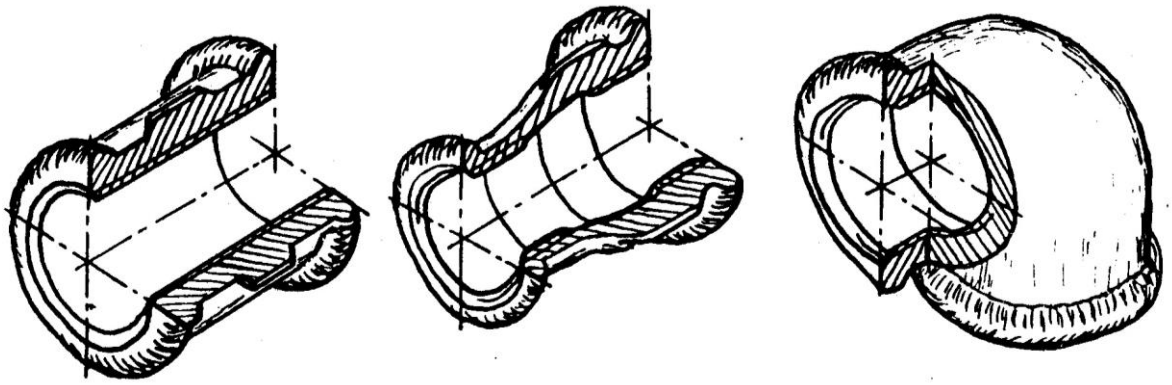
4.2. Соединение труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами 19

4.3. Перекрытие труб колпаком 23

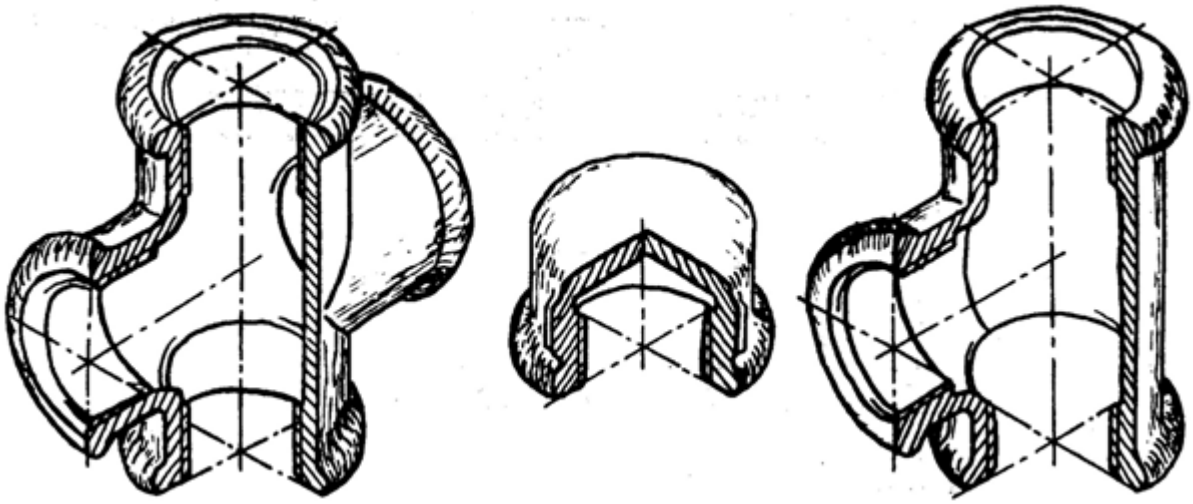
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

ВВЕДЕНИЕ

В промышленности трубы, имеющие на концах наружную резьбу, соединяются соединительными частями (фитингами), которые имеют резьбу в отверстиях. Виды резьбовых трубных соединений определяются условиями их работы. В обычных трубопроводах с нормальным давлением (в системах отопления, вентиляции, газификации, водоснабжения) чаще всего имеют место соединения труб деталями с трубной цилиндрической резьбой.



Муфта прямая Муфта переходная Угольник прямой



Крест прямой Колпак Тройник прямой

Рис. 1. Соединительные части (фитинги)

Соединительные части - фитинги (рис. 1) – позволяют соединить сразу несколько труб, устраивать ответвления под разными углами, переходы с одного диаметра на другой и т. д. Фитинги изготавливают из ковкого чугуна для условных проходов от 8 до 150 мм. Для придания фитингам из ковкого чугуна необходимой жесткости их снабжают по краям буртиками, а муфты для обеспечения лучшего захвата газовым ключом – несколькими ребрами, расположенными на боковой поверхности по направлению образующих.

1. ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА

Профиль трубной цилиндрической резьбы – равнобедренный треугольник с углом α=55°, вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьбы отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм = 1″=25,4 мм).

Шаг трубной резьбы задают косвенным способом: указывают число ниток резьбы, укладывающихся на 1″. Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

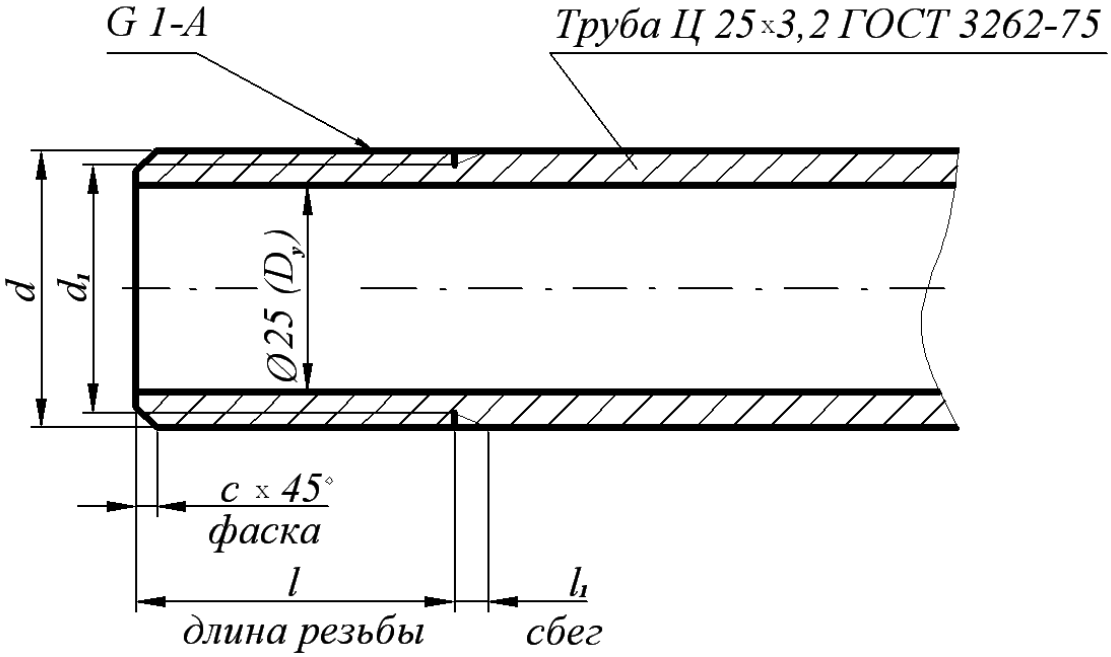


Рис. 2. Изображение трубы

Обозначение размера трубной резьбы имеет особенность, которая заключается в том, что размер задается не наружным диаметром трубы, на которой нарезается резьба, а величиной внутреннего диаметра трубы. Объяснение этой условности состоит в том, что конструктивный расчет трубопроводов ведется по условным проходам трубопроводов, арматуры и соединительных частей.

Например, трубная резьба в 1″ нарезается на трубе, которая имеет внутренний диаметр, равный 25 мм; размер же наружного диаметра всегда больше диаметра в свету на две толщины стенки трубы (рис. 2). По этой причине обозначение резьбы располагают на полке-выноске, которая заканчивается стрелкой, опирающейся на контур трубной резьбы.

Условное обозначение резьбы состоит из буквы *G*, обозначения размера резьбы и класса точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами *LH*, например,

G 1½ - *B* – трубная цилиндрическая резьба 1½″ класса точности *B*,

G 1½ - *LH* - *B* – то же для левой резьбы.

Длину свинчивания указывают в миллиметрах после обозначения класса точности: *G* 1½ - В –40.

В обозначении трубы указывают условный проход, толщину стенки, другие данные (точность изготовления, покрытие, длину, наличие резьбы и муфты) и номер стандарта, например:

Труба 20×2,8–2000 ГОСТ 3262-75 – труба обыкновенная неоцинкованная без муфты, без резьбы с D_y =20 мм.

Для вычерчивания трубы и соединительных частей используют размеры, предусмотренные ГОСТ 3262-75 и ГОСТ 6357-81 (табл. 1), а также ГОСТ 10549-63 (табл. 2).

Для труб бесшовных горяче- и холоднодеформированных, для толстостенных труб (ГОСТ 8734-75, 8732-78, 9940-81) выполняют рабочие чертежи, на которых указывают длину трубы, условный проход, длину резьбы и величину сбега резьбы.

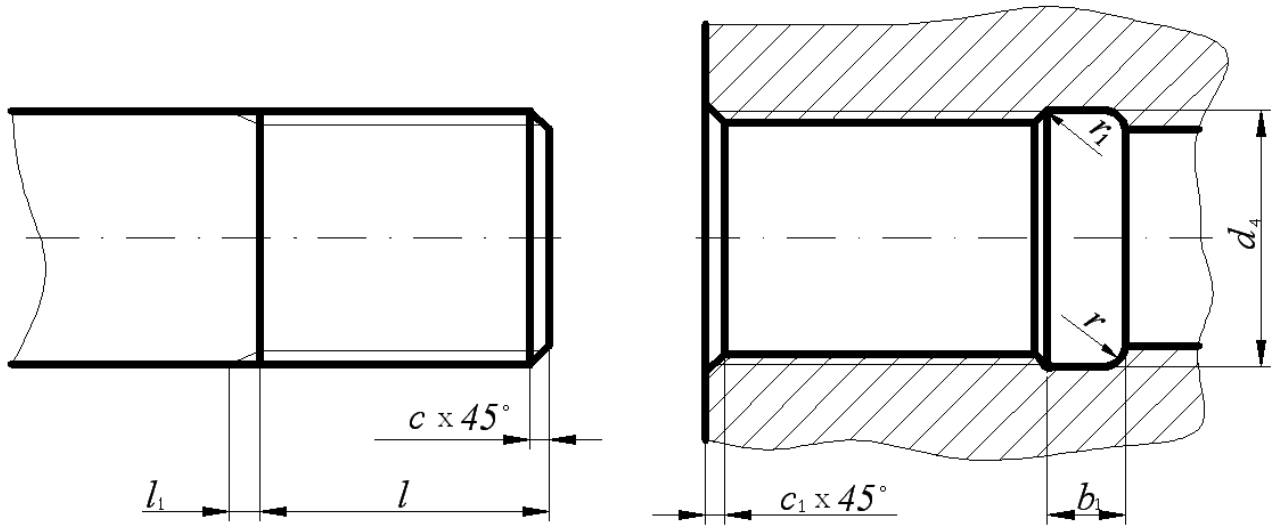
Таблица 1

Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81

Обозначение размера резьбы		Шаг, мм P	Диаметр резьбы, мм		Толщина стенки труб, мм
D_y, мм	в дюймах		наружный $d=D$	внутренний $d_1=D_1$	
6	1/8	0,907	9,728	8,566	2,0
8	¼	1,337	13,157	11,445	2,2
10	3/8		16,662	14,950	2,2
15	½	1,814	20,955	18,631	2,8
20	¾		26,441	24,117	2,8
25	1	2,304	33,249	30,291	3,2
32	1 ¼		41,910	38,952	3,2
40	1 ½		47,803	44,845	3,5
50	2		59,614	56,656	3,5
65	2 ½		75,184	72,226	4,0
80	3		87,884	84,926	4,0
90	3 ½		100,330	97,372	4,0
100	4		113,030	110,072	4,5

Таблица 2

Размеры сбегов, проточек и фасок для трубной цилиндрической резьбы



D_y, мм	l_1, мм	l, мм		c, мм	b_1, мм	r, мм	r_1, мм	d_4, мм	c_1, мм
		длинной	короткой						
1/8	1,6	-	-	1,0	4	1,0	0,5	10,5	1,0
¼	2,4	-	-	1,6	5	1,6		13,5	
3/8		-	-					17,0	
½	3,2	14	9,0	2,0	8	2,0	1,0	21,5	1,6
¾		16	10,5					27,0	
1	4,1	18	11,0	2,5	10	3,0		34,0	
1 ¼		20	13,0					43,0	
1 ½		22	15,0					48,5	
2		24	17,0					60,5	
2 ½		27	19,5					76,0	
3		30	22,0					89,0	
3 ½		33	26,0					101,0	
4		36	30,0					114,0	

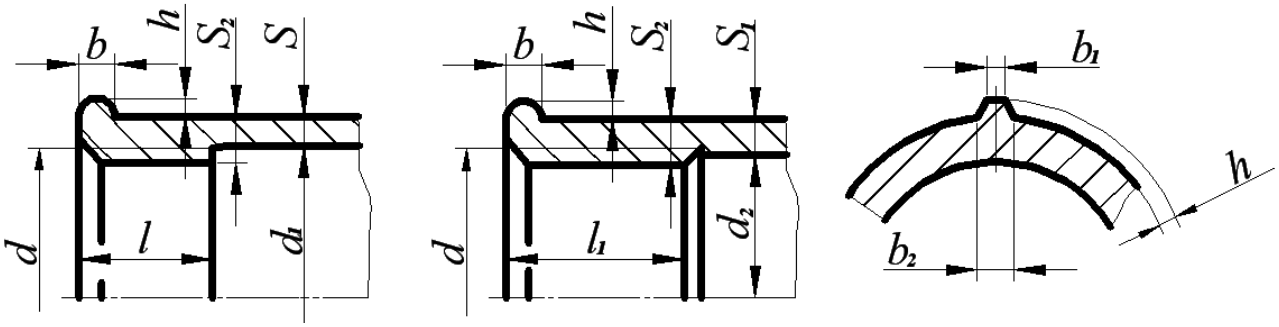
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

На чертежах трубных соединений, выполняемых как конструктивные чертежи, вычерчиваются все элементы соединительных частей и контргаек (если их ставят) – буртики, фаски, ребра, размеры которых для изделий из ковкого чугуна устанавливает ГОСТ 8945-75.

Таблица 3

Конструктивные размеры соединительных частей, мм

Вариант 1 Вариант 2



Резьба				d_1	d_2	S	S_1	S_2	S_3	b	b_1	b_2	h
Обозначение	d	l	l_1										
		не менее											
$G1/4$	13,16	9,0	9,0	13,5	12,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
$G3/8$	16,66	10,0	11,0	17,0	16,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
$G1/2$	20,96	12,0	14,0	21,5	20,0	2,8	3,5	4,2	4,2	3,5	2,0	4,0	2,0
$G3/4$	26,44	13,5	16,0	27,0	25,5	3,0	3,5	4,4	4,2	4,0	2,0	4,0	2,5
$G1$	33,25	15,0	19,0	34,0	32,0	3,3	4,0	5,2	4,8	4,0	2,5	4,5	2,5
$G1\frac{1}{4}$	41,91	17,0	21,0	42,5	40,5	3,6	4,0	5,4	4,8	4,0	2,5	5,0	3,0
$G1\frac{1}{2}$	47,81	19,0	21,0	48,5	46,5	4,0	4,0	5,8	4,8	4,0	3,0	5,0	3,0
$G2$	59,62	21,0	24,0	68,5	58,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,0	6,0	3,5
$G2\frac{1}{2}$	75,19	23,5	27,0	76,0	74,0	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,5	6,5	3,5
$G3$	87,89	26,0	30,0	89,0	87,0	4,5	4,5	6,5	6,0	6,0	4,0	7,0	4,0
$G4$	113,0	39,0	39,5	115	112	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	5,0	8,5	4,5

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

3.1. Цель задания

Целью задания является изучение правил выполнения трубных резьбовых соединений, условное изображение и обозначение трубной цилиндрической резьбы, конструктивных элементов соединительных частей. При выполнении задания студент должен приобрести навыки общения с Государственными стандартами по данной теме.

3.2. Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате А4 в масштабе, выбранном в соответствии с ГОСТ 2.302-68.

Вычертить соединение труб в двух видах с необходимыми разрезами и нанести размеры согласно стандартам.

Выполнить изображение конца трубы и указать ее конструктивные размеры.

Составить спецификацию.

Таблица 4

Варианты задания

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
1	Угольник	8
2	Крест	80
3	Муфта	40×20
4	Колпак, исполнение 2	80
5	Муфта	50
6	Крест	50
7	Тройник	40
8	Тройник	50
9	Угольник	40
10	Колпак, исполнение 2	65
11	Угольник	20
12	Тройник	25
13	Крест	32
14	Колпак, исполнение 1	20
15	Муфта прямая короткая	15

Продолжение табл. 4

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
16	Муфта прямая длинная	25
17	Муфта переходная	65×32
18	Тройник	50
19	Крест	65
20	Колпак, исполнение 1	15
21	Муфта прямая короткая	32
22	Муфта прямая длинная	20
23	Угольник	10
24	Муфта переходная	80×40
25	Крест	50
26	Колпак, исполнение 2	10
27	Муфта прямая короткая	80
28	Муфта прямая длинная	15
29	Угольник	15
30	Тройник	80
31	Муфта переходная	40×20
32	Колпак, исполнение 1	8
33	Муфта прямая короткая	25
34	Муфта прямая длинная	10
35	Муфта переходная	50×30
36	Тройник	15
37	Крест	20
38	Угольник	32
39	Угольник	20
40	Угольник	80
41	Угольник	15
42	Колпак, исполнение 1	50
43	Крест	25
44	Муфта переходная	32×20
45	Муфта	15
46	Угольник	32
47	Тройник	65
48	Крест	65
49	Колпак, исполнение 1	32
50	Муфта прямая длинная	32

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Изображение трубных резьбовых соединений – это выполнение сборочного чертежа первой сложности. Правила выполнения сборочного чертежа регламентирует ГОСТГОСТ 2.109-73, составление спецификации - ГОСТ 2.302-68, а основную надпись - ГОСТ 2.104-68.

4.1. Соединение труб муфтами

При соединении муфтой ось труб располагают параллельно основной надписи чертежа. Конструкцию соединения показывают в разрезе плоскостью, проходящей через оси труб и фитинга, допускается соединять части вида и разреза. В разрезе показывают только ту часть резьбы фитинга, которая не закрыта резьбой трубы. Второе изображение обычно представляет собой сечение плоскостью, перпендикулярной одной из труб.

Необходимо иметь в виду, что для полностью завинченной трубы за торец соединительной части выходит только сбег резьбы.

Для демонтажа трубного соединения, например, при ремонтных работах, на конце одной из труб нарезают более длинную резьбу – сгон.

Длину сгона рассчитывают так, чтобы можно было свинтить контргайку, муфту и иметь еще запас резьбы 5…7 мм.

Размеры всех деталей трубного соединения зависят от диаметра условного прохода свинчиваемых труб.

Если диаметр отверстия трубы неизвестен, то его можно определить из таблицы размеров трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357-81, табл. 1), измерив внутренний диаметр резьбы муфты.

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой

Например, необходимо по индивидуальному варианту вычертить прямую муфту, имея деталь, но, не зная диаметра условного прохода.

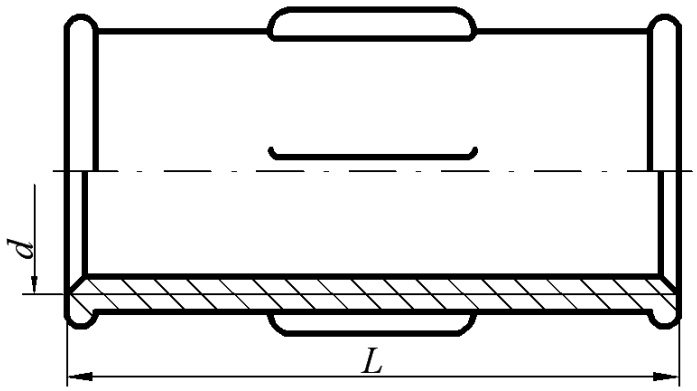
Штангенциркулем измеряется внутренний диаметр резьбы и по табл. 1 определяется диаметр условного прохода соединяемых труб и обозначение резьбы: $D_1 \approx 45$ мм. $D_{1\text{табл}}. = 4{,}845$ мм $\rightarrow D_y = 40$ мм – G 1½.

2. Измеряется длина муфты, L=43 мм.

Для определения названия муфты (короткая или длинная) обращаются к Государственным стандартам (табл. 5).

Таблица 5

Муфты прямые



Резьба	Муфты короткие ГОСТ 8954-75		Муфты длинные ГОСТ 8955-75	
	L, мм	Число ребер	*L*, мм	Число ребер
*G*¼-*B*	22	2	27	2
G$^{3}/_{8}$-*B*	24	2	30	2
*G*½-*B*	28	2	36	2
*G*¾-*B*	31	2	39	2
*G*1-*B*	35	4	45	4
*G*1¼-*B*	39	4	50	4
*G*1½-*B*	43	4	55	4
*G*2-*B*	47	6	65	4
*G*2½-*B*	53	6	74	6
*G*3-*B*	59	6	80	6
*G*4-*B*	84	6	94	6

Примеры условных обозначений:

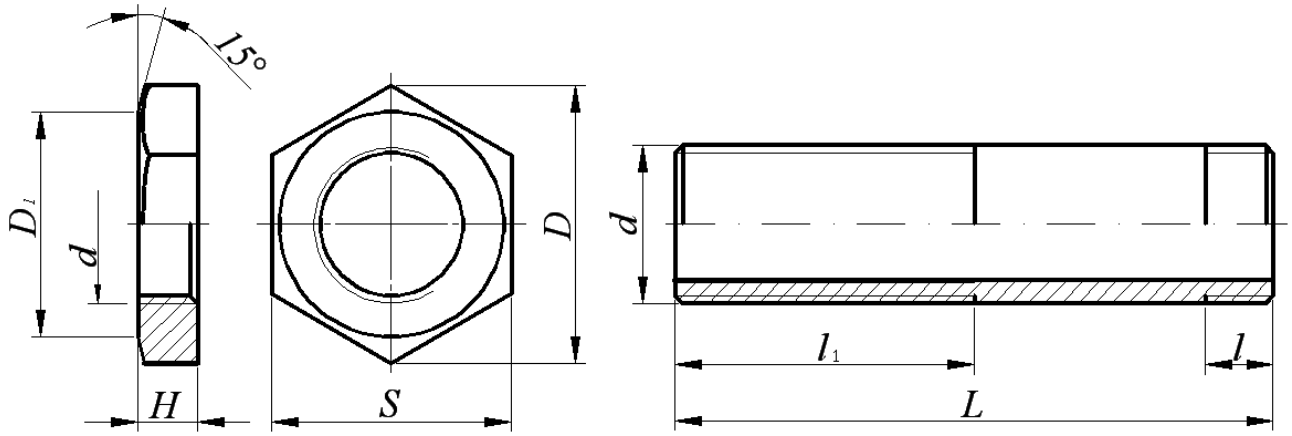
1. Прямая короткая муфта с D_y =40 мм:
   Муфта короткая 40 ГОСТ 8954 - 75.
2. Прямая длинная муфта с D_y =40 мм и цинковым покрытием исполнения 1: Муфта длинная 1-Ц-40 ГОСТ 8955 – 75.

Муфта с резьбой *G* 1½, имеющая длину 43 мм, является короткой, считаем, что она выполнена с цинковым покрытием, следовательно, ее обозначение: Муфта короткая Ц-40 ГОСТ 8954 - 75.

3. Для вычерчивания муфты используют данные из табл. 1, 2, 3.
   1) Наружный диаметр резьбы d=47,803 мм
   2) Фаска с=1,6 мм
   3) Толщина стенки муфты S_2=5,8 мм
   4) Высота буртика b=4,0 мм
   5) Количество ребер жесткости равно 4
   6) Размеры ребер жесткости и буртика: h=3,0 мм; b_1=3,0 мм; b_2=5,0 мм.
4. Для вычерчивания ввинчиваемой трубы используют данные табл. 1 и табл. 2: «Труба Ц-40×3,5 ГОСТ 3262-75» имеет размеры:
   1) Наружный диаметр трубы d=47,803 мм
   2) Внутренний диаметр резьбы d_1=44,845 мм
   3) Длина резьбы l=15 мм
   4) Длина сбега резьбы l_1=4,1 мм
   5) Фаска с=2,5 мм
5. С другой стороны муфты ввинчивается сгон, размеры которого предусмотрены ГОСТ 8969-75, на которой навинчена контргайка (ГОСТ 8961-75, табл. 6).
6. По размерам, указанным в таблицах, для резьбы *G* 1½ вычерчиваются детали в сборе. При выполнении сборочного чертежа соединения фаски, сбеги на деталях не изображаются, каждой детали присваивают номер позиции, который размещают на полке-выноске, заканчивающейся точкой. На сборочном чертеже обязательно указывают установочные размеры: размер резьбы, диаметр условного прохода. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющих характер сопряжения: длину муфты и др.

Таблица 6

Контргайки и сгоны



Резьба	Контргайки ГОСТ 8961-75				Сгоны ГОСТ 8969-75		
	H, мм	*S*, мм	*D*, мм	D_1, мм	*l*, мм	l_1, мм	*L*, мм
*G*¼-*B*	6	22	25,4	20	7,0	38	80
*G*⅜-*B*	7	27	31,2	25	8,0	42	90
*G*½-*B*	8	32	36,9	30	9,0	40	110
*G*¾-*B*	9	36	41,6	33	10,5	45	110
*G*1-*B*	10	46	53,1	43	11,0	50	130
*G*1¼-*B*	11	55	63,5	52	13,0	53	130
*G*1½-*B*	12	60	69,3	56	15,0	60	150
*G*2-*B*	13	75	86,5	70	17,0	65	150
*G*2½-*B*	16	95	110,0	90	19,5	75	170
*G*3-*B*	19	105	121,0	100	22,0	85	180
*G*4-*B*	21	135	156,0	128	-	-	-

Примеры условных обозначений:

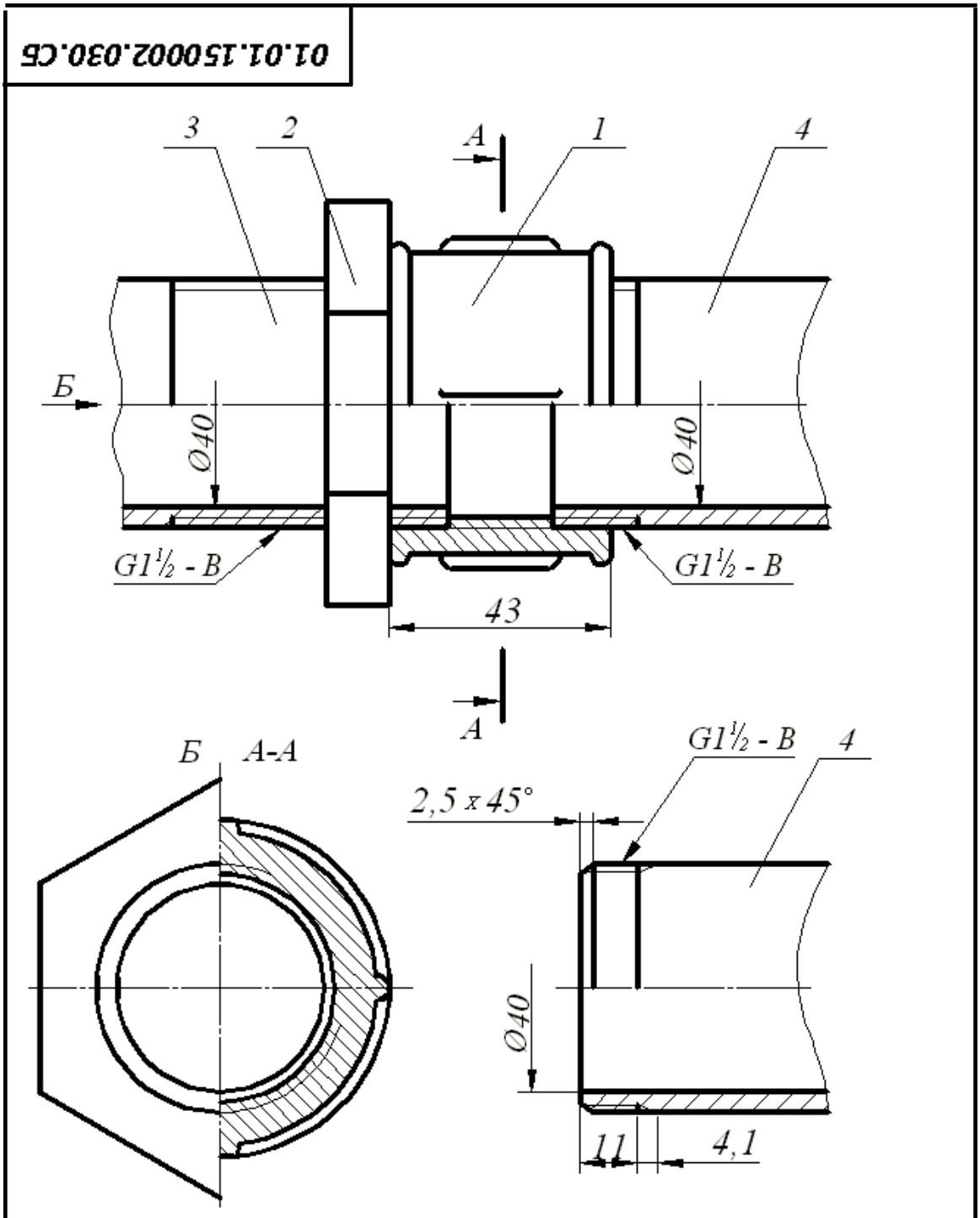
1. Контргайка без покрытия с D_y=40 мм:

   Контргайка 40 ГОСТ 8961-75

2. Сгон с цинковым покрытием с D_y=40 мм

   Сгон Ц-40 ГОСТ 8969-75

Пример выполнения сборочного чертежа соединения труб муфтой показан на рис. 3.



Пример выполнения спецификации
по ГОСТ 2.108-68 на рис. 9

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

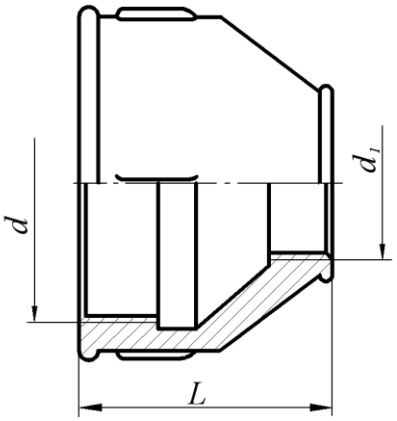
Рис. 3. Соединение труб муфтой

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой

Муфты переходные соединяют трубы с различными диаметрами условного прохода (ГОСТ 8957-75, табл. 7).

Таблица 7

Переходные муфты по ГОСТ 8957-75, мм



Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер	Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер
10×8	30	2	40×25	55	4
15×8	36	2	40×32	55	4
15×10	36	2	50×15	65	6
20×8	39	2	50×20	65	6
20×10	39	2	50×25	65	6
20×15	39	2	50×32	65	6
25×10	45	4	50×40	65	6
25×15	45	4	65×32	74	6
25×20	45	4	65×40	74	6
32×10	50	4	65×50	74	6
32×15	50	4	80×40	80	6
32×20	50	4	80×50	80	6
32×25	50	4	80×65	80	6
40×15	55	4	100×50	94	6
40×20	55	4	100×65	94	6

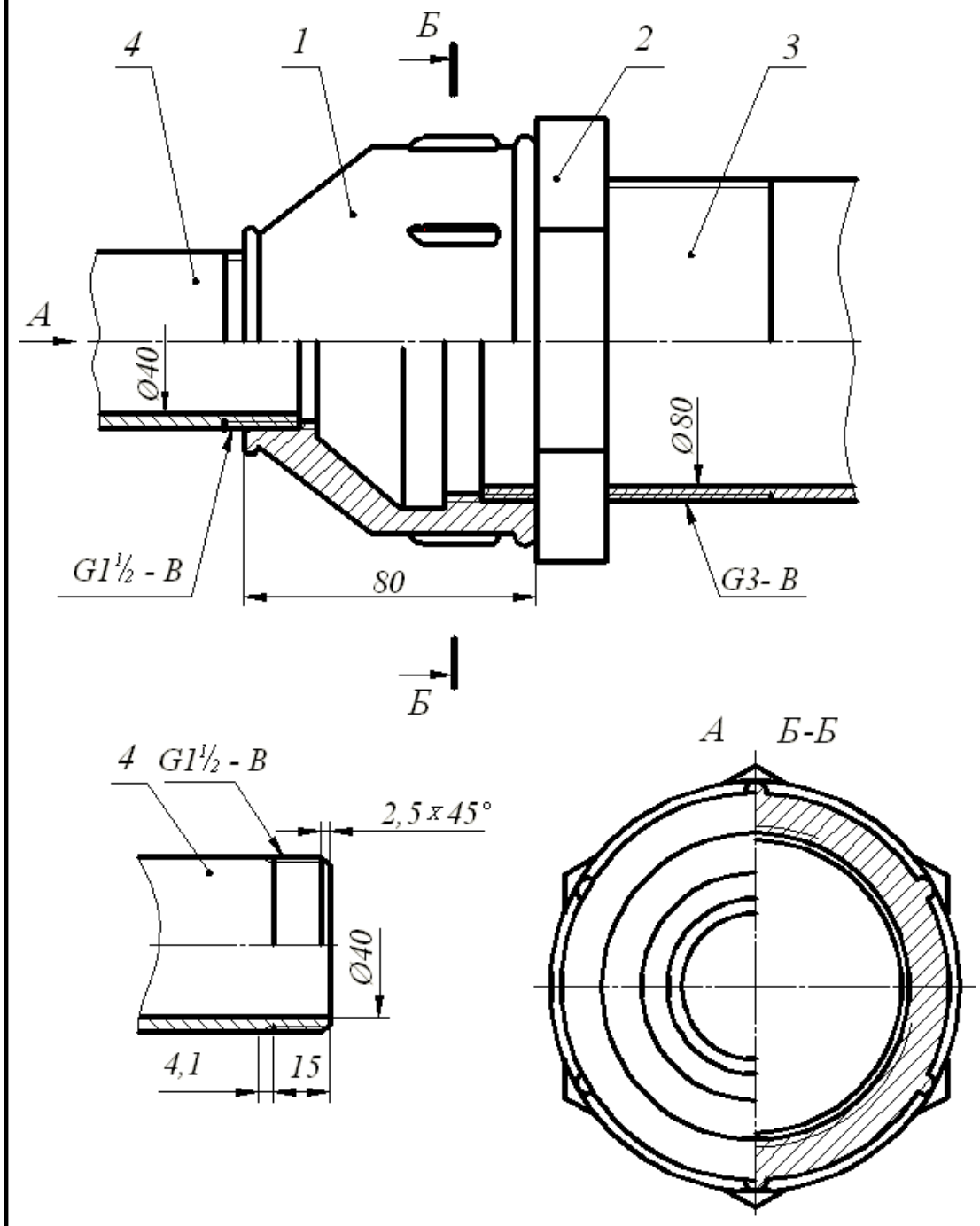
Примеры условных обозначений:

3. Муфта переходная без покрытия с D_y=15 мм на D_y=40 мм:

   Муфта 40×15 ГОСТ 8957-75

4. Муфта переходная с цинковым покрытием:

   Муфта Ц 40×15 ГОСТ 8957-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

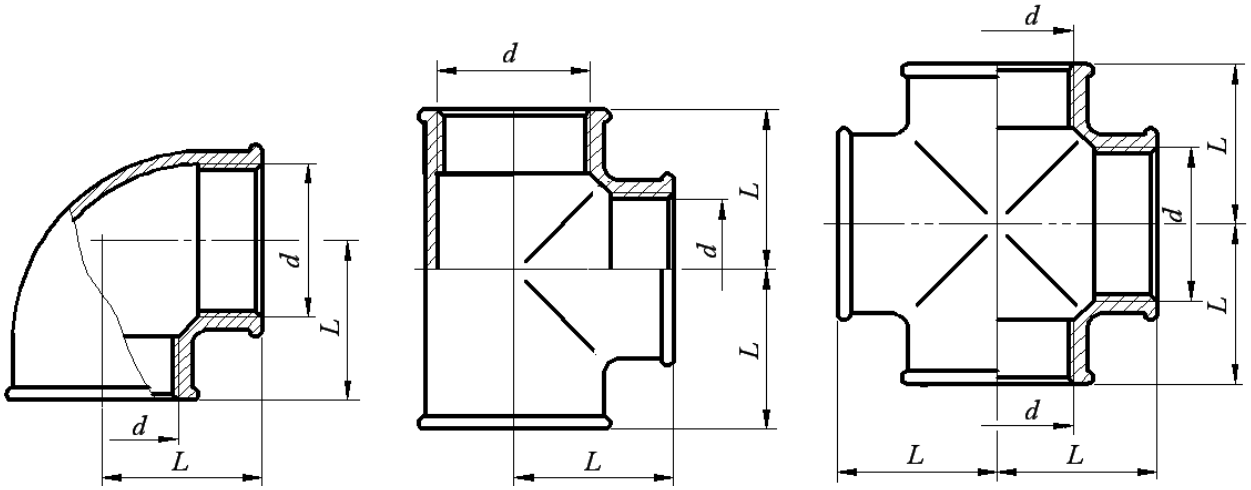
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 4. Соединение труб переходной муфтой

4.2. Соединения труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами

Прямые тройники, кресты и угольники в системах отопления, водо- и газопроводах служат для изменения направления потока жидкости или газа.

Проходные угольники (ГОСТ 8947-75) Прямые тройники (ГОСТ 8948-75) Прямые кресты (ГОСТ 8951-75)

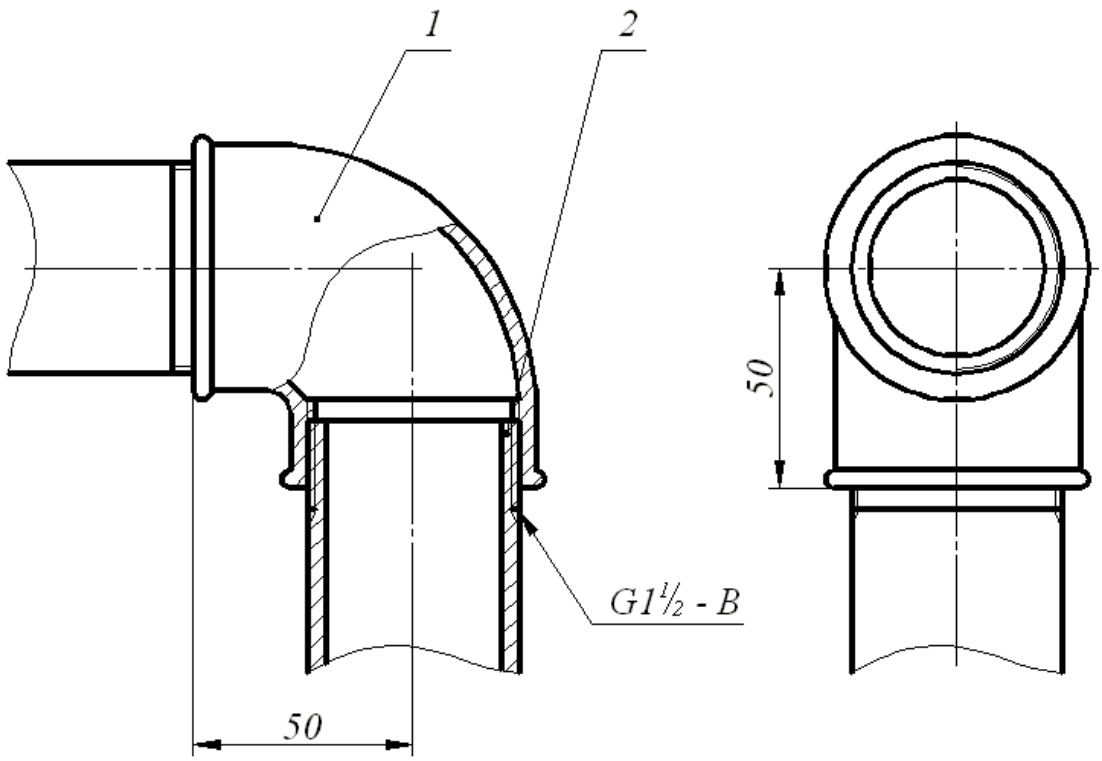


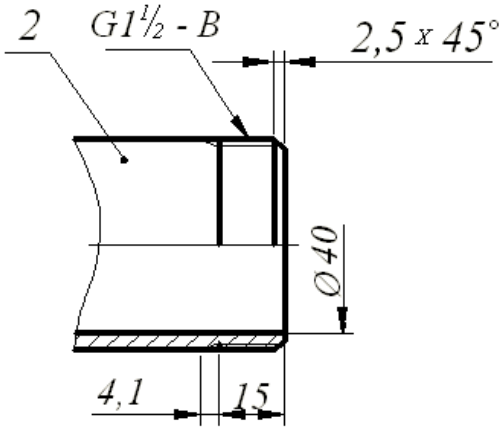
Условный проход $D_y \times D_{1y}$	Резьба	L, мм
8	$G1/4$-B	21
10	$G3/8$-B	25
15	$G1/2$-B	28
20	$G3/4$-B	33
25	$G1$-B	38
32	$G1\frac{1}{4}$-B	45
40	$G1\frac{1}{2}$-B	50
50	$G2$-B	58
65	$G2\frac{1}{2}$-B	69
80	$G3$-B	78
100	$G4$-B	96

Примеры условных обозначений:

1. Проходной угольник с углом 90° исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=20 мм:

   Угольник 90°-1-Ц-200 ГОСТ 8946-75;
2. Тройник 40 ГОСТ 8948-75;
3. Крест Ц-32 ГОСТ 8951-75.

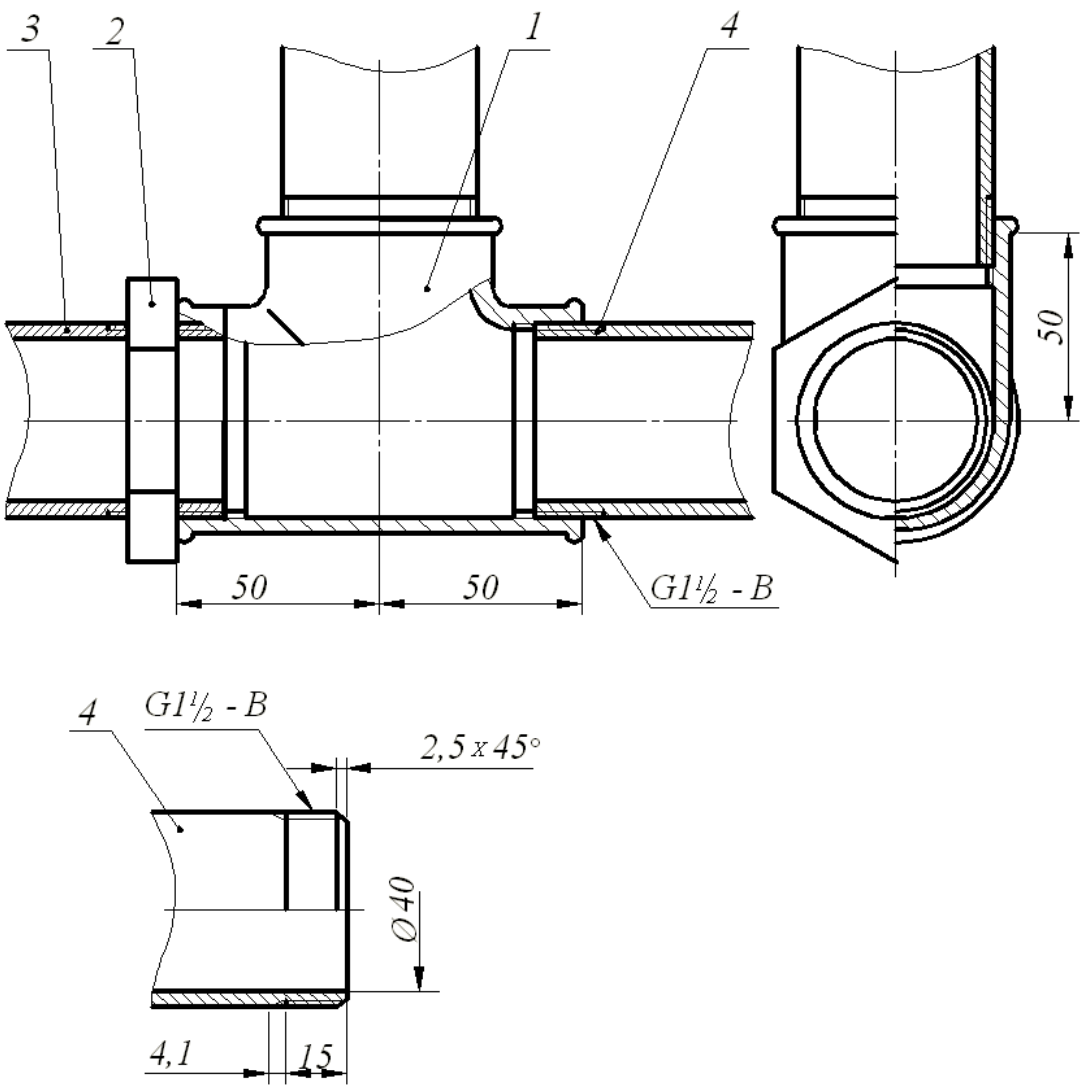




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

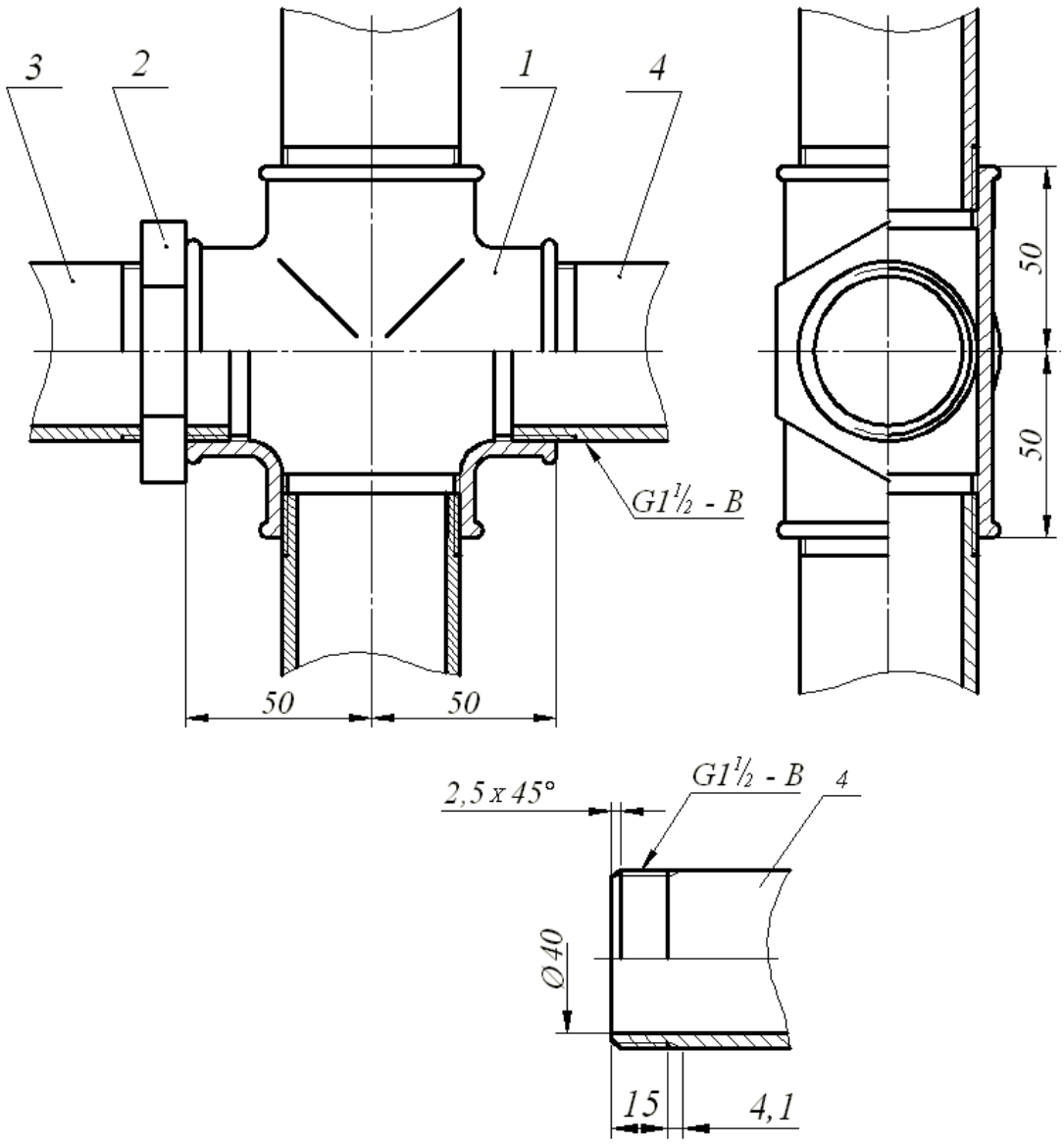
Рис. 5. Соединение труб проходным угольником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 6. Соединение труб прямым тройником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

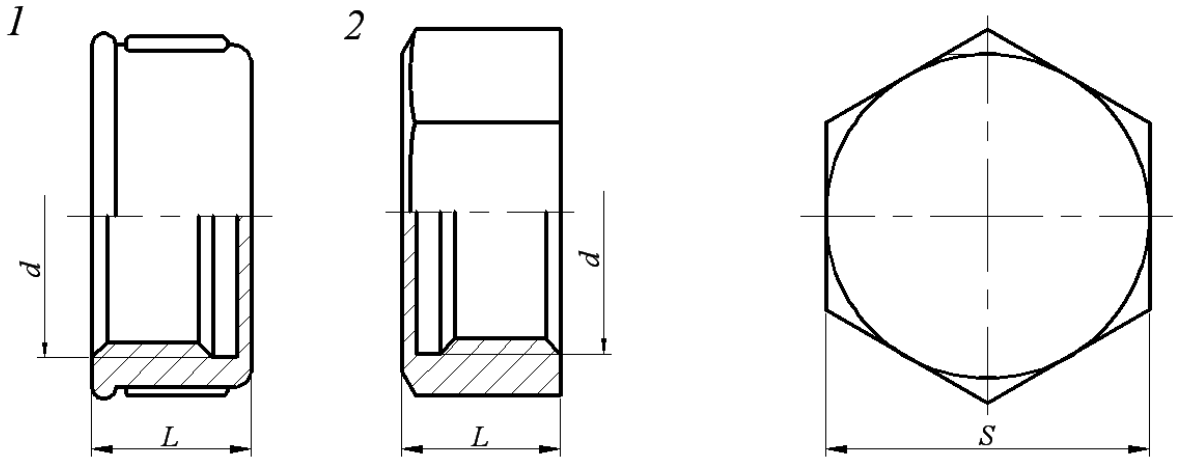
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 7. Соединение труб прямым крестом

4.3. Перекрытие трубы колпаком

Для перекрытия трубы используют колпаки двух исполнений: с ребрами жесткости и с корпусом, имеющим форму шестигранной призмы под гаечный ключ. размеры проточек трубной цилиндрической резьбы определены ГОСТ 10549-80 (табл. 2).

Таблица 9



Условный проход	*L*		Число ребер	*S*
	Исполнение			
	1	2		
8	15	15	2	10
10	17	17	2	22
15	19	19	2	27
20	22	22	2	32
25	24	24	4	41
32	27	27	4	50
40	27	27	4	55
50	32	32	6	70
65	-	35	-	85
80	-	38	-	100

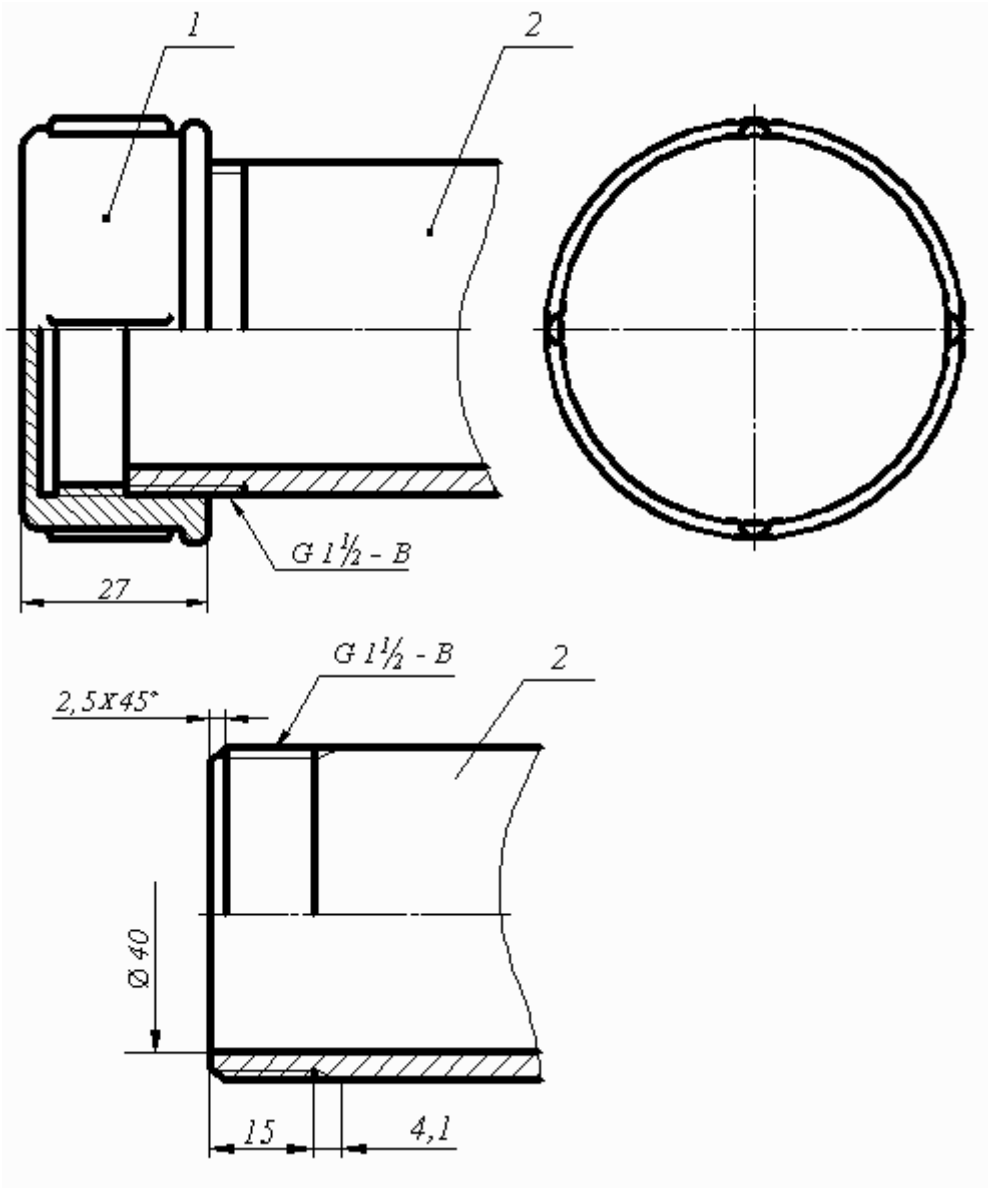
Примеры условных обозначений:

1. Колпак исполнения 2 без покрытия с D_y=40 мм:

   Колпак 2-40 ГОСТ 8962-75

2. Колпак исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=40 мм:

   Колпак 1-Ц-40 ГОСТ 8962-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 8. Перекрытие трубы колпаком

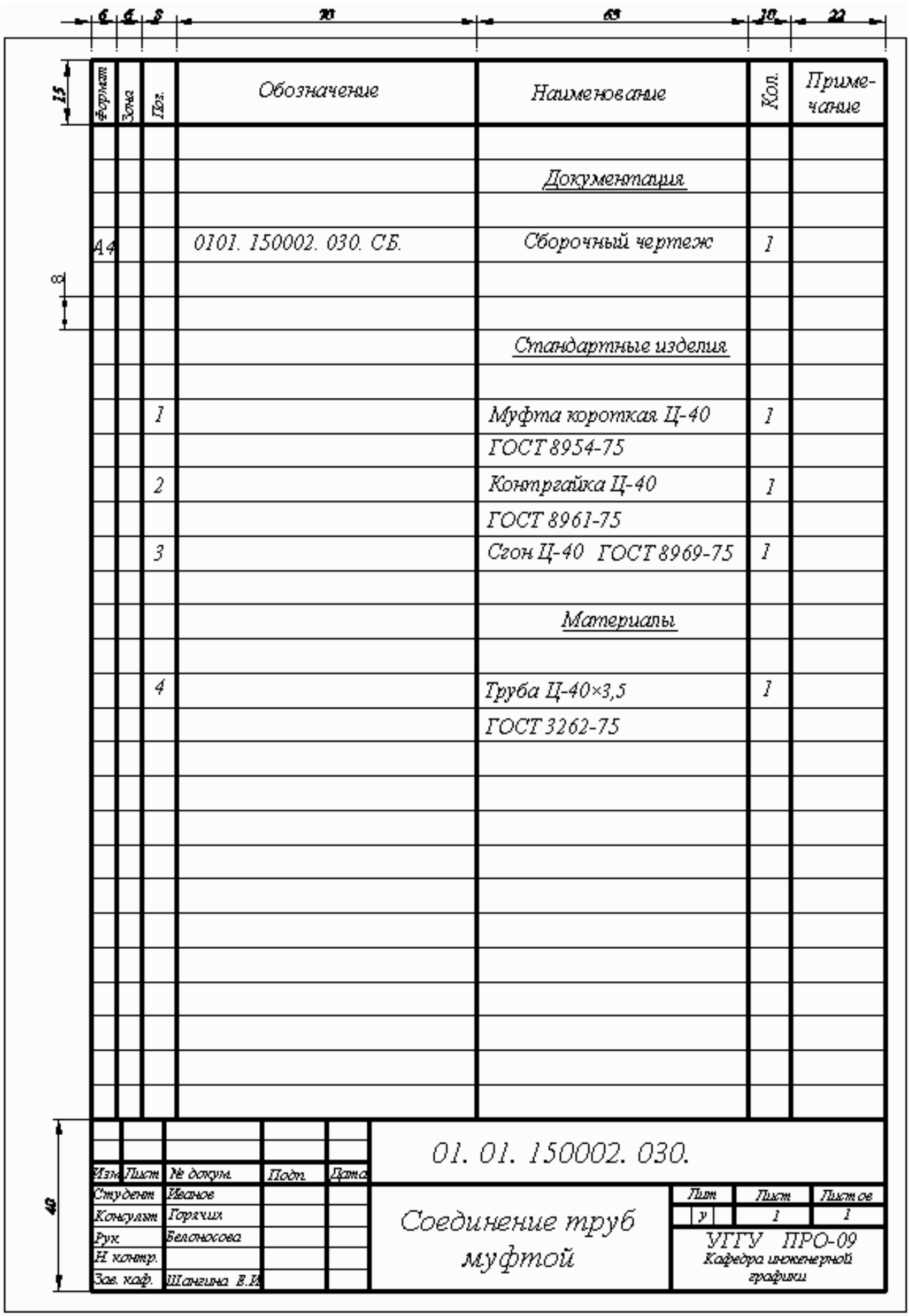


Рис. 9. Спецификация

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, - 2006 – 928 с.: ил.
2. ГОСТ 27148-86. Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры. Переиздание 23.06.2009
3. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 2000.
4. Талалай П. Г. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Интернет-тестирование базовых знаний: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: высшая школа , 2008 – 493 с.
6. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - – изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.

Дополнительная литература

7. Баева *Г. Г.* Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
8. Попова Г. Н., Алексеев С. Ю. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1994.

Учебное издание

Белоносова Ирина Борисовна

Методическое пособие
по курсу «Инженерная графика»
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для студентов всех специальностей»
«Изображение трубных резьбовых соединений»

4-е издание, стереотипное

Редактор *Л. Н. Авдеева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,3 Уч. - изд. л. 1,11. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет



Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического
факультета
«__»_____2018 г.
Председатель комиссии
_____К. В. Кокарев

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

4-е издание, исправленное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Б 43 Рецензент: *Л. Г. Тимофеева*, доцент Уральского государственного лесотехнического университета.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 15._02.2018 года (протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Белоносова И. Б.

Б 43 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. РЕЗЬБА. Методическое пособие по теме «Условности машиностроительного черчения» для самостоятельной работы студентов всех специальностей и направлений. 4-е издание, исправленное / И. Б. Белоносова; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 38 с.

В методическом пособии содержатся исходные данные для индивидуальных заданий, примеры их выполнения, а также основные сведения о резьбах, применяемых в машиностроении, параметрах и технологических элементах резьб в соответствии с Государственными стандартами.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и направлений.

© Белоносова И. Б., 1994, 2002, 2012
© Уральская государственная горно-геологическая академия 1994, 2002.
© Уральский государственный горный университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82) 3
ТИПЫ РЕЗЬБ 5
Метрическая резьба 6
Трубная цилиндрическая резьба 7
2.3.Трапецеидальная резьба 9
2.4.Упорная резьба 10
2.5.Прямоугольная и квадратная резьбы 12
Изображение резьбы 13
Изображение наружной резьбы 13
Изображение внутренней резьбы 14
Изображение специальных резьб 15
Изображение резьбового соединения 15
ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ 16
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ 17
Сбег резьбы 17
Недовод резьбы 18
Недорез резьбы 18
Фаска 18
Проточка 19
6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ» 20
Цель задания 20
Содержание задания 20
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 24
Конец вала с метрической резьбой на стержне 24
Конец вала с метрической резьбой в отверстии 27
Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне 28
Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии 30
Конец вала с упорной резьбой в отверстии 31
Изображение шпоночного паза 32
Примеры оформления задания 33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 37

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении. Они обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, удобство сборки и разборки, простота изготовления.

1. РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82)

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

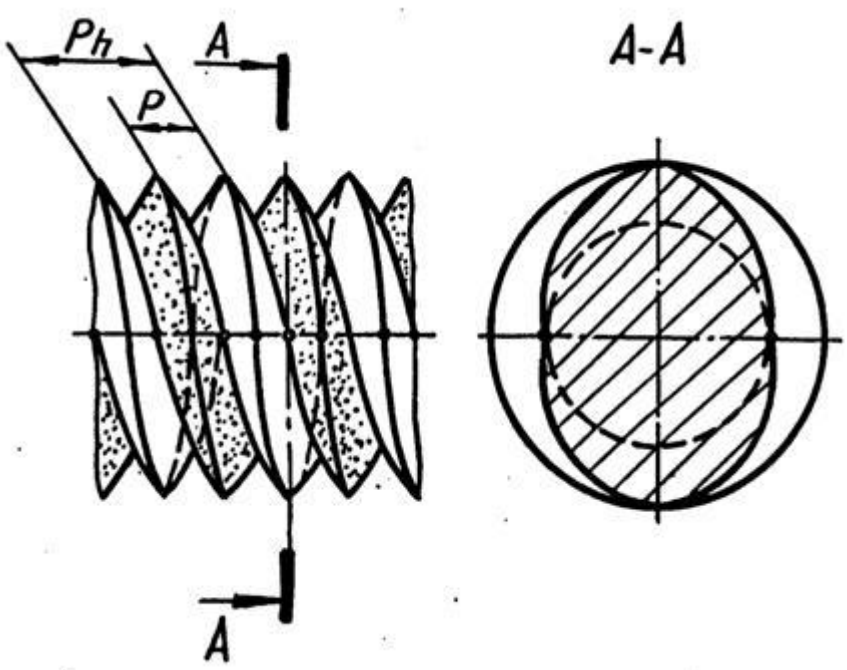


Рис. 1

Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, они подразделяются на цилиндрические и конические.

2. В зависимости от расположения резьбы на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на внешние и внутренние.

3. В зависимости от формы профиля различают резьбы треугольного, прямоугольного, круглого и других профилей.

4. По эксплуатационному назначению резьбы делятся на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходо-вые (трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые), специальные и др.

5. В зависимости от направления винтовой поверхности различают правые и левые резьбы.

6. По числу заходов резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные (двух-трехзаходные) и др.

Все резьбы разделяют на следующие группы:

- стандартизованные – резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром;
- нестандартизованные или специальные – резьбы, параметры которых не соответствуют стандартизованным.

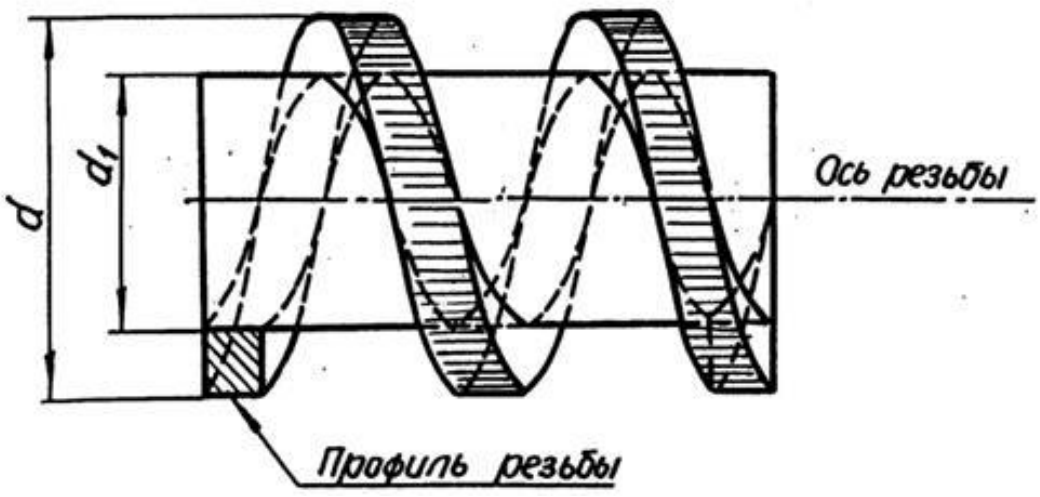


Рис. 2

Основные элементы и параметры резьб имеют следующие определения. **Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение контура, образующего резьбу (рис. 2).

Профиль резьбы – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось. Резьбу называют по форме ее профиля: треугольной, прямоугольной, трапецеидальной и т. п.

Левая резьба – образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. К обозначению левых резьб добавляется «*LH*».

Правая резьба – образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

Шаг резьбы (P) **–** расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы (рис. 1).

Х**од резьбы** (P_h) - расстояние между ближайшими одноименными и боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

Наружный диаметр резьбы (d – для болта, D – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы (рис. 2).

Внутренний диаметр резьб ы (d_1 – для болта, D_1 – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

2. ТИПЫ РЕЗЬБ

В машино- и приборостроении применяются стандартные резьбы различных типов.

2 . 1 . Метрическая резьба

Профиль метрической резьбы представляет собой равнобедренный треугольник с углом при вершине 60 . Вершины и впадины витков имеют срез, благодаря которому между вершинами витков болта и впадинами гайки оставляется некоторый зазор, который предотвращает заклинивание.

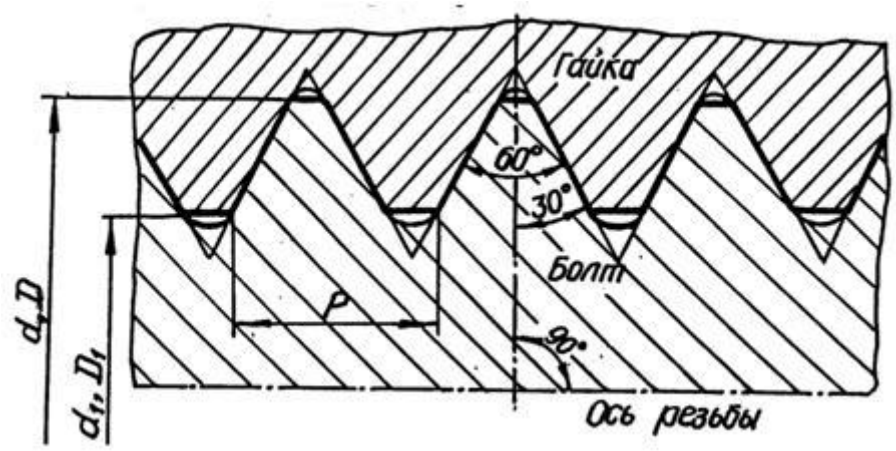


Рис. 3

Размеры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм установлены по ГОСТ 8724-81 и 9150-81. Диаметры резьб разделены на три ряда, а шаги на крупные и мелкие. Крупным называют наибольший из шагов для номинального размера диаметра резьбы. Метрические резьбы с крупным шагом установлены для диаметров от 1 до 63 мм; метрические резьбы с мелкими шагами - для диаметров от 1 до 600 мм.

Резьба с крупным шагом обозначается прописной буквой *M* и номинальным диаметром, например: *M*24, *M*36.

Резьба с мелким шагом обозначается прописной буквой *M*, номинальным диаметром и шагом, например: *M*24 2, *M*36 2.

Резьба левая обозначается буквами *LH*, например: *M*24 *LH*, *M*24 2*LH*. Резьбы многозаходные обозначаются буквой *M*, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой *P*, и числовым значением шага, например: трехзаходная резьба с шагом 2 мм *M*36 3(*P*2), для левой резьбы *M*36 3(*P*2)*LH*.

Согласно ГОСТ 16093-81 система допусков резьб общего назначения предусматривает допуски диаметров резьб, устанавливаемые степенями точно-сти:

для наружного диаметра наружной резьбы (болта) – 4, 6, 8;

для внутреннего диаметра внутренней резьбы (гайки) – 4, 5, 6, 7, 8; Положение полей допусков диаметров резьбы имеют следующие обозна

чения:

для резьбы болтов – *d*, *e*, *f*, *d*, *h*;

для резьбы гаек – *E*, *F*, *G*, *H*.

Примеры обозначения резьбы номинальным диаметром 20 мм с обозна-чением полей допусков:

*M*20-6*g* - с крупным шагом, наружная;

*M*20-6*H* - с крупным шагом, внутренняя;

*M*20 2-6*g* - с мелким шагом, внутренняя;

*M*20 2*LH*-6*g* - с мелким шагом, наружная, левая.

Посадка обозначается дробью: числитель – поле допуска внутренней

резьбы, знаменатель - поле допуска наружной, например: *M*20 2*LH*-6*H*/6*g*.

Для покупных крепежных изделий рекомендуется применять следующие значения полей допуска: для гайки – 6*H*, 7*H* и для болта - 6*g*, 8*g*.

2 . 2 . Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу (ГОСТ 6357-81) применяют в трубо-проводах, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наруж-ной конической резьбой.

Профилем трубной резьбы (рис. 4) является равнобедренный треугольник

с углом при вершине 55 и закругленными вершинами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьбы совпадают, что обеспечивает герметичность в соединениях этой резьбы.

Характерные особенности трубной цилиндрической резьбы:

- резьба имеет более мелкий шаг и меньшую высоту профиля по сравнению с дюймовой цилиндрической резьбой;

- фактический наружный диаметр резьбы большего его номинального значения примерно на двойную толщину стенок трубы;

- номинальный наружный диаметр резьбы условно принимают равным внутреннему диаметру трубы, на которой нарезается резьба (рис. 5).

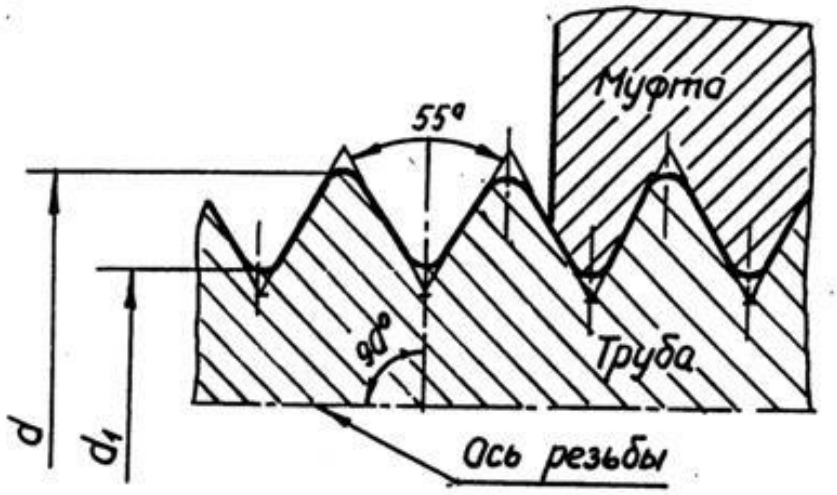


Рис. 4

Трубную резьбу условно обозначают в дюймах (1 =25,4 мм), указываю-щих (приближенно) величину диаметра отверстия трубы, который называют диаметром условного прохода трубы и обозначают *Dy*.

Трубную цилиндрическую резьбу нарезают на трубах до 6 . Трубы свыше 6 сваривают.

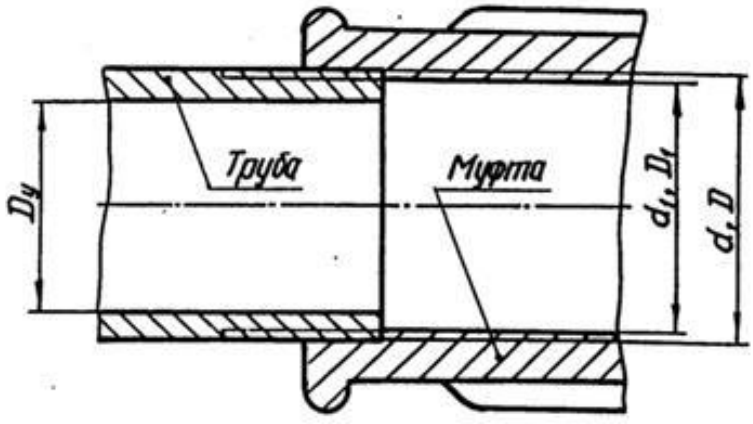


Рис. 5

Обозначение трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 6357-81 состоит из буквы G, номинального размера резьбы в дюймах и класса точности изготовления резьбы. Для трубной цилиндрической резьбы установлены два класса точности – А и В., например:

- резьба класса точности А: G1 – А;

- резьба левая (*LH*) класса точности *B*: *G*3*LH* – *B*;

- резьбовое соединение при классах точности внутренней резьбы *A*, наружной *B*: *G*3 – А/*B*.

2 . 3 . Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба по ГОСТ 9484-81 служит для передачи движений и усилий. Трапецеидальная резьба применима для диаметров от 10 до 640 мм и может иметь шаги от 2 до 48 мм. Предусмотрено выполнение резьб одного и того же диаметра, но с различными шагами.

Трапецеидальная резьба имет профиль в виде равнобочной трепеции с углом между ее боковыми сторонами, равными 30 (рис. 6).

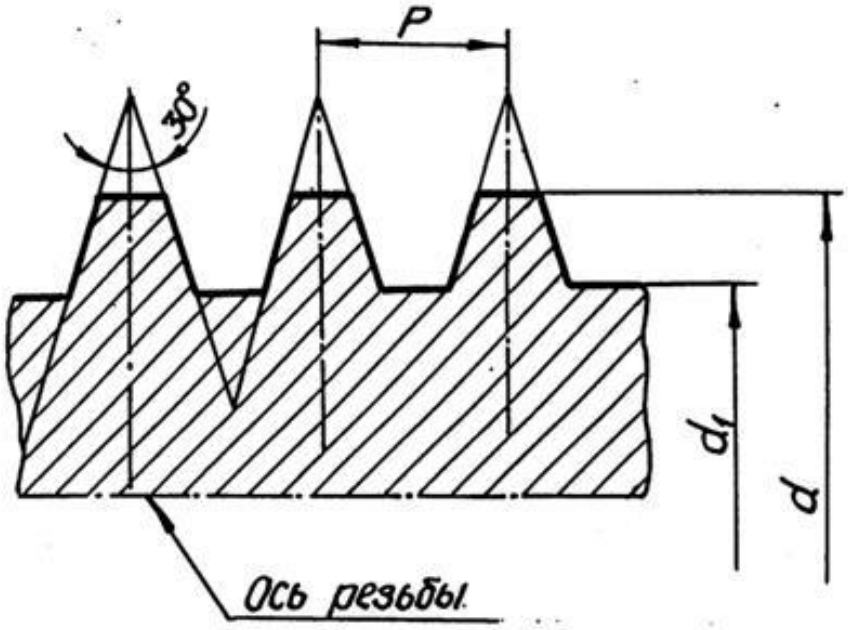


Рис. 6

Симметричный профиль резьбы позволяет применять ее для риверсивных винтовых механизмов. Одинаковые зазоры по наружному и внутреннему диа-метрам создают благоприятные условия для смазывания. Трапецеидальная резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой.

Номинальные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 24738-81.

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы включает буквы *Tr*, номинальный диаметр и шаг, а также буквы *LH* для левой резьбы, например, *Tr*40 3*LH*.

Основные размеры и допуски резьбы трапецеидальной многозаходной устанавливает ГОСТ 24739-81.

Условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы содержит буквы *Tr*, номинальный диаметр, числовое значение хода и в скобках буква Р с числовым значением шага, например, *Tr*20 4(P2)*LH*.

В производственных чертежах в обозначение резьбы обязательно вклю-чают обозначение поля допуска, состоящее из цифры, показывающей степень точности среднего диаметра резьбы и буквы латинского алфавита, обозначаю-щей основное отклонение этого диаметра, например, *Tr*20 4(P2)*LH*-8*H*/8*e*.

2 . 4 . Упорная резьба

Упорная резьба обладает высокой прочностью и высоким КПД. Она применяется в грузовых винтах для передачи больших усилий, действующих в од-ном направлении в мощных домкратах, прессах и т. д.

Профиль резьбы (рис. 7) представляет собой трапецию, одна сторона которой является рабочей стороной профиля, и ее положение определяется углом наклона 3 . Другая сторона трапеции (нерабочая сторона профиля) имеет угол наклона 30 .

Профиль и параметры упорной резьбы предусматривает ГОСТ 10177-82. Для упорной резьбы предусмотрены номинальные диаметры резьбы от 10 до

640 мм, резьба может выполняться с разными шагами при одном и том же диаметре.

На чертеже упорная резьбы обозначается буквой S, номинальным диаметром и шагом, например: резьба упорная левая, имеющая номинальный диаметр 80 мм и шаг 16 мм – *S*80 16 *LH*.

В прессостроении применяется также упорная резьба, профиль которой представляет собой неравнобочную трапецию с углом рабочей стороны 0 и нерабочей – 45 . Усиленная упорная резьба предусмотрена для диаметров от 80

до 2000 мм.

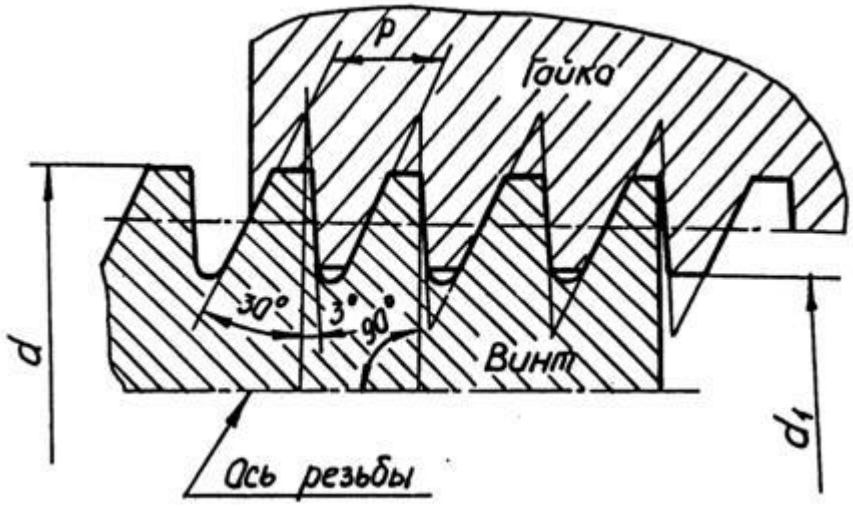


Рис. 7

2 . 5 . Прямоугольна я и квадратная резьбы

Прямоугольная и квадратная резьбы имеют высокий КПД и дают большой выигрыш в силе, поэтому они применяются для передачи осевых усилий в грузовых винтах и движения в ходовых винтах.

Прямоугольная и квадратная резьбы не стандартизованы, так как имеют следующие недостатки:

- в соединении (типа «болт – гайка») трудно устроить биение;

- они обладают прочностью меньшей, чем трапецеидальная резьба, так как основание витка у трапецеидальной резьбы при одном и том же шаге шире,

чем у прямоугольной или квадратной резьб;

- их труднее изготовить, чем трапецеидальную.

В соответственных соединениях эти резьбы заменены трапецеидальными. При изображении этих резьб обязательно указывают ее профиль и разме-

ры (рис. 8). Диаметр резьбы предпочтительно выбирать из ряда номинальных диаметров метрической резьбы.

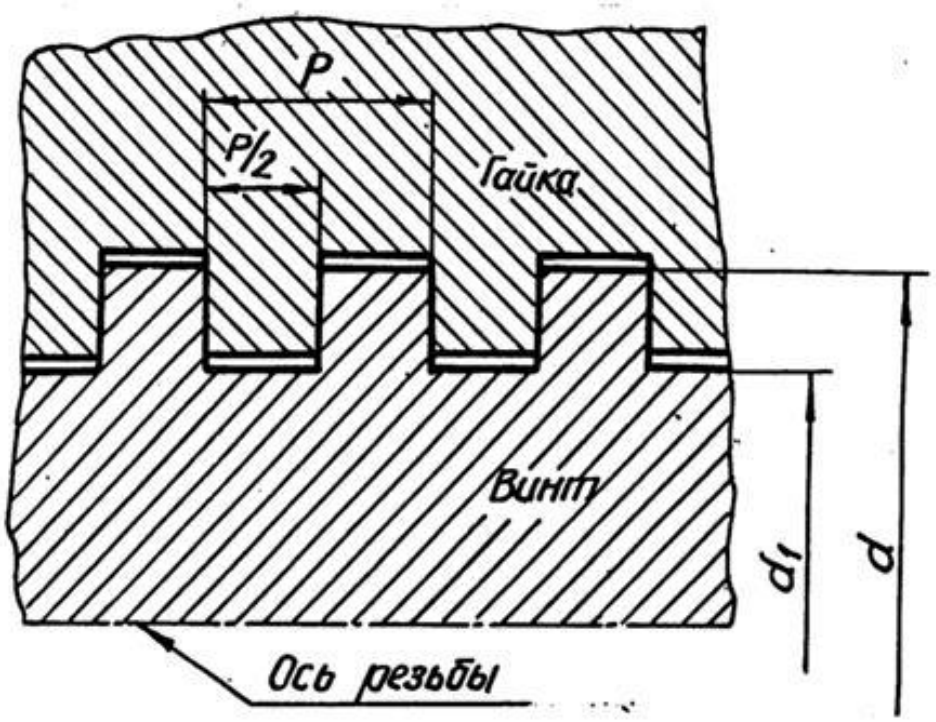


Рис.8

3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Все резьбы, независимо от их типа, изображаются на чертежах условно в соответствии с ГОСТ 2.311-68.

Основная условность заключается в проведении сплошной толстой линии вместо выступов резьбы и тонкой сплошной линии вместо впадин; витки резьбы не изображаются. Границу резьбы упрощенно изображают прямой, перпендикулярной к оси изображения; эта прямая, если она видимая, выполняется сплошной толстой линией.

3 . 1 . Изображение наружной резьбы

Изображение резьбы содержит линии, соответствующие: оси резьбы, наружному и внутреннему диаметрам резьбы и границе резьбы. Резьбу на стерж-не изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резь-бы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру (рис. 9).

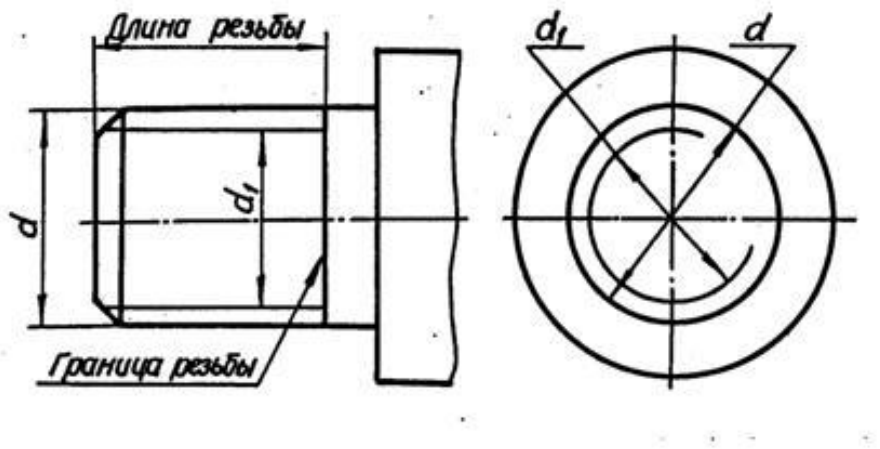


Рис.9

При изображении на плоскости, параллельной оси резьбы, тонкая линия должна пересекать границу фаски на конце стержня и доходить до сплошной линии, ограничивающей резьбу.

При изображении резьбы на плоскости, перпендикулярной к оси резьбы. тонкую линию окружности внутреннего диаметра резьбы проводят в виде дуги, примерно равной ¾ этой окружности. Разрыв окружности допускается делать в любом месте. Расстояние между сплошной и тонкой линиями обычно принимают равным не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Не принято на этом виде показывать фаску, а также начинать и кончать тонкую линию на центровых (осевых линиях).

3. 2. Изображение внутренней резьбы

Резьбу в отверстии изображают в плоскости разреза сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На виде, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси резьбы, наружный диаметр резьбы изображают сплошной тонкой линией, приблизительно равной ¾ окружности, разомкнутой в любом месте.

Штриховку на разрезах и сечениях наносят до сплошных основных линий, соответствующих внутреннему диаметру резьбы в отверстии или наружному диаметру резьбы на стержне.

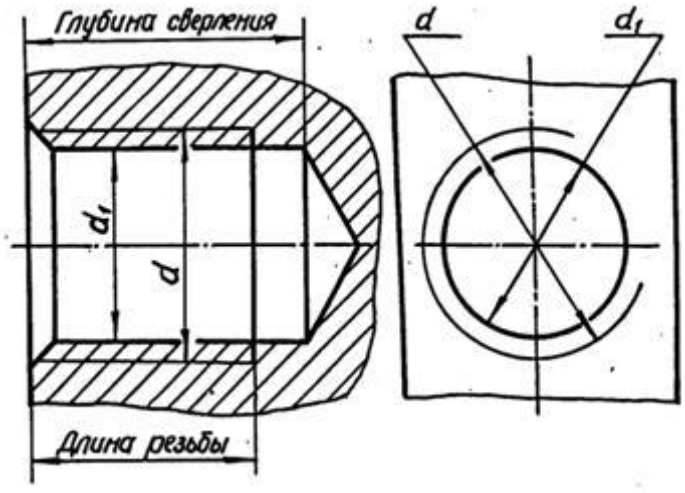


Рис. 10

3 . 3 . Изображение специальных резьб

При изображении резьб нестандартного профиля обязательно выявлять профиль резьбы либо с помощью местного разреза, либо – выносного элемента, указывая все необходимые размеры (наружный и внутренний диаметр резьбы, ширину впадины и шаг резьбы), а также и дополнительные данные: число захо-дов для многозаходной резьбы, направление для левой резьбы (рис. 11).

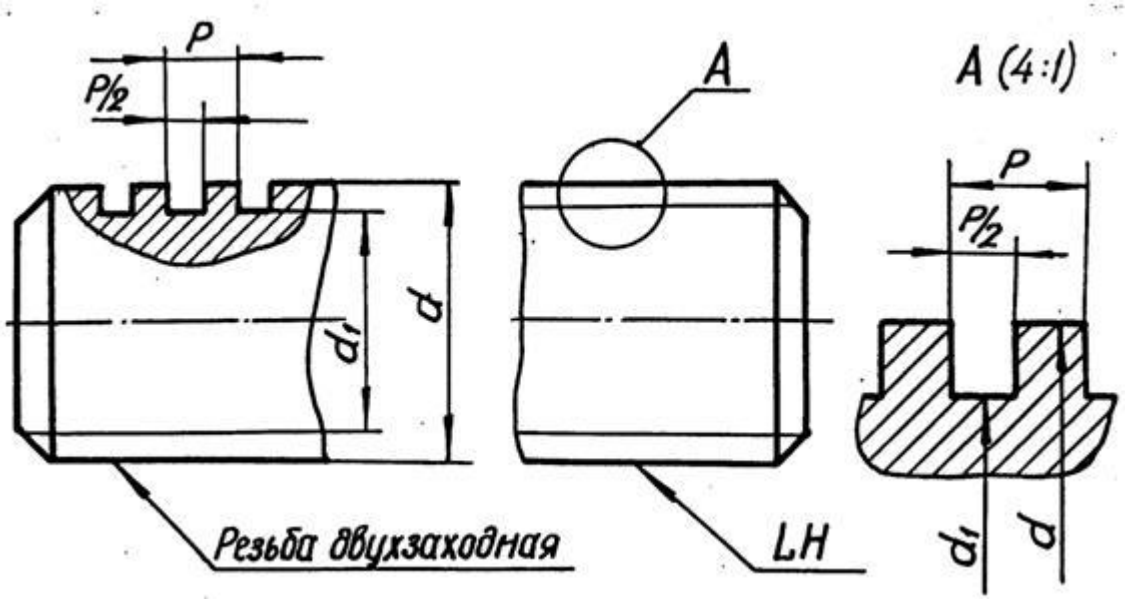


Рис. 11

3 . 4 . Изображение резьбового соединения

На разрезах резьбового соединения наружный диаметр стержня изображают сплошной основной линией, а внутренний диаметр резьбы – сплошной тонкой линией. В отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 12).

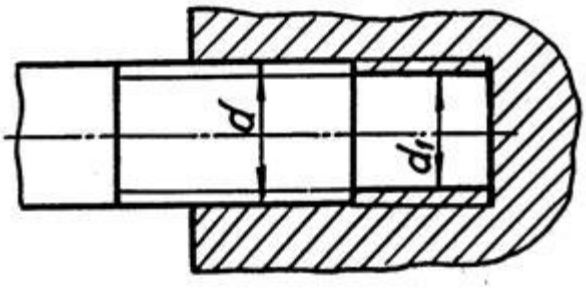
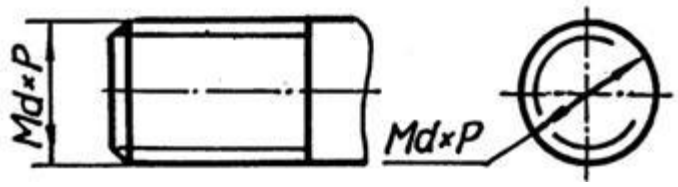
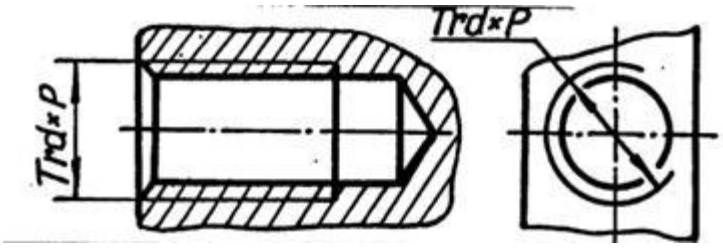
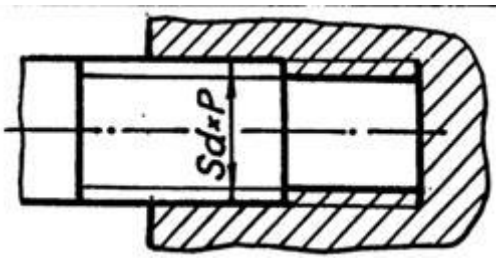
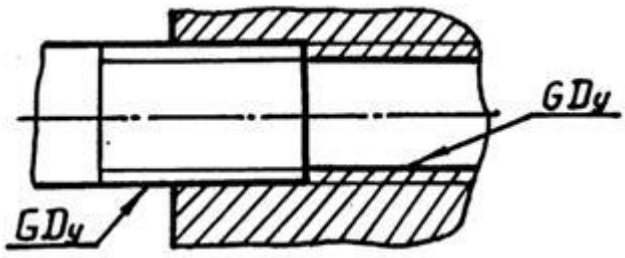


Рис. 12

4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ

Обозначение стандартных резьб указывают по соответствующим нормативным документам. Условные обозначения резьб рассмотрены в гл. 2. Обозначение резьб на чертежах относят к ее наружному диаметру за исключением трубной и конической резьб, которые обозначают на линиях-выносках, оканчивающихся стрелкой. Стрелку проводят от контура резьбы (сплошной основной линии) (табл. 1).

Таблица 1

Типы резьб	Обозначение
Метрическая	
Трапецеидальная	
Упорная	
Трубная резьба цилиндрическая	

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ

В зависимости от условий и характера производства выполнение резьбы может осуществляться различными способами и инструментами. Для нарезания наружной резьбы применяется плашка, диаметр которой определяется диаметром и шагом резьбы. Метчик применяется для нарезания внутренней резьбы. Часто резьба нарезается на токарных или револьверных станках при помощи резца, заточенного в соответствии с профилем нарезаемой резьбы.

Резьбы имеют технологические элементы, связанные с выходом режущего инструмента из тела детали, к которым относятся: сбег, недорез, проточка и фаска. Технологические параметры резьбы зависят от угла заборной части резьбонарезающего инструмента и шага резьбы (параметры трубной цилиндрической резьбы зависят от диаметра условного прохода резьбы) и соответствуют ГОСТ 27148-86.

5 . 1 . Сбег резьбы

Заборный участок плашки оставляет на стержне резьбу с постепенно уменьшающимся профилем. Длина участка неполноценной резьбы в конце резьбовой части детали, где глубина ее сходит на нет, называется сбегом резь-бы. Сбег резьбы изображают сплошными тонкими линиями (рис. 13). Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега, но его учитывают при конструировании деталей.

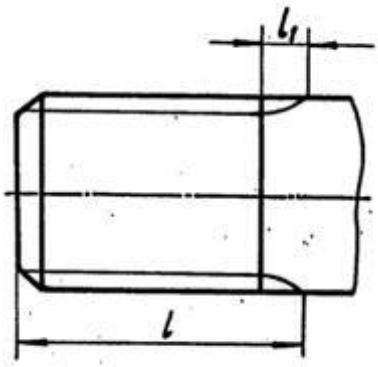


Рис. 13

5 . 2 . Недовод резьбы

В случае, когда вырезаемая часть стержня ограничивается опорной по-верхностью (буртиком, головкой, заплечником), при нарезании резьбы плашка во избежание поломки, обычно не доводится до упора в эту поверхность. Вели-чина ненарезанной части детали между концом сбега резьбы и упорной поверх-ностью называется недоводом резьбы. Недовод зависит от шага резьбы; он не больше двух шагов, а для внутренней – не более трех шагов.

5 . 3 . Недорез резьбы

Длина участка детали, состоящая из недовода и сбега при нарезании резьбы в упор называется недорезом (рис. 14).

Численные значения сбега и недовода резьбы стандартизованы ГОСТ 27148-86. Рекомендуется принимать длину участка недореза равной примерно трем шагам, но не более 0,5 *d*, где *d* – размер номинального диаметра резьбы.

5 . 2 . Фаска

До нарезания резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняются фаски. Эти фаски представляют собой коническую поверхность, образующая которой составляет с осью резьбы угол 45 . Фаски упрощают процесс нареза-ния резьбы и облегчают соединение между собой резьбовых деталей.

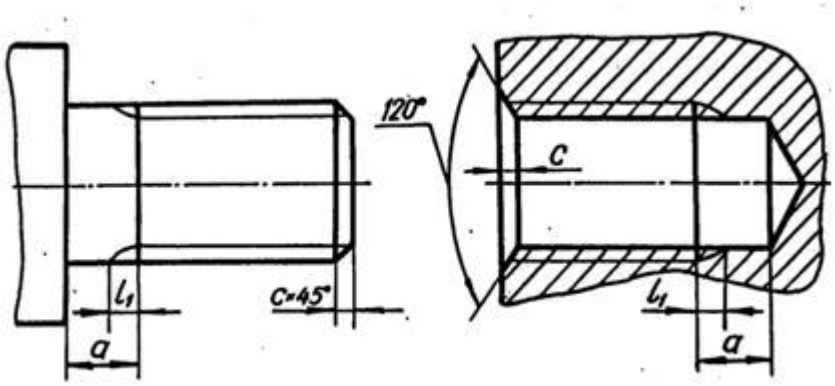


Рис. 14

5 . 5 . Проточка

С целью облегчения процесса нарезания резьбы обычно выполняются наружные или внутренние проточки для выхода резьбонарезающего инструмента. Если на участке сбега резьбы заранее вытачивается канавка, то при нарезании резьбы режущая часть инструмента выйдет в нее, и резьба на всем протяжении имеет полный профиль. Проточки могут иметь прямоугольный или полукруг-лый профиль.

Диаметр наружной проточки выполняется несколько меньшим внутреннего диаметра резьбы, диаметр же внутренней проточки выполняется несколь-ко большим наружного диаметра резьбы (рис. 15).

Форма и размеры наружных и внутренних проточек зависят от типа резь-бы и ее шага и устанавливаются ГОСТ 27148-86.

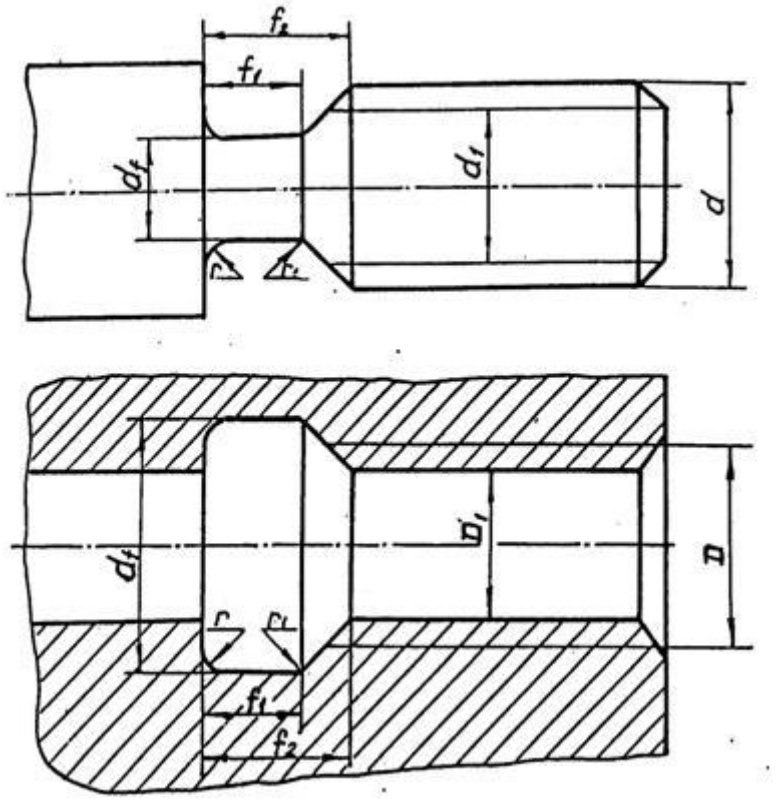


Рис. 15

6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ»

6 . 1 . Цель задания

Целью задания является изучение резьб, применяемых в машинострое-нии, условное изображение и обозначение резьбы и ее технологических эле-ментов. При изучении резьбы и выполнении задания студент должен приобре-сти навыки общения с государственными стандартами по данной теме.

6 . 2 . Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате Ф3 в масштабе 1:1. Вычертить вал в соответствии со своим вариантом, обозначив размеры технологических элементов резьб.

Выполнить сечение по шпоночному пазу.

Варианты заданий

Таблица 2

Номер варианта	Тип вала	Диаметр вала D_B	Левый конец вала			Правый конец вала		
			Тип резьбы	d	P	Тип резьбы	d	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	80	*M*	64	4,0	*S*	28	5,0
2	II	60	*Tr*	42	3,0	*M*	27	2,0
3	III	70	*M*	64	6,0	*Tr*	42	3,0
4	IV	26	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
5	I	60	*M*	42	4,0	*Tr*	48	3,0
6	II	63	*M*	30	3,5	*Tr*	44	3,0
7	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	27	3,0
8	IV	27	*M*	27	3,0	*Tr*	42	3,0
9	I	63	*M*	42	3,0	*S*	20	2,0
10	II	70	*Tr*	48	3,0	*M*	36	4,0
11	III	73	*M*	64	4,0	*Tr*	48	3,0

Продолжение табл. 2

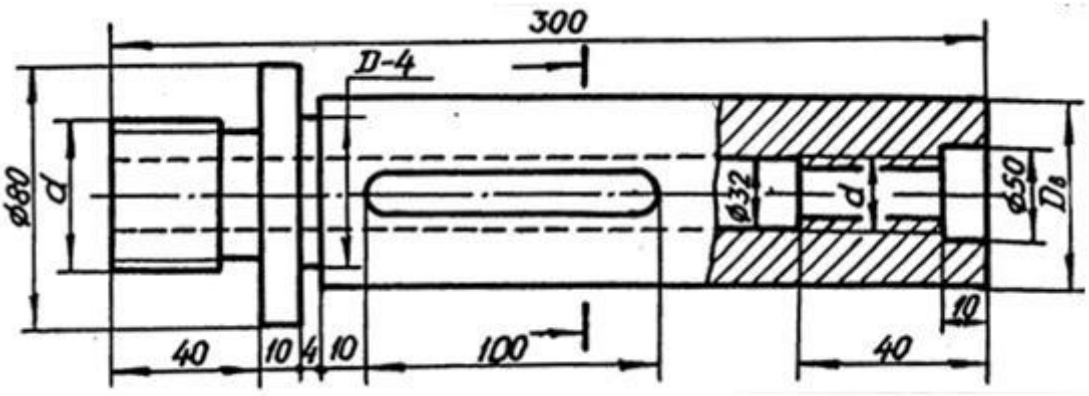
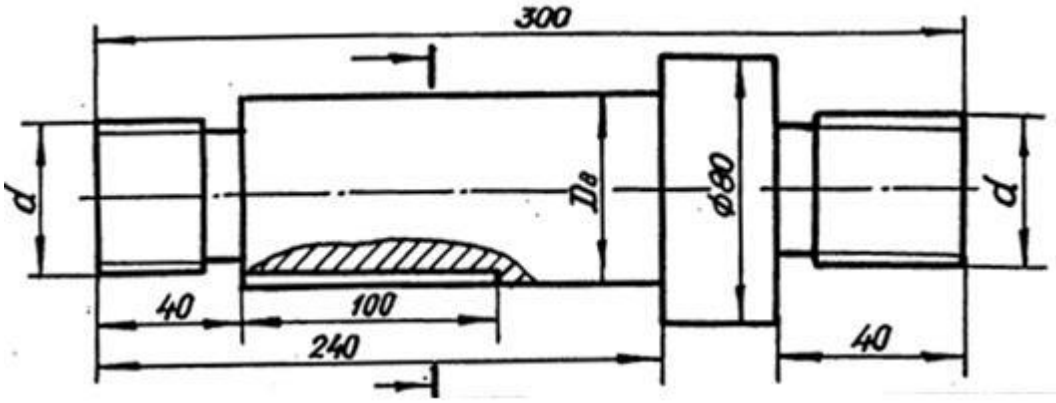
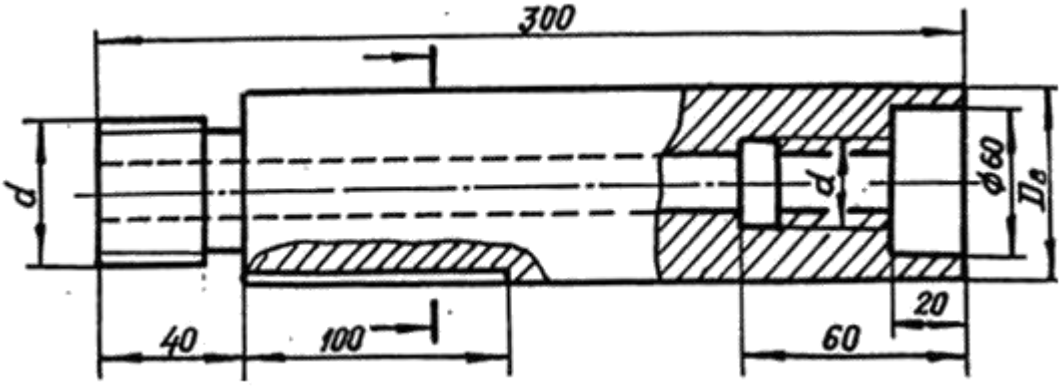
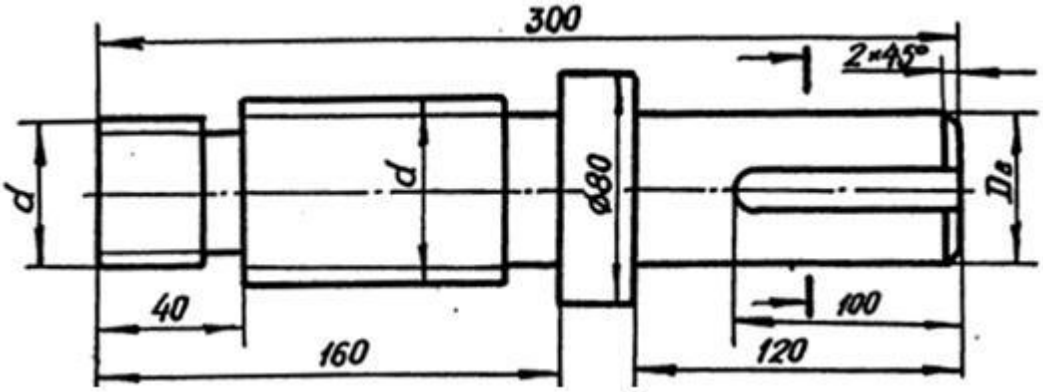
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	IV	30	*M*	30	3,5	*Tr*	42	3,0
13	I	70	*M*	64	3,0	*Tr*	24	2,0
14	II	60	*M*	48	2,0	*Tr*	40	3,0
15	III	75	*M*	60	4,0	*Tr*	42	3,0
16	IV	40	*M*	42	3,0	*Tr*	65	4,0
17	I	71	*M*	64	3,0	*Tr*	46	3,0
18	II	65	*Tr*	28	2,0	M	30	3,5
19	III	78	*M*	45	4,5	*Tr*	30	3,0
20	IV	28	*M*	24	2,0	*Tr*	44	3,0
21	I	73	*M*	52	5,0	*Tr*	28	2,0
22	II	67	*M*	42	3,0	*Tr*	30	3,0
23	III	80	*Tr*	50	3,0	*M*	24	3,0
24	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	46	3,0
25	I	75	*M*	48	3,0	*S*	22	2,0
26	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	48	3,0
27	III	82	*M*	56	5,5	*Tr*	40	3,0
28	IV	32	*M*	30	3,0	*Tr*	48	3,0
29	I	80	*M*	42	4,0	*Tr*	24	2,0
30	II	73	*M*	64	3,0	*Tr*	50	3,0
31	III	85	*Tr*	46	3,0	*M*	22	2,5
32	IV	28	*M*	24	1,5	*Tr*	40	3,0
33	I	85	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
34	II	80	*Tr*	42	3,0	*M*	33	2,0
35	III	70	*M*	39	1,5	*Tr*	24	2,0
36	IV	40	*M*	39	1,5	*Tr*	50	3,0
37	I	82	*M*	56	5,5	*Tr*	24	2,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
38	II	72	*M*	48	4,0	*Tr*	50	3,0
39	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	30	3,5
40	IV	36	*M*	42	2,0	*Tr*	52	3,0
41	I	63	*M*	48	2,0	*S*	26	5,0
42	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
43	III	73	*M*	48	3,0	*Tr*	28	2,0
44	IV	40	*M*	42	4,5	*Tr*	60	3,0
45	I	80	*M*	64	6,0	*Tr*	28	2,0
46	II	75	*M*	30	3,0	*Tr*	24	2,0
47	III	75	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
48	IV	28	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
49	I	65	*M*	42	3,0	*S*	26	2,0
50	II	80	*Tr*	55	3,0	*M*	39	4,0
51	III	78	*M*	64	4,0	*Tr*	44	3,0
52	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	42	3,0
53	I	67	*M*	48	5,0	*S*	26	2,0
54	II	82	*M*	48	2,0	*Tr*	65	4,0
55	III	80	*Tr*	52	3,0	*M*	36	4,0
56	IV	40	*M*	42	4,0	*Tr*	65	4,0
57	I	78	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
58	II	85	*Tr*	42	3,0	*M*	42	4,0
59	III	82	*M*	48	3,0	*S*	32	3,0
60	IV	36	*M*	30	1,5	*Tr*	44	3,0

Типы валов

Таблица 3

Тип вала	Исходный чертеж	
	Левый конец вала	Правый конец вала
I		
II		
III		
IV		

7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

7 . 1 . Конец вала с метрической резьбой на стержне

По заданию на конце вала необходимо изобразить метрическую резьбу с ее технологическими элементами и нанести размерную сетку (рис. 16). Приступая к вычерчиванию, рекомендуется необходимые размеры сводить в табл. 4, например, требуется изобразить метрическую резьбу с номинальным диаметром 36 мм и шагом 3 мм.

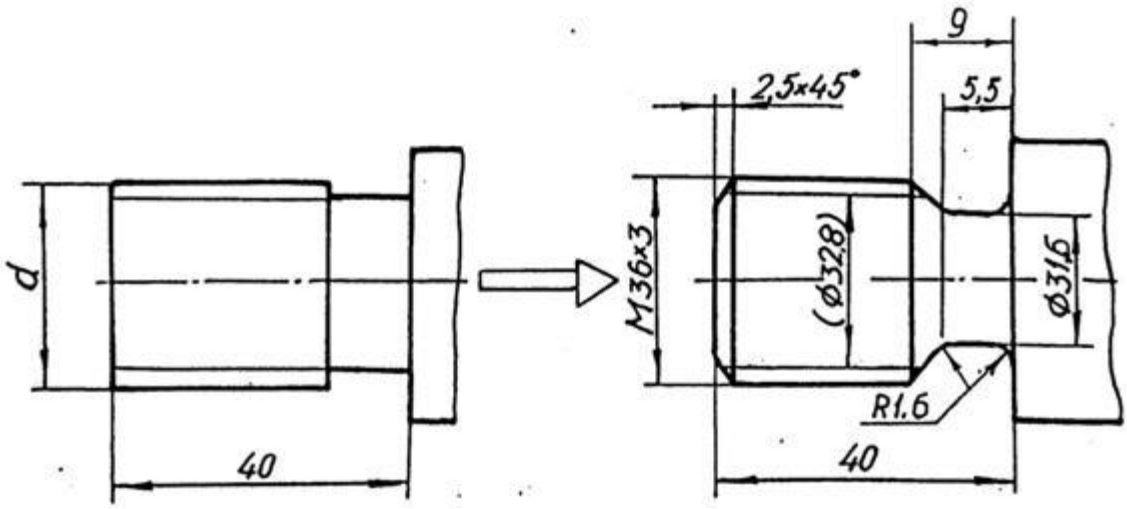


Рис. 16

Таблица 4

Размеры	Обозначение	Величина	Номер табл.	Стр.
Тип резьбы	*M*		2	20…22
Номинальный диаметр резьбы	*d*	36		
Шаг резьбы	*P*	3	2	
Вид шага		мелкий	5	
Внутренний диаметр резьбы	D_1	32,8	5	
Диаметр проточки	*d*	*d*-4.4	6	
Ширина проточки (нормальной)	f_1 min	5,2	6	
	f_2 max	9,0	6	
Радиусы скругления проточки	r	*P*: 2~1,6	6	
Высота фаски	c	2,5	6	

Таблица 5

Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы		Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы	
	наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$		наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$
с крупным шагом			с мелким шагом		
1	6	4,9	1,5	24	22,4
1,25	8	6,6		30	28,4
1,5	10	8,4		39	37,4
1,75	12	10,1	2	20	17,8
2	14	11,8		24	21,8
2	16	13,8		27	24,8
2,5	18	15,3		30	27,8
2,5	20	17,3		33	30,8
2,5	22	19,3		36	33,8
3	24	20,8		42	39,8
3	27	23,8		48	45,8
3,5	30	26,2		72	69,8
2,5	33	29,2	3	30	26,8
4	36	31,7		36	33,8
4	39	34,7		42	38,8
4,5	42	37,1		48	44,8
4,5	45	40,1		64	60,8
5	48	42,3	4		
5	52	46,6		42	37,7
5,5	56	50,0		48	43,7
5,5	60	54,0		64	59,7
6	64	57,5			
6	68	61,5			

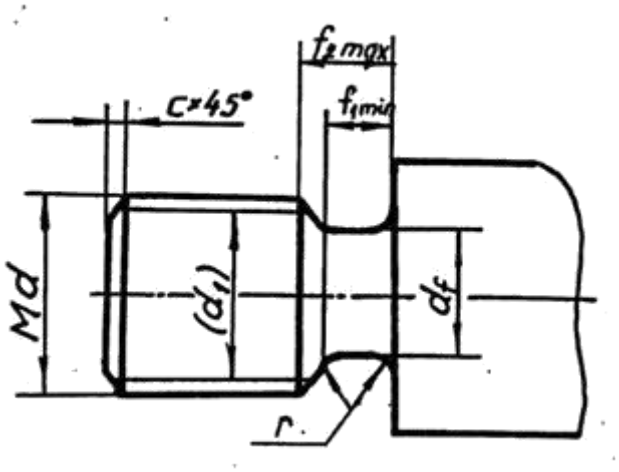


Таблица 6

Шаг резьбы	Номинальный диаметр резьбы с крупным шагом	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
			f_1min	f_2max	f_1min	f_2max		
1	6; 7	*d*-1,6	1,6	3,0	1,1	2,5	0,6	1,0
1,5	10	*d*-2,3	2,5	4,5	1,8	3,8	0,8	1,6
2	14; 16	*d*-3,0	3,4	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0
2,5	18; 20; 22	*d*-3,6	4,4	7,5	3,2	6,3	0,2	2,5
3	24; 27	*d*-4,4	5,2	9,0	3,7	7,5	1,6	2,5
3,5	30; 33	*d*-5,0	6,2	10,5	4,7	9,0	1,6	2,5
4	36; 39	*d*-5,7	7,0	12,0	5,0	10,0	2,0	3,0
4,5	42; 45	*d*-6,4	8,0	13,5	5,5	11,0	2,0	3,0
5	48; 52	*d*-7,0	9,0	15,0	6,5	12,5	2,5	4,0
5,5	56; 60	*d*-7,7	11,0	17,5	7,5	14,0	3,2	4,0
6	64; 68	*d*-8,3	11,0	18,0	8,0	15,0	3,2	4,0

7 . 2 . Конец вала с метрической резьбой в отверстии

При вычерчивании в отверстии метрической резьбы внутренний диаметр определяется по табл. 5, а размеры проточки – по табл. 7.

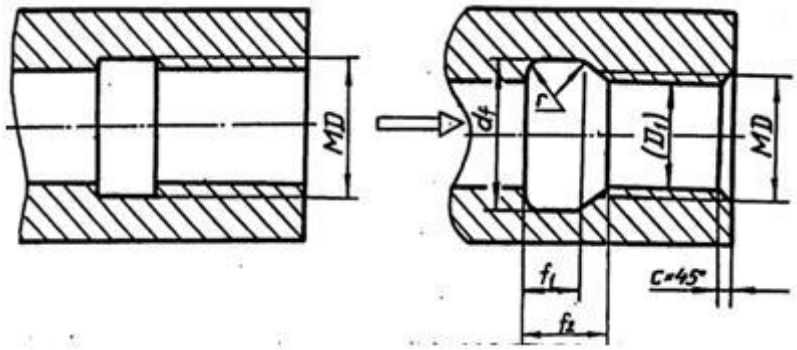
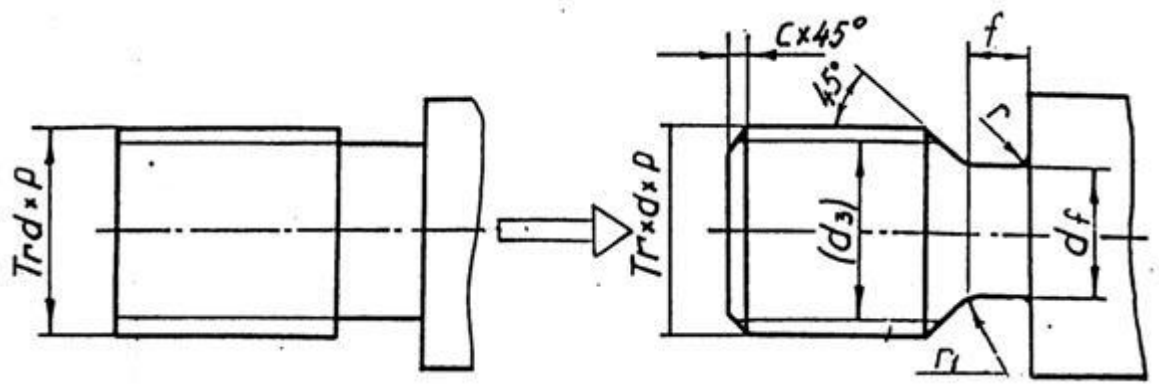


Таблица 7

Шаг резьбы	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
		$f_1$min	$f_2$max	$f_1$min	$f_2$max		
1	d+0,5	4	5,2	2,5	3,7	0,6	1,0
1,5	d+0,5	6	7,8	3,8	5,6	0,8	1,6
2	d+0,5	8	10,3	5,0	7,3	1,0	2,0
2,5	d+0,5	10	13,0	6,3	9,3	0,2	2,5
3	d+0,5	12	15,2	7,5	10,7	1,6	2,5
3,5	d+0,5	14	17,0	9,0	12,7	1,6	2,5
4	d+0,5	16	20,0	10,0	14,0	2,0	3,0
4,5	d+0,5	18	23,0	11,0	16,0	2,0	3,0
5	d+0,5	20	26,0	12,5	18,5	2,5	4,0
5,5	d+0,5	22	28,0	14,0	20,0	3,2	4,0
6	d+0,5	24	30,0	15,0	21,0	3,2	4,0

7 . 3 . Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне

При вычерчивании резьбы на стержне внутренний диаметр определяют по табл. 8, а размеры проточки – по табл. 9.



Шаг резьбы	Диаметр			
	Наружная резьба		Внутренняя резьба	
P	d, D	d_3	D_1, d_1	D_4
2	24	21,5	22,0	24,5
	28	25,6	26,0	28,5
3	30	26,5	27,0	30,5
	40	36,5	37,0	40,5
	42	38,5	39,0	42,5
	44	40,5	41,0	44,5
	46	42,5	43,0	46,5
	48	44,5	45,0	48,5
	50	46,5	47,0	50,5
	52	48,5	49,0	52,5
	55	51,5	52,0	55,5
	60	56,5	57,0	60,5
4	65	60,5	61,0	65,5

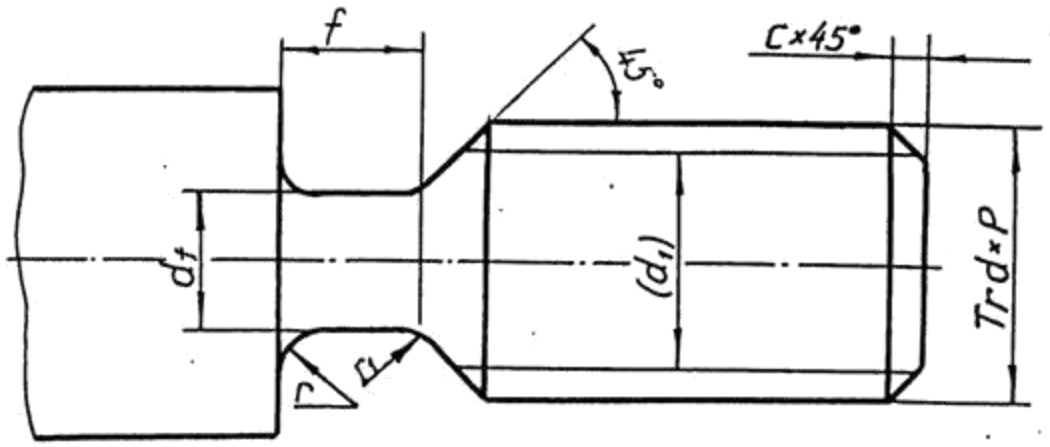


Таблица 9

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	*d*-3,0	3	1,0	0,5	1,6
3	*d*-4,2	5	1,6	0,5	2,0
4	*d*-5,2	6	1,6	1,0	2,5
5	*d*-7,0	8	2,0	1,0	3,0
6	*d*-8,0	10	3,0	1,0	3,5
8	*d*-10,2	12	3,0	1,0	4,5
10	*d*-12,5	16	3,0	1,0	5,5

7 . 4 . Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии

При вычерчивании трапецеидальной резьбы в отверстии следует учитывать зазор между стержнем и «гайкой», изображение выполняют по размерам диаметров, указанных в табл. 8, но на чертеже обозначают резьбу по номинальному размеру. Проточку вычерчивают по размерам, приведенным в табл. 10.

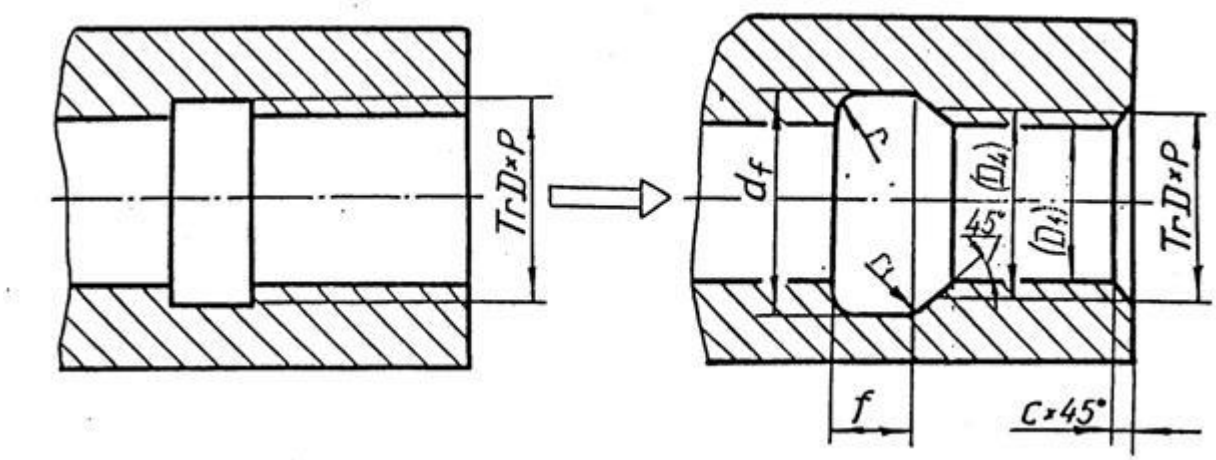


Таблица 10

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	d+1,0	3	1,0	0,5	1,6
3	d+1,0	5	1,6	0,5	2,0
4	d+1,1	6	1,6	1,0	2,5
5	d+1,6	8	2,0	1,0	3,0
6	d+1,6	10	3,0	1,0	3,5
8	d+1,8	12	3,0	1,0	4,5
10	d+1,8	16	3,0	1,0	5,5

7 . 5 . Конец вала с упорной резьбой в отверстии

Размеры, необходимые для вычерчивания упорной резьбы, представлены в табл. 11.

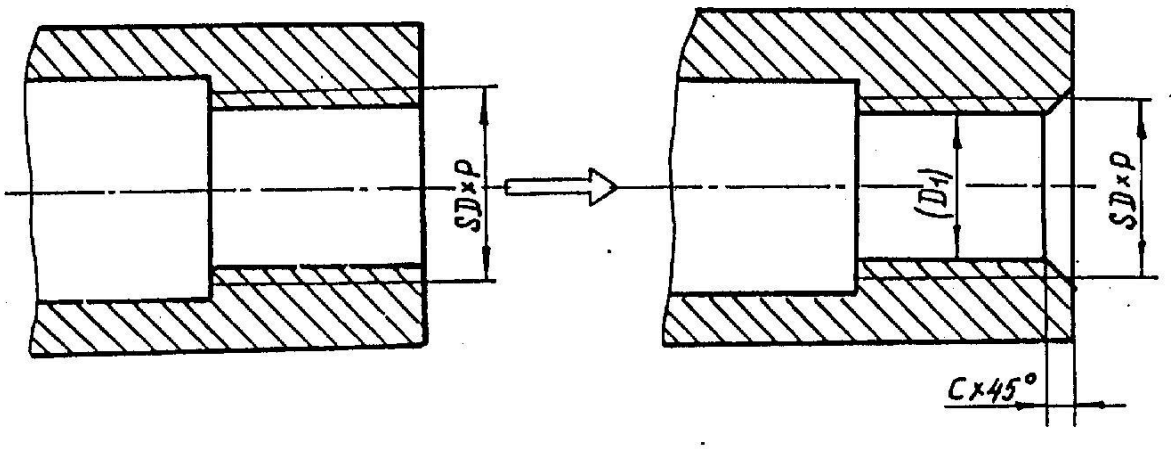


Таблица 11

Шаг резьбы *P*	Диаметр		Фаска *c*
	Наружный *d*, *D*	Внутренний D_1	
2	20	17,0	1,6
2	22	19,0	1,6
2	26	23,0	1,6
3	32	27,5	2,0
5	26	18,5	3,0
5	28	20,5	3,0
6	32	23,0	3,5

7 . 6 . Изображение шпоночного паза Г ОС Т 233 60 – 78

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах двух соприкасающихся деталей для предотвращения их относительного перемещения и для передачи крутящего момента.

Форму шпоночного паза на валу обычно показывают сечением. Размеры шпоночного паза, зависящие от диаметра цапфы вала, представлены в табл. 12.

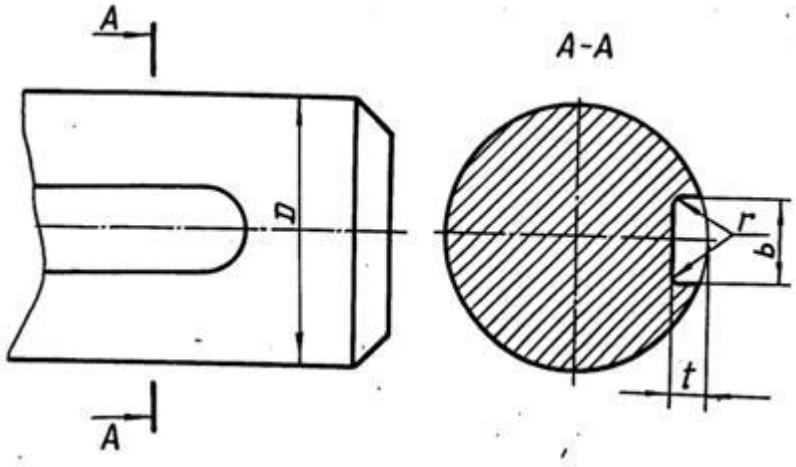
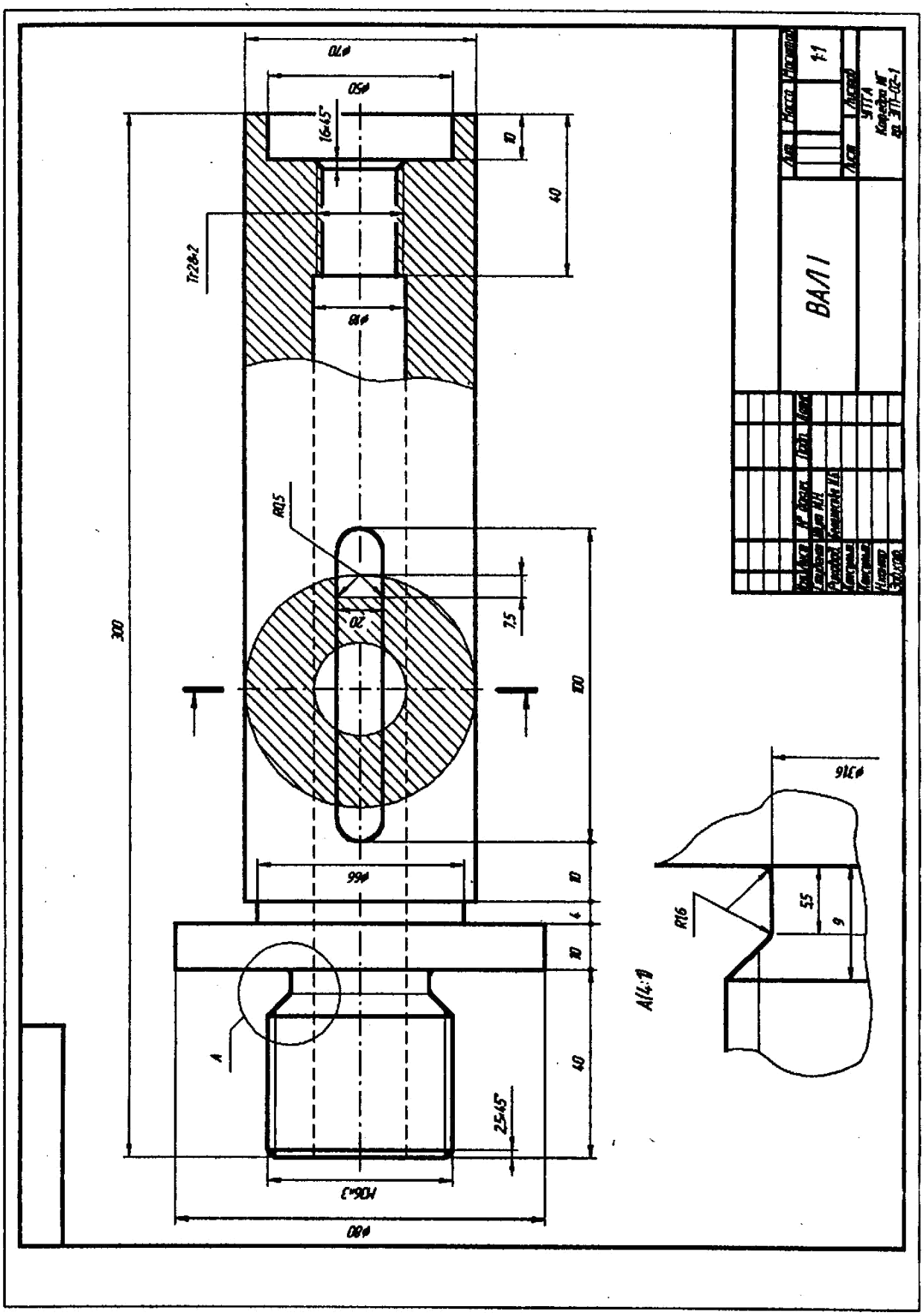
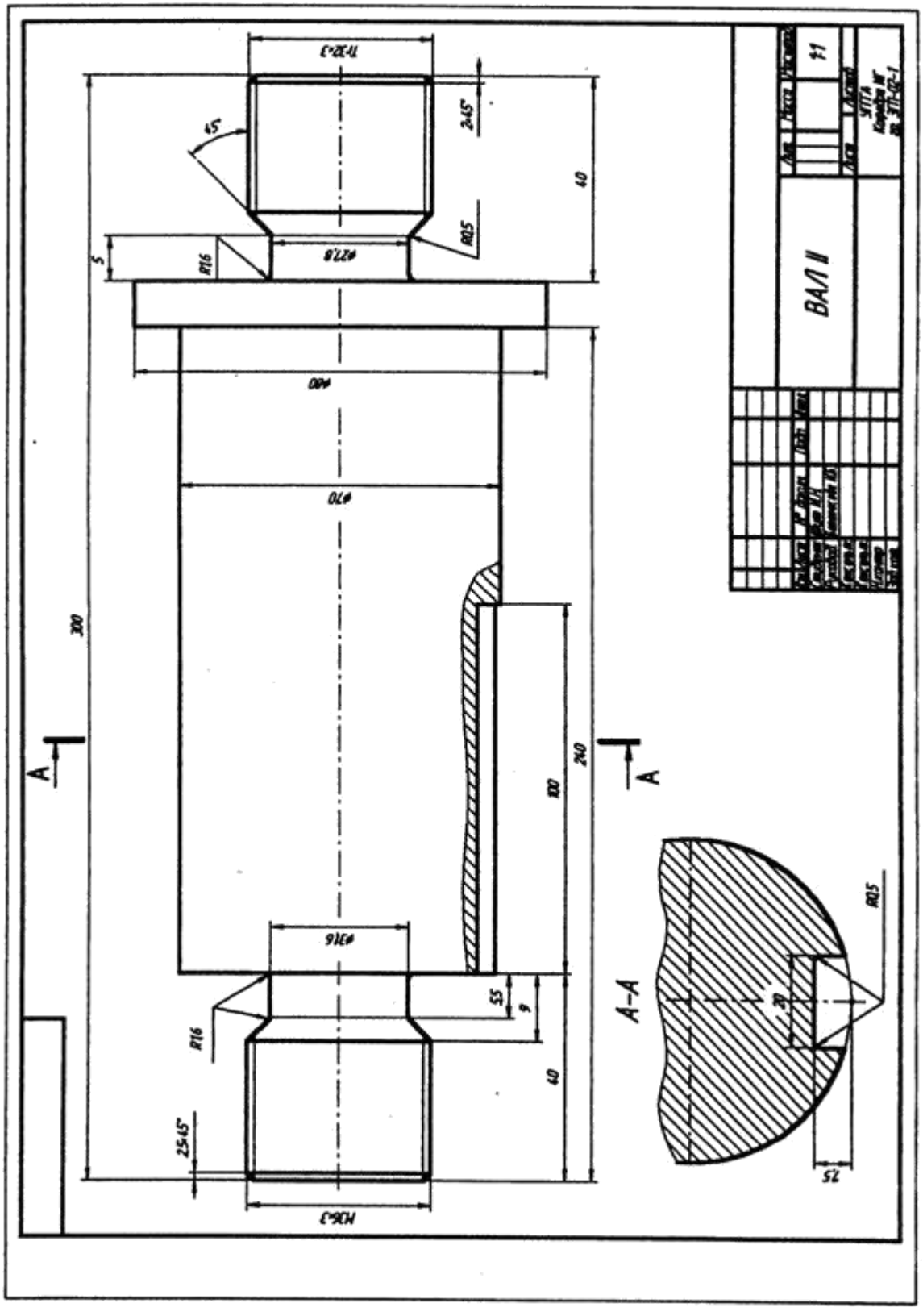
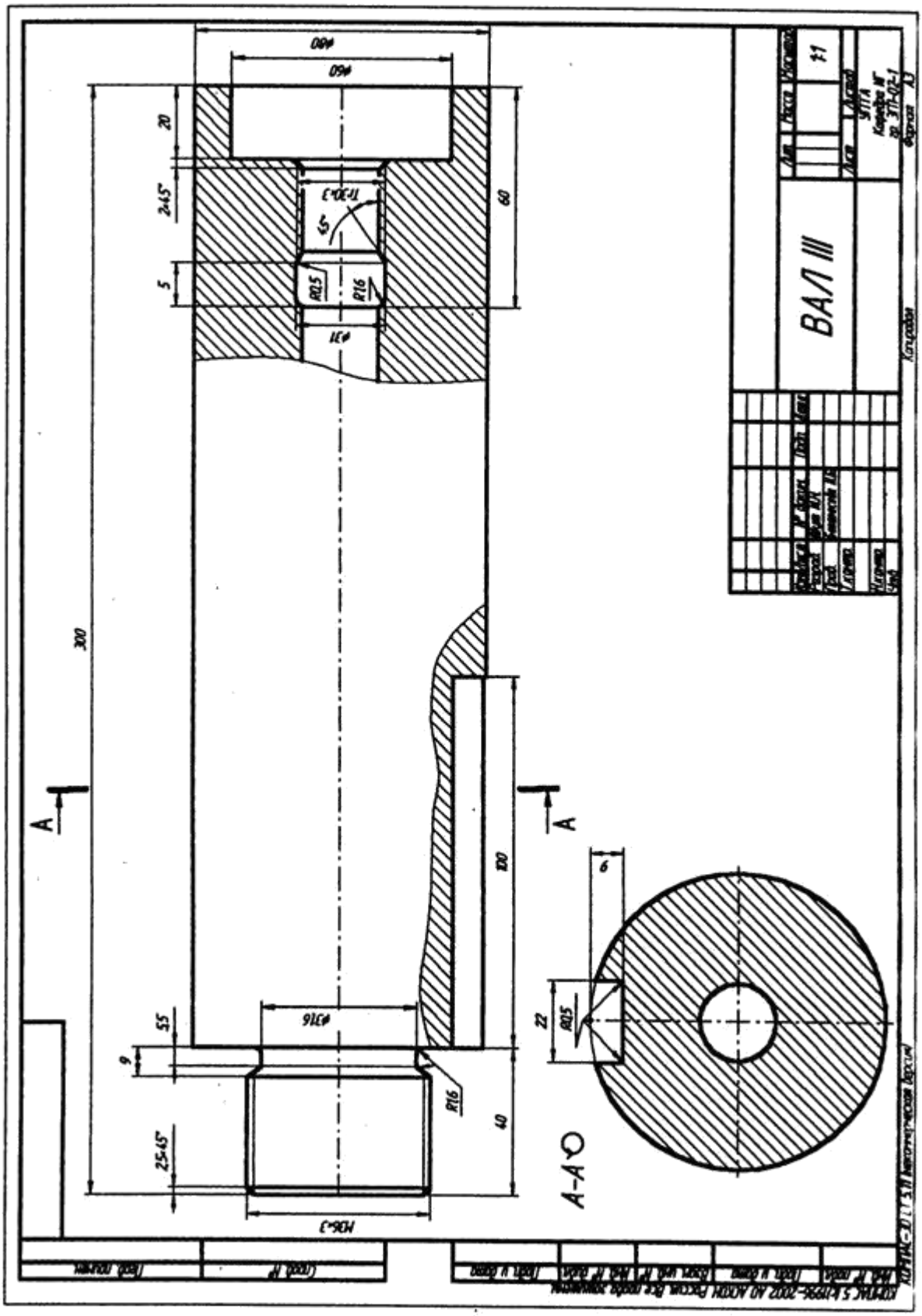


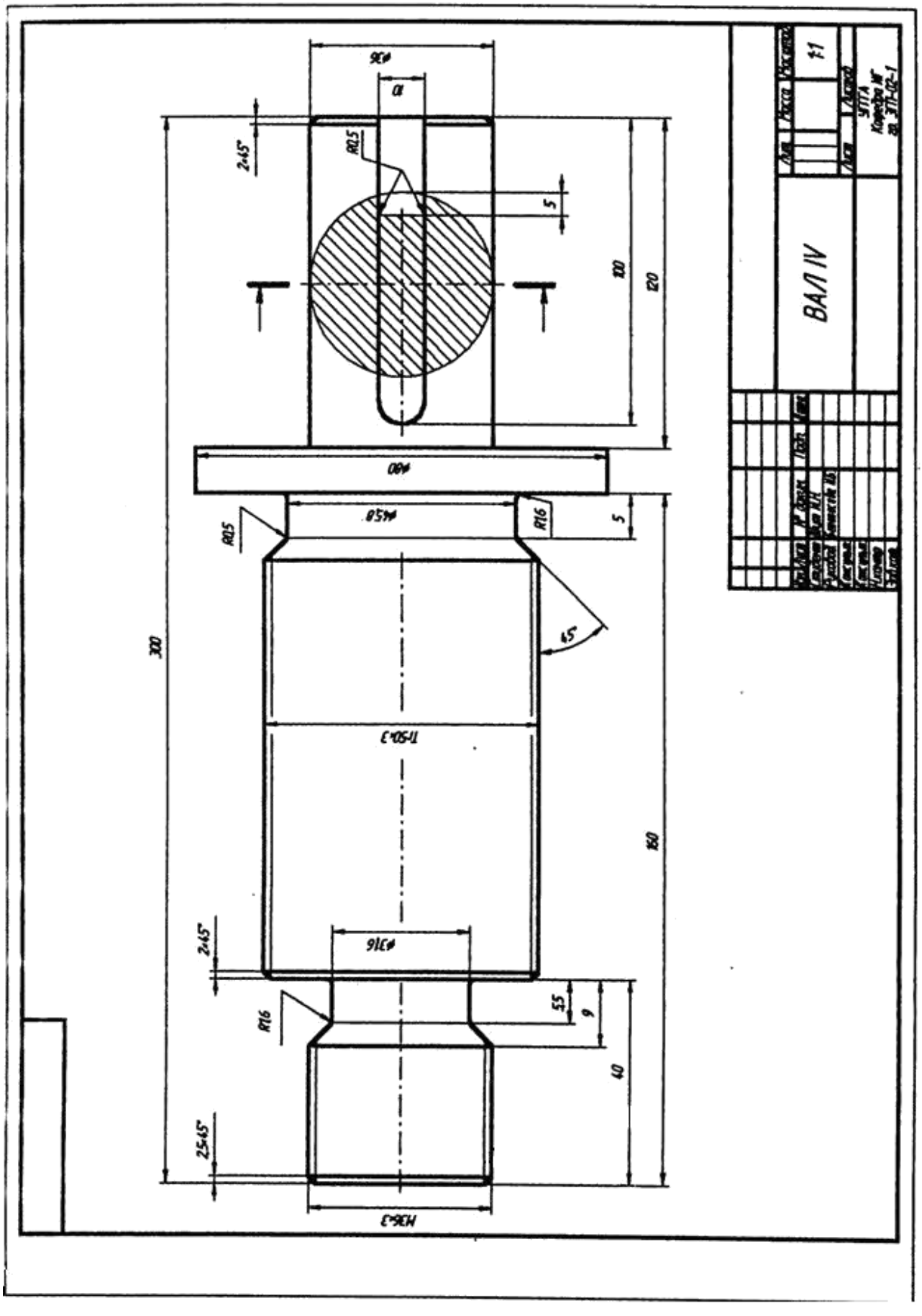
Таблица 12

Диаметр вала О	Шпоночный паз		
	Ширина *b*	Глубина *t*	Радиус закругления *r*
Свыше 22 до 30	8	4,0	От 0,16 до 0,25
30 38	10	5,0	0,25 0,40
38 44	12	5,0	0,16 0,40
44 50	14	5,5	0,25 0,40
50 58	16	6,0	0,25 0,40
58 65	18	7,0	0,25 0,40
65 75	20	7,5	0,40 0,60
75 85	22	9,0	0,40 0,60


ВАЛ I
1:1
Тр28х2
R0,5
R16
A(4:1)
300
100
40
10
4
7,5
5,5
9
25х45°
16х45°


ВАЛ II
А–А
1:1
300
240
100
40
5
R16
R0,5
2,5
45°
ø80
ø70
ø27,8
ø31,6
M36×3
5,5
9
20
7,5


ВАЛ III
А-А
300
100
60
40
20
5
9
22
6
R0,5
R1,6
Tr30×3
M36×3
ø80
ø60
ø31
ø316
2×45°
25×45°
5,5
45°
1:1


ВАЛ IV
Масса
Масштаб
1:1
Лит.
Лист
Листов
Копировал
Формат А4
ГОСТ 2.109-73
ГОСТ 2.104-68
Н.контр.
Утв.
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Инв. № подл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А4
ГОСТ 2.109-73
ГОСТ 2.104-68
Масса
Масштаб
1:1
Лит.
Лист
Листов
ВАЛ IV

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анурьев В. И*. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1990.
2. *Баева Г. Г*. Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
3. ГОСТ 27148-86 (СТ СЭВ 214-86). Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры.
4. *Попова Г. Н*., *Алексеев С. Ю*. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1986.
5. *Потишко А. В., Крушевская Д. П*. Справочник по инженерной графике. – Киев: Будівельник, 1983.
6. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 1985.
7. *Розов С. В*. Курс машиностроительного черчения с элементами автоматизированного контроля. - М.: Машиностроение, 1980.
8. *Чекмарев А. А*., *Осипов В. К*. Справочник по машиностроительному чер-чению. М.: Высшая школа, 1994.

Ирина Борисовна Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

«Резьба»

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Подписано в печать . .201 г.
Бумага офсетная. Формат бумаги 60 84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе. Печ. л. 2,4 Уч.-изд. 2,05. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



Министерство образования
Российской Федерации

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

В. Н. Бабич, Е. И. Шангина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «БЛОК-ДИАГРАММА» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 553200 – «ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ЕКАТЕРИНБУРГ

2003

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
инженерно-экономического
факультета
"8" сентября 2003 г.
Председатель комиссии
проф. Г.С.Карпов

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной
графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Издание УГГГА Екатеринбург, 2003

Методическое пособие по выполнению индивидуальной графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых». /В. Н. Бабич, Е. И. Шангина. - 2-е изд. стереотипное. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 15 с.

В работе рассмотрены теоретические вопросы по курсу «Проекции с числовыми отметками». Предложена методика решения задач по темам «Топографические поверхности», «Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности», «Сечение топографической поверхности плоскостью», «Аксонометрические проекции».

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 26.09.2001 года (протокол №6) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Рецензент – Ю. И. Самохвалов, доцент УГГГА

© Шангина Е. И., 2001

© Шангина Е. И., 2003

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2001

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al (594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1 и задаются следующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пласта задаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения α, интервалом **l** (масштабом падения плоскости), параметры которых представлены в табл. l.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис. 7.

Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие же высотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения α и интервалом **l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографической поверхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

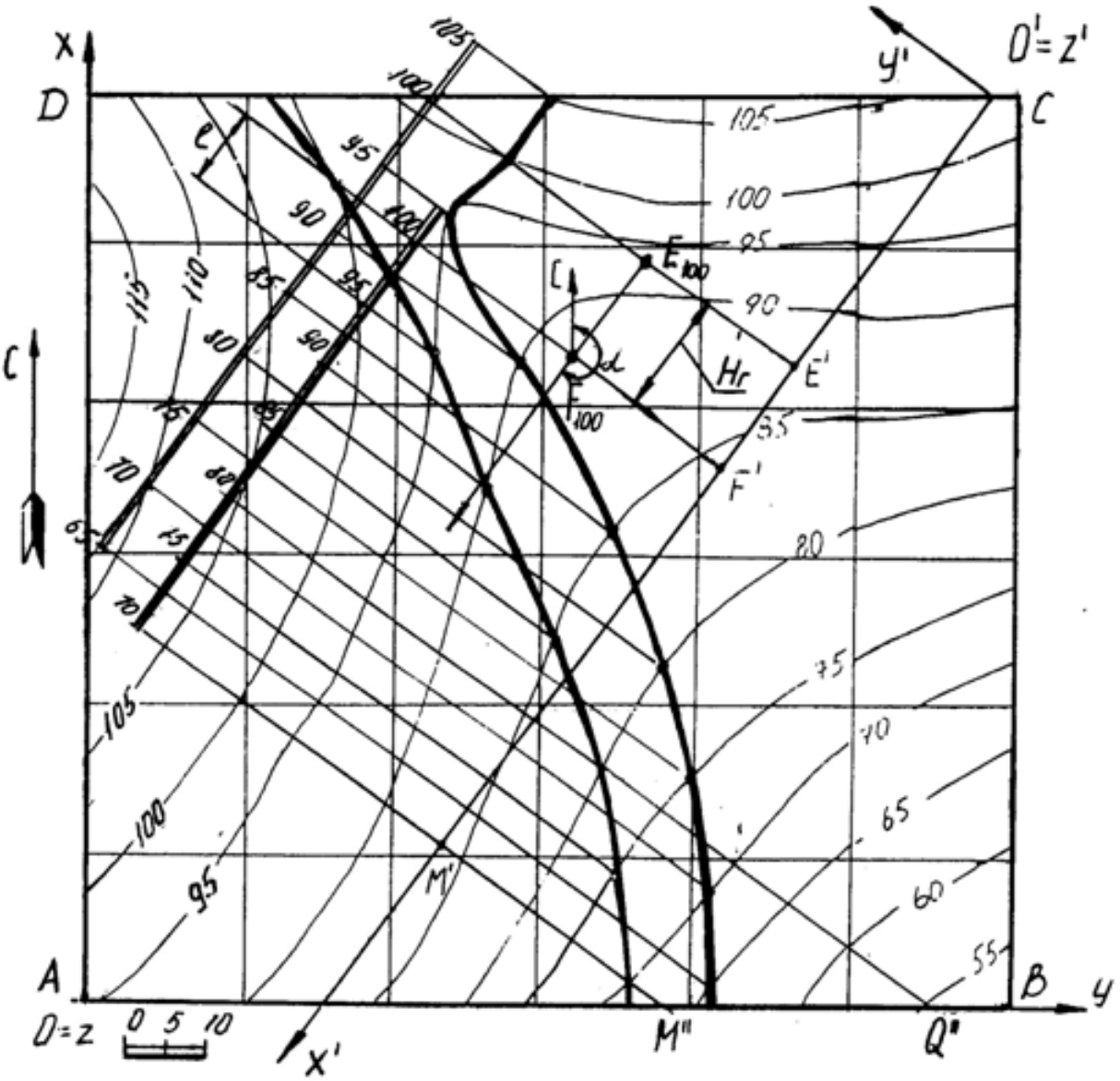


Рис 1

Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровли и подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив от точки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$ по направлению восстания плоскости пласта (т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку **E** с такой же высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскость подошвы пласта определяется точкой **E**, азимутом падения α и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На плане выбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученный разрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшими вертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку (рис. 1).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осью O'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального

разреза – ось O'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F' и M' (рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F' и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

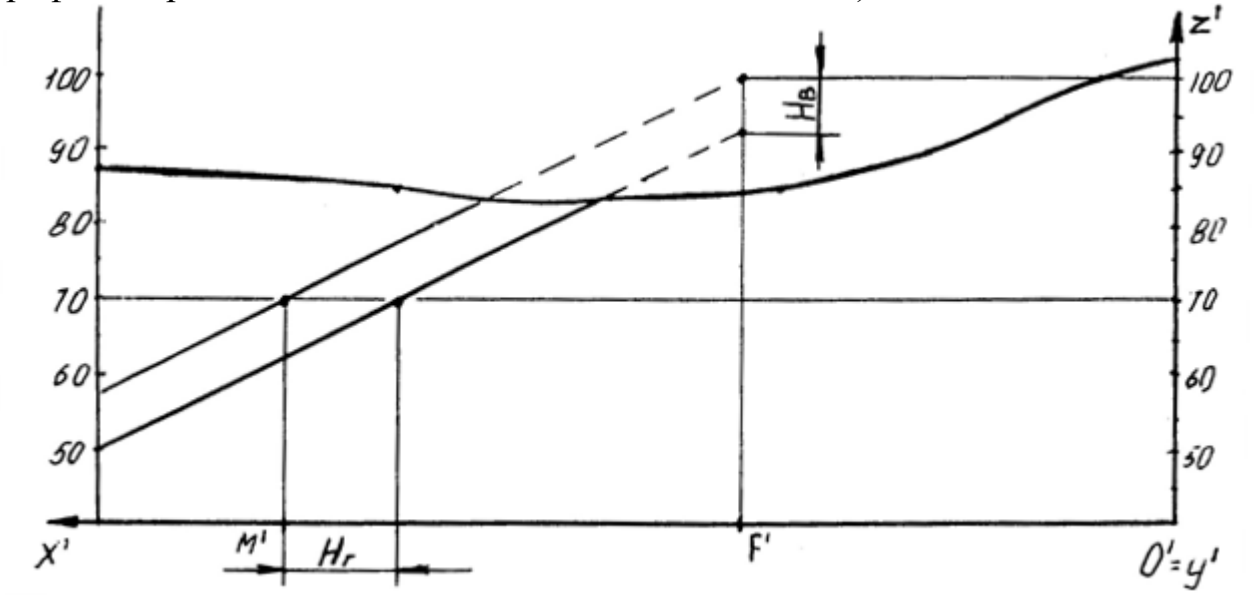


Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

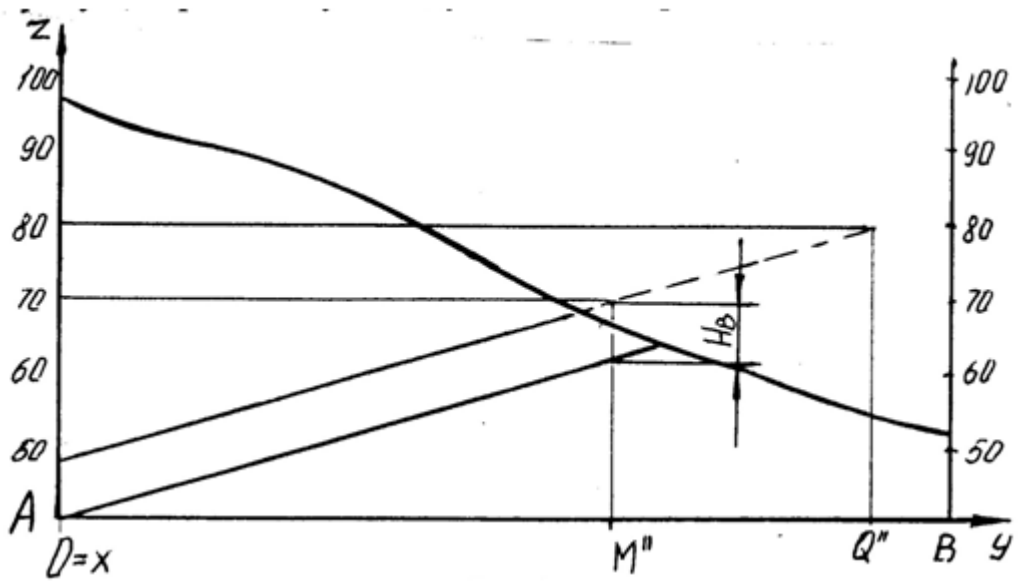


Рис. 3

Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую I II между изогипсами 50 и 60;

- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';

- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую I II', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

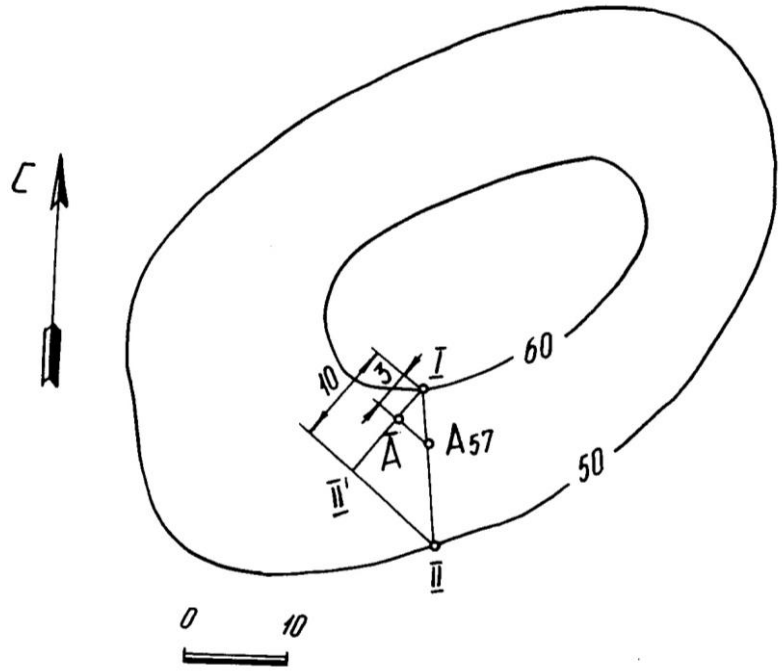
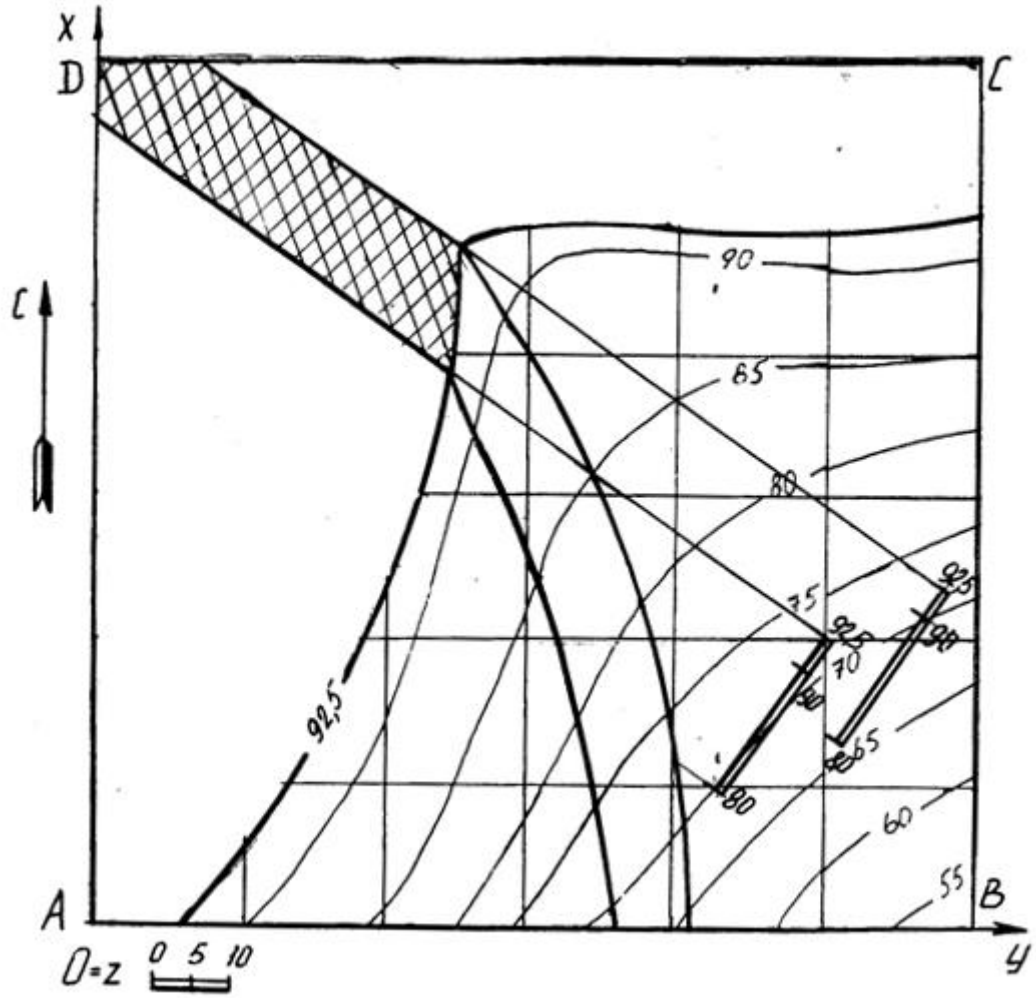


Рис. 4

Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построения плана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.



Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Y совпадает с DC, ось Z совпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольная фронтальная изометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

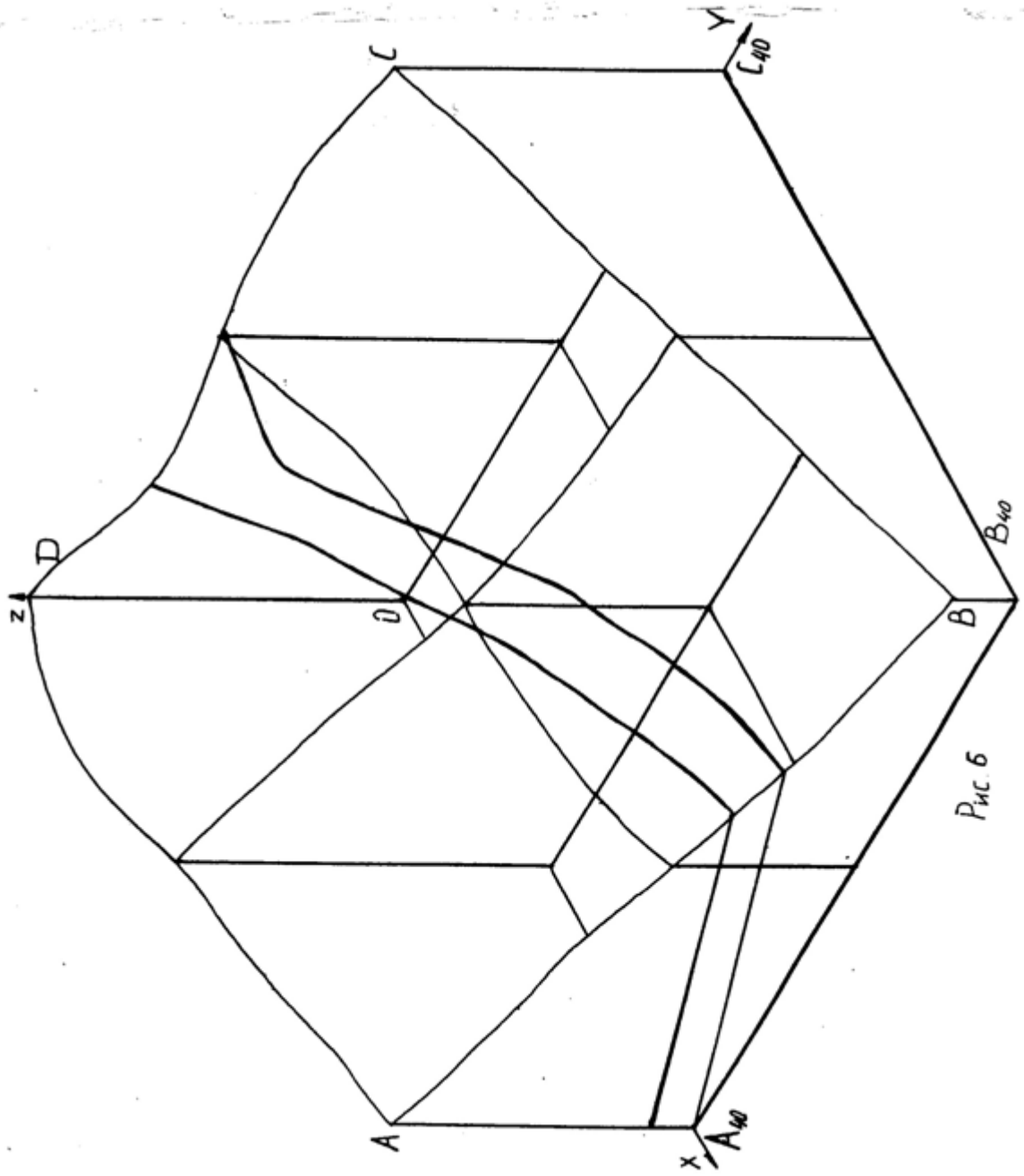


Рис. 6

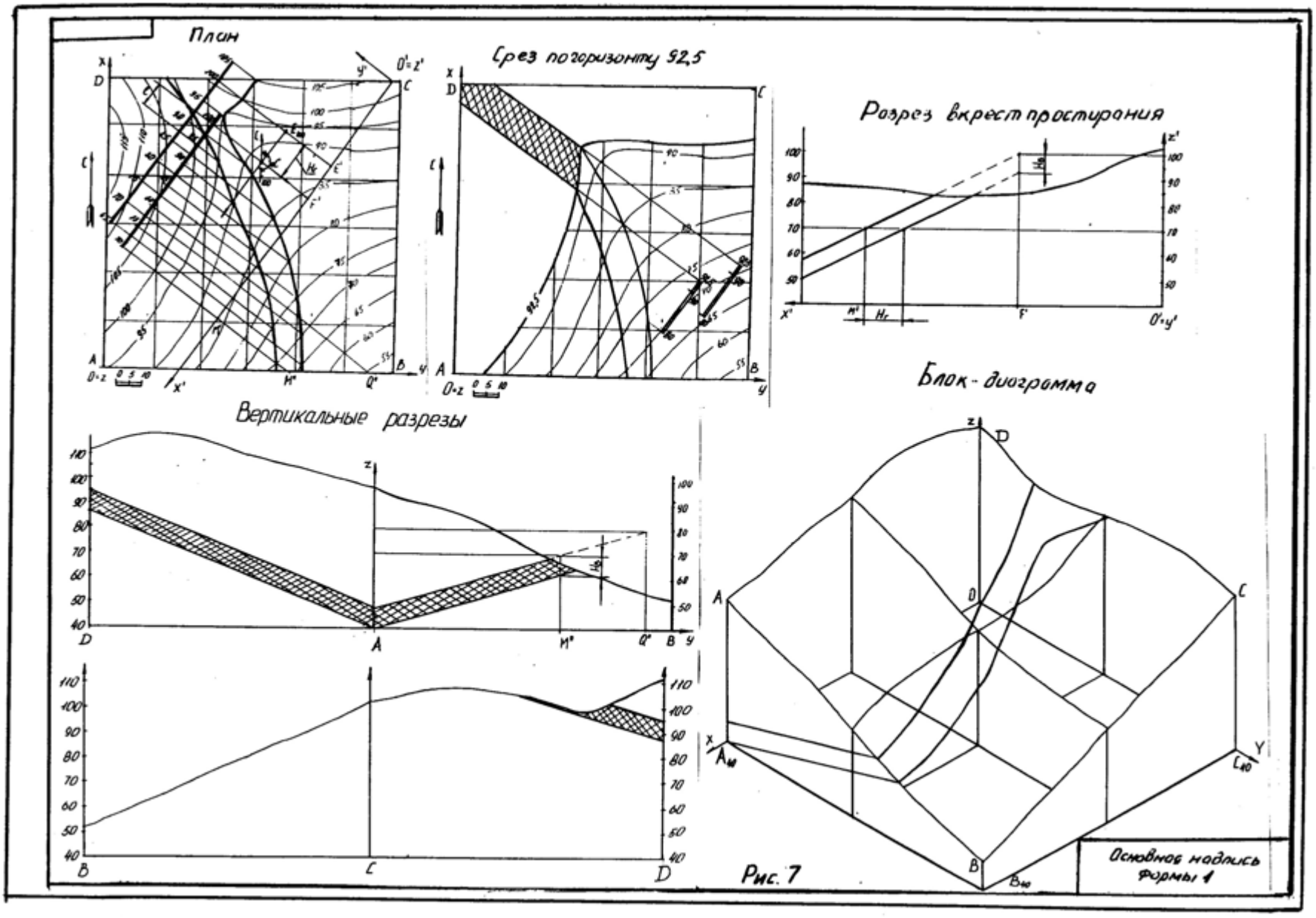

План
Срез погоризонту 92,5
Разрез вкрест простирания
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

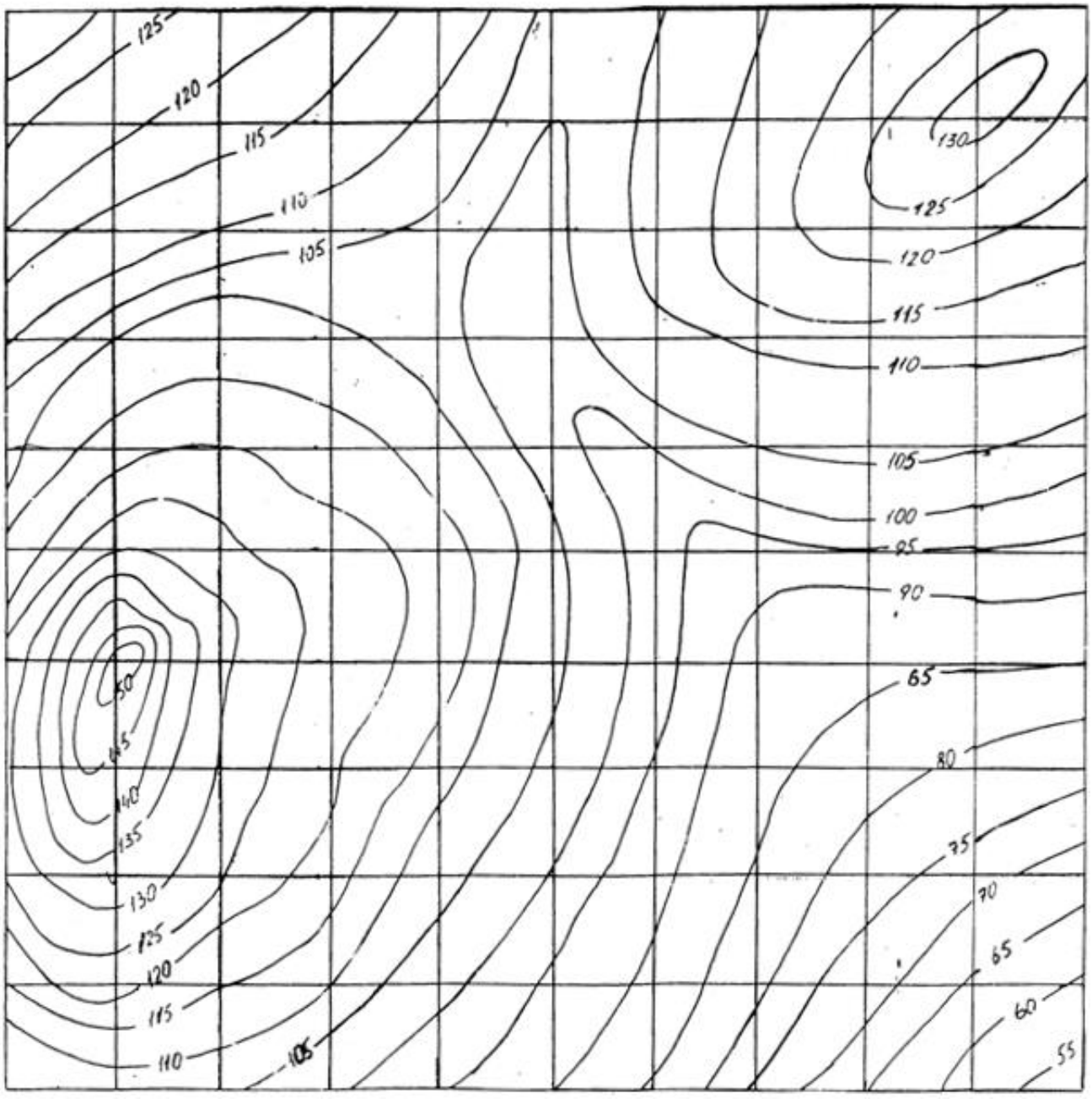
Номер варианта	Точка **F**			Азимут падения α°	Интервал плоскости кровли **l**, мм	Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$, мм	Вид аксонометрии
	x	**y**	**z**				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	10	120	210	20	180	1
2	20	85	110	170	20	75	2
3	67	40	100	210	20	30	3
4	78	25	120	190	20	50	4
5	98	110	105	80	20	30	5
6	40	135	105	30	20	15	1
7	60	60	85	225	20	45	2
8	38	105	100	135	14	17	3
9	46	10	120	210	20	155	4
10	20	85	110	170	20	95	5
11	67	40	100	210	20	100	1
12	78	25	120	190	20	85	2
13	98	100	105	80	20	15	3
14	40	135	105	30	20	45	4
15	60	60	85	225	20	65	5
16	38	105	100	135	14	31	1
17	55	40	95	190	20	70	2
18	46	10	120	210	20	135	3
19	20	85	110	170	20	110	4
20	67	40	100	210	20	125	5
21	78	25	120	190	20	105	1
22	135	20	120	260	20	135	2
23	20	110	115	30	20	30	3
24	98	35	80	225	20	45	4
25	38	105	100	135	14	60	5
26	46	10	120	210	20	115	1
27	115	135	130	170	20	20	2
28	27	42	100	210	20	75	3
29	115	135	130	170	20	50	4
30	97	95	115	210	20	70	5
31	135	20	120	260	20	145	1
32	58	177	80	135	14	31	2
33	27	42	100	210	20	95	3
34	115	135	130	170	20	65	4
35	97	95	115	210	20	95	5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36	58	177	80	135	14	42	1
37	27	42	100	210	20	115	2
38	98	35	80	225	20	25	3
39	58	177	80	135	14	68	4
40	27	42	100	210	20	140	5

1 - прямоугольная изометрия (изометрия)
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)
3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)
4 - косоугольная фронтальная изометрия (кавальерная проекция)
5 - косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Бабич Владимир Николаевич
Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 0,9 Уч. - изд. 0,83. Тираж 100 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2006

УДК 514.18
Ш 20
Шангина Е. И.
Ш 20 Компьютерная графика: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил.
ISBN 5-8019-0098-5

В пособии рассматривается графический интерфейс системы AutoCAD, описываются средства создания двух- и трёхмерных объектов. Приводятся методики и рассматриваются конкретные примеры создания чертежей, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы AutoCAD. Пособие содержит описание базовых команд, необходимых для создания твёрдотельных моделей и выполнения чертежей в ортогональных и аксонометрических проекциях.

Отличие этого пособия от существующих в том, что даются основные понятия теории множеств и размерности для корректного задания на чертеже (экране компьютера) различных геометрических многообразий (точка, прямая, плоскость, кривые линии и т. д.).

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 170100-«Горные машины и оборудование», а также может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения, изучающих курс «Компьютерная графика».

Рецензенты:

В. Н. Бабич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Теория искусства, архитектуры и дизайна» Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

Д. В. Куреннов– канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная геометрия и автоматизация проектирования» Уральского государственного технического университета (УПИ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

© Уральский государственный
горный университет, 2006
© Шангина Е. И., 2006

ISBN 5-8019-0098-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество прикладных программных систем, функционирующих на персональных компьютерах и решающих различные задачи в различных отраслях промышленности, на сегодняшний день достаточно велико. Направленность и решаемые ими задачи различны. Одна из наиболее важных составляющих использования компьютерной графики – знание законов построения геометрической модели проектируемого объекта, теоретической основой которых является начертательная геометрия.

Известно, что современная начертательная геометрия занимается теорией методов моделирования пространств и многообразий различной размерности (возможно с дополнительной структурой) точками плоскости (экран компьютера тоже плоское поле). Другими словами, начертательная геометрия занимается изучением взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображений. При построении какого-либо многообразия, независимо от геометрического определителя, размерность этого многообразия не изменяется. Таким образом, одним из инвариантов является размерность.

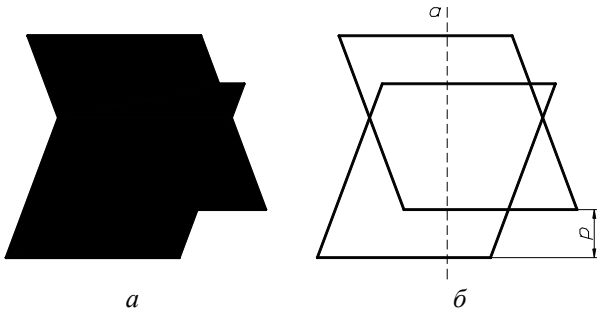
Приведём пример построения окружности в системе ***AutoCAD***. Известно, что окружность задаётся тремя параметрами. Поэтому, вызывая команду ***CIRCLE*** (КРУГ) – формирование окружности – построение может производиться путём задания: 1) центра и радиуса или 2) трёх точек (3P), или 3) двух точек, которые определяют диаметр (2P); 4) двух касательных и радиуса (Ttr); 5) трёх касательных (Tan Tan Ta). В некоторых случаях окружность удобнее задавать одним из перечисленных способов, но число параметров, определяющих данную окружность, остаётся неизменным, то есть равным трём. Таким образом, применяя теорию размерности, можно находить различные решения при построении новых моделей в среде компьютерных программ.

Кроме этого, в современных программах для создания графических объектов нередко используются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

Теоретической основой построения чертежей с использованием этих команд является симметрия. С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего студенты не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

Примером может служить метод построения геометрической фигуры, показанной на рис.1.

Построение геометрической фигуры (рис. 1, а), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии. Однако такая методика является неверной, так как снижается точность изображения и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (рис.1, б), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью *a* и параллельного переноса *p*.



а *б*

Рис. 1.

Итак, построение геометрических фигур на основе их инвариантных характеристик – это основной принцип, который позволяет значительно упростить освоение компьютерной графики.

Использование графических компьютерных программ, безусловно, позволило поднять на новый уровень графические методы решения различных технических задач, за счёт резкого повышения точности построений. Но при этом не следует забывать о теории формирования геометрических моделей, в основе которой лежат классические методы начертательной геометрии.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как множество точек.

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\bigcap$); 4) объединение ($\bigcup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$):

1. Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).
2. Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.
3. Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, …, называется пересечением этих множеств и обозначается $A \bigcap B \bigcap C, \ldots$.
4. Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.
5. Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 1):

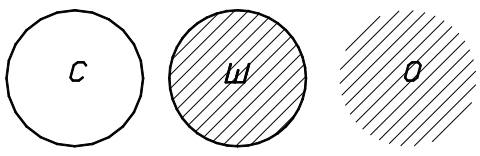


Рис. 1.

Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.
Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.
Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:
$\mathbf{C} \bigcap \mathbf{Ш} = \mathbf{C}$, $\mathbf{Ш} \bigcap \mathbf{О} = \mathbf{О}$, $\mathbf{C} \bigcap \mathbf{О} = \varnothing$;
$\mathbf{C} \bigcup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$;

Ш\С=О, **Ш\О=С**, **О\С=О**, **С\О=С**;
С\Ш=О\Ш=∅; **$\underline{\text{С}}$=О**, **$\underline{\text{О}}$=С**, **$\underline{\text{Ш}}$=∅**.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***.

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности***: в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называет-

ся ***фактор-множеством*** множества ***M*** по отношению к эквивалентности ~. Фактор-множество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества, и, наоборот, любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная ***y*** называется функцией переменной ***x***, если каждому значению ***x***, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений ***y***. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению ***x*** соответствует единственное значение ***y*** (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под ***x*** и ***y*** понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под ***x*** и ***y*** будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества ***X*** ставится в соответствие определённый элемент y_i множества ***Y***, то говорят, что задано отображение ***f*** множества ***X*** в множество ***Y***, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 2). При этом элемент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении ***f*** элементу ***x*** соответствует элемент ***y***» или «отображение ***f*** переводит ***x*** в ***y***».

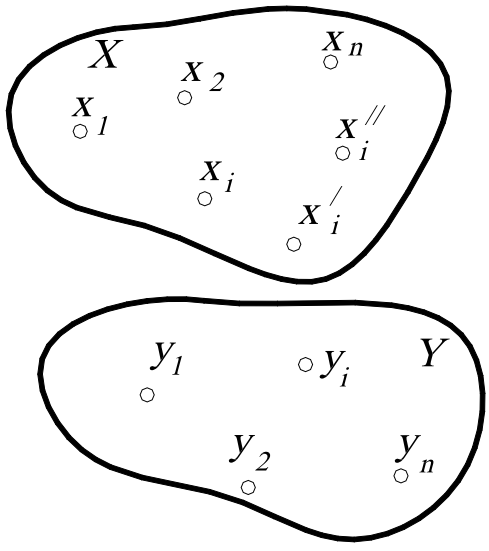


Рис. 2.

Множество ***X*** называют ***областью определения (областью отправления)***, а ***Y*** - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения ***f***.

Пусть область определения ***X*** состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n$, а область значений ***Y*** – из множества точек $y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 2). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области ***X*** соответствует единственный образ y_i в области ***Y***, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i', x_i'' \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

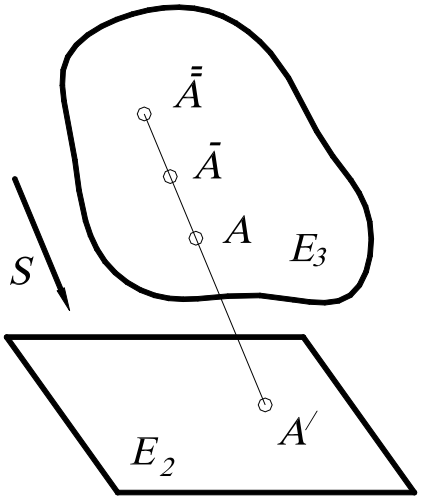


Рис. 3.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ на плоскость (двумерное пространство) $\boldsymbol{E^2}$ путём параллельного проецирования (рис. 3): каждая точка $\boldsymbol{A}$ трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ в данном направлении $\boldsymbol{S}$ проецируется в единственную точку $\boldsymbol{A'}$ плоскости $\boldsymbol{E^2}$. Однако в точку $\boldsymbol{A'}$ проецируется не только точка $\boldsymbol{A}$, но и все точки $\bar{\bar{\boldsymbol{A}}}, \bar{\boldsymbol{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть $\boldsymbol{З}$ – множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а $\boldsymbol{К}$ – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае – наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят: «взаимно однозначное соответствие»).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $\boldsymbol{y_i \in Y}$ соответствует единственный прообраз $\boldsymbol{x_i \in X}$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $\boldsymbol{y = f(x)}$ и обратное соответствие $\boldsymbol{x = f^{-1}(y)}$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 4 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) $\boldsymbol{AB}$ и $\boldsymbol{CD}$ установлено прямыми, проходящими через точку $\boldsymbol{S}$. При этом точке $\boldsymbol{X \in AB}$ соответствует точка $\boldsymbol{Y \in CD}$, что символически записывается так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$. Между этими отрезками можно установить соответствие так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$, если $\boldsymbol{\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}}$, где $\boldsymbol{CY}$, $\boldsymbol{CD}$, $\boldsymbol{AB}$, $\boldsymbol{AX}$ – длины отрезков.

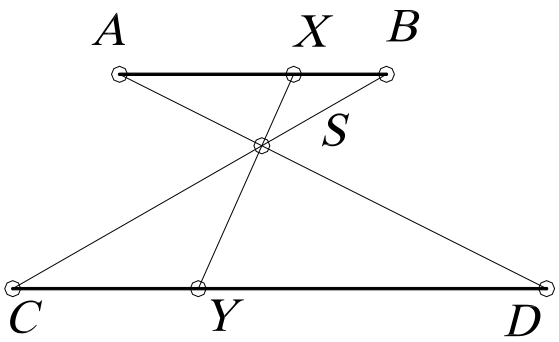


Рис. 4.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соот-

ветствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно-четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 5). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество ***M***, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

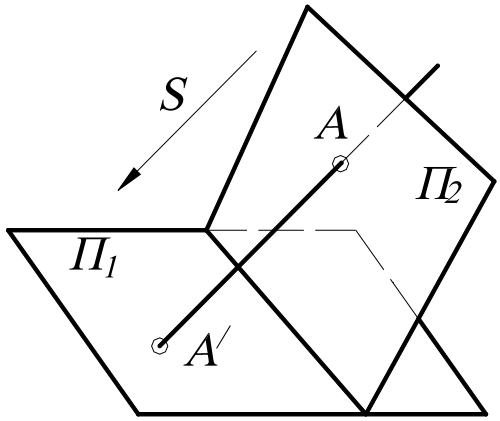


Рис. 5.

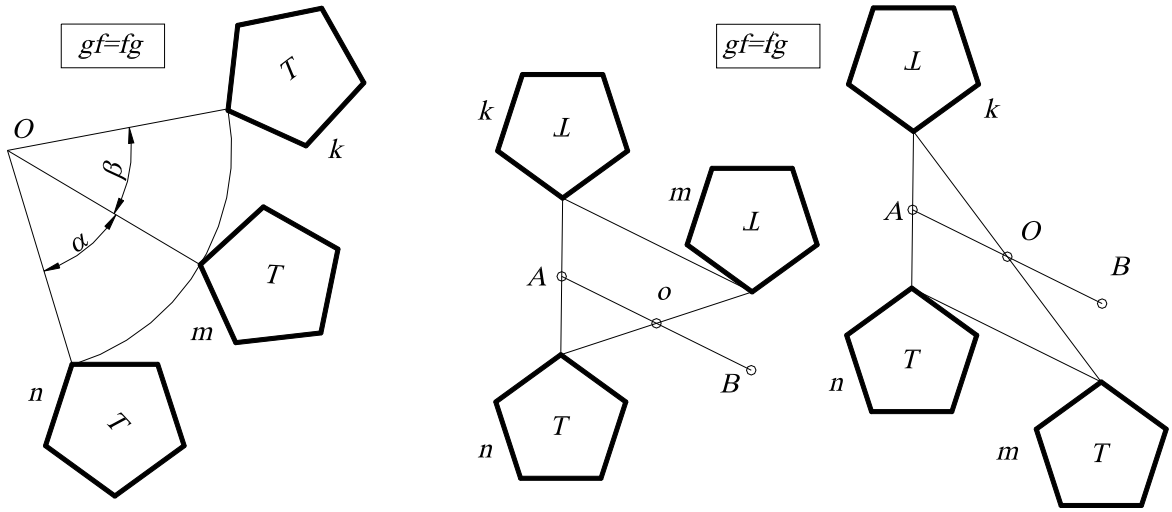
Отображение называется ***преобразованием***, если множества ***X*** и ***Y*** совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество ***X*** отображается на себя ***{X=Y}***. Другими словами, если отображение является обратимым, то оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит ***k*** в ***n***, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 6, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 6, *б*).
Здесь в первом примере произведение $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, то есть в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножителей, то есть не коммутирует: $fg \neq gf$ (сравните два рисунка – 6, *а* и 6, *в* или 6, *а* и 6, *б*).



а *б* *в*

Рис. 6.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции надевания левого и правого ботинок ***Л*** и ***П*** перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям *1*, *2* **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию *1*, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие *2* выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\}=M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 7).

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) согласно первому условию, – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

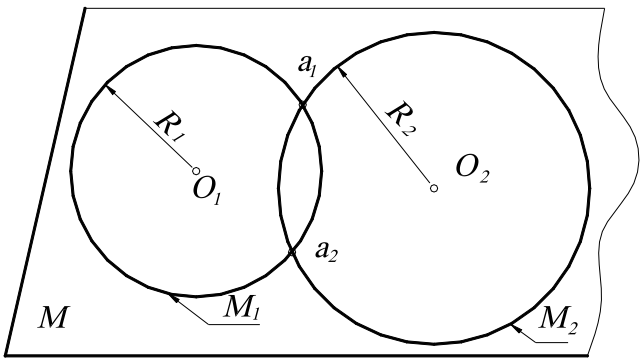
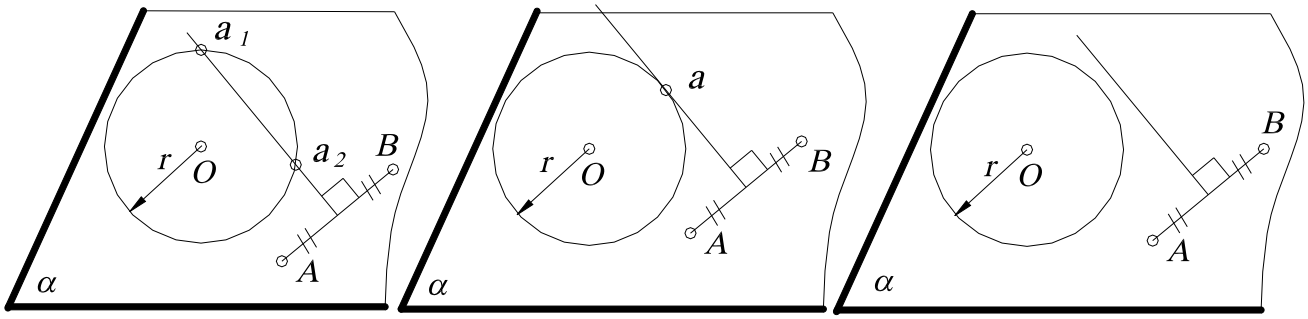


Рис. 7.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпен-

дикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (рис. 8, *а*, *б*, *в*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из ***M***, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

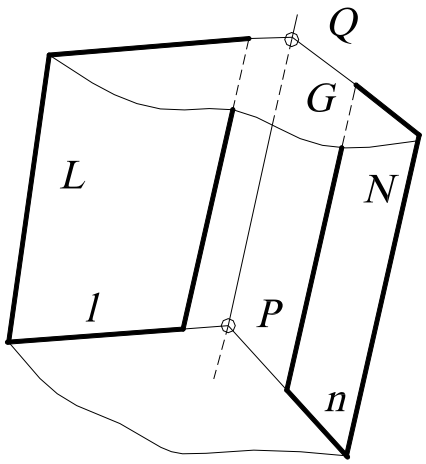


Рис. 9.

Задача 3. Найти прямую пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (рассматривают ***L*** и ***N*** как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис. 9). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности, преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M)=(L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

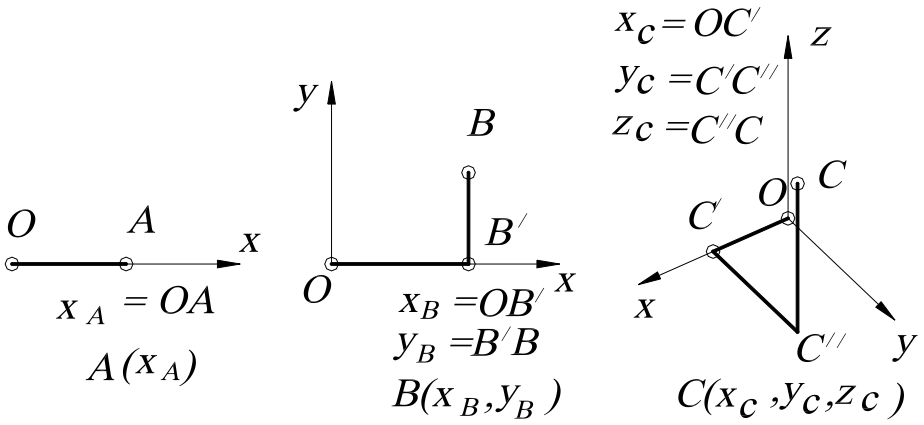
В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющее аксиомам евклидовой геометрии, которая изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество ***M*** можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество ***N***, то ***M*** и ***N*** имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества ***M*** на подмножество $N_1 \in N$, то ***M*** имеет размерность меньше, чем ***N***.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров ***p***, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В качестве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *с*

Рис. 10

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 10, *а*), на плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 10, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 10, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2, или

двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

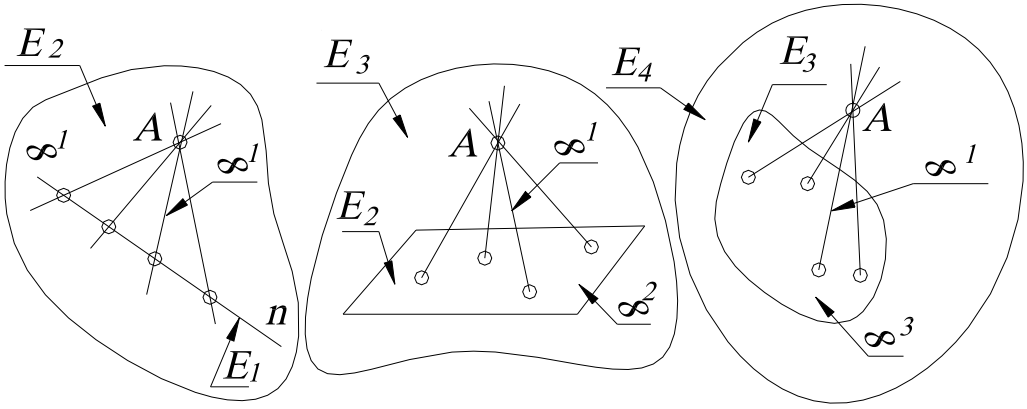
Пусть ***N*** – двупараметрическое множество. Каждый элемент из ***N*** определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между ***N*** и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число ***N*** и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из ***N*** будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью ***N***.

Итак, множество имеет размерность ***n***, если его элементам можно взаимно однозначно поставить ***n***-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой ***n*** (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 11, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой ***n***.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 11.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками ***2***-пространства (рис.11, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проективным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.11, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая – одномерное множество точек (самое простое множество), множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно; цилиндров вращения – пятимерно; множество сфер, касающихся данной плоскости, - трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

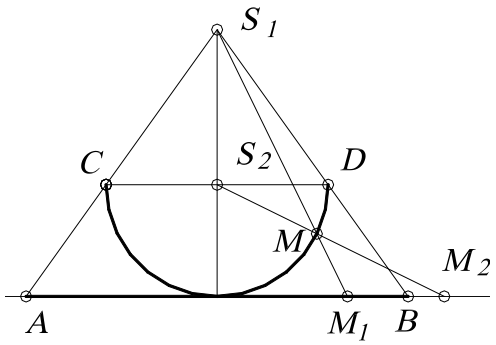


Рис. 12.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $x_A < x_i < x_B$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (рис.12). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки S_1, то есть точке M_1 соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка M_2) из центра S_2. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 13).

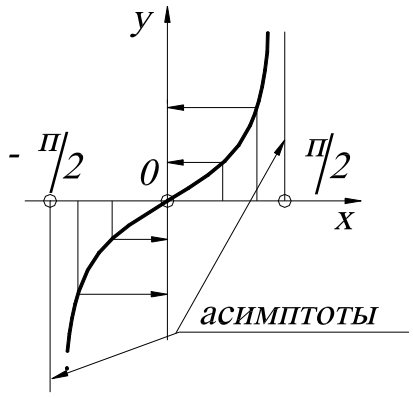


Рис. 13.

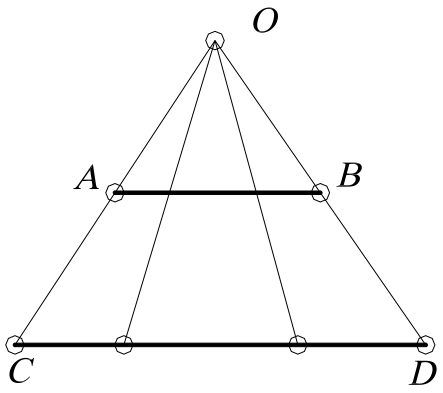


Рис. 14.

<u>Замечание 2.</u> Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос: где больше точек, на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 14.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно примириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

<u>3. Степени свободы подпространств.</u> Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, ***m=1***, ***n=2*** – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее ***n***-мерное пространство, E_m – ***m***-мерная плоскость или ***m***-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется ***(n-1)***-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (***1***-плоскость) определяется двумя точками, ***2***-плоскость – тремя неколлинейными точками, ***3***-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, ***n***-плоскость – ***(n+1)***-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием ***(m+1)***-точек, и эти точки не должны содержаться в ***(m-1)***-пространстве.

Рассмотрим множество ***m***-плоскостей E_n (где ***n*** – размерность пространства), элементом этого множества является ***m***-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

<u>ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО.</u> Точка (***0***-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

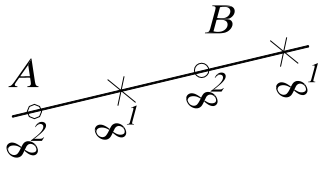


Рис. 15.

Прямая (***1***-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками ***A*** и ***B*** (то есть ***m+1=1+1=2***), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два параметра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек – следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.15). Другими словами, го-

ворят, что система из ***(m+1)***- точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

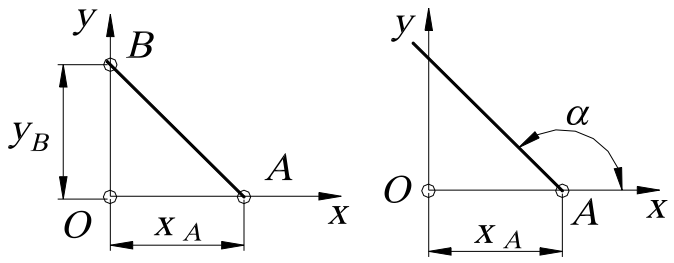
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $\dfrac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}$.

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$

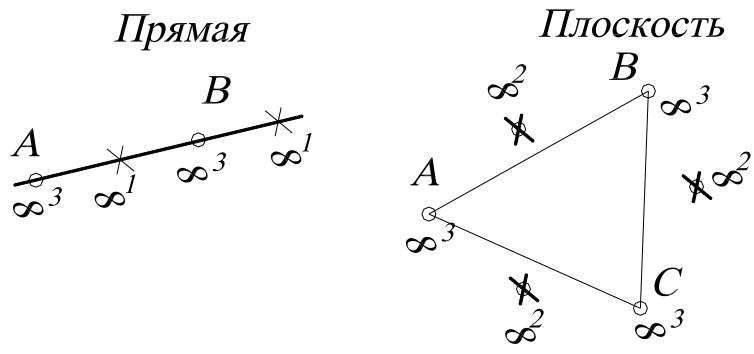


а *б*

Рис. 16.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 16, *а*) или x_A, α (рис. 16, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 17, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит, пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, имеющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^{1}\cdot\infty^{1}=\infty^{2}$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве $\infty^{6}:\infty^{2}=\infty^{4}$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***



$$\frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}}=\infty^{6-2}=\infty^{4} \qquad \frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{2}\cdot\infty^{2}\cdot\infty^{2}}=\frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}}=\infty^{9-6}=\infty^{3}$$

а *б*

Рис. 17.

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.17, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 18).

1
2 2
3 4 3
4 6 6 4
5 8 9 8 5
6 10 12 12 10 6
……

Рис. 18.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат ***3·3=9***. Аналогично, тетраэдров в ***3***-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в ***3***-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы ***n***-мерного многообразия ***M*** (например, ***M***-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки ***M*** должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из ***M***, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из ***M*** подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает*** $n-n_1$ ***параметров***», «***ограничение поглощает*** $n-n_1$ ***параметров***», «***требование накладывает на параметры*** $n-n_1$ ***связей (понижает размерность многообразия на*** $n-n_1$***)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного

определения необходимо дозадать еще $(m+1)-(r+1)=m-r$ точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \quad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых $(m=1)$ плоскости $(n=2)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых $(m=1)$ пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей $(m=2)$ трехмерного пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства $(n=3)$, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок $(m=2)$ в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n m-пространство имеет $(n-m)(m+1)$ степеней свободы, но если оно проходит через r-пространство, то оно имеет $(n-m)(m-r)$ степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы m-пространство в E_n проходило через данное r-пространство (где $n>m>r$):

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \quad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве $(n=3)$ число условий, необходимых для прохождения прямой линии $(m=1)$ через данную точку $(r=0)$: $D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \quad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3): $(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap = m_1 + m_2 - n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются ***i*** пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы:

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но возможно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то, следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1 в вышеприведенном примере такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» (A_0, B_0, C_0, D_0) $\rightarrow$ плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$
$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k), соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты x, y, z связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число P плоской алгебраической кривой m-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка $m=2$ (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть, чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности m-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где n – размерность объемлющего пространства; m – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка $m=2$ в трехмерном пространстве $n=3$ имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1\cdot 2\cdot 3} - 1 = \frac{3\cdot 4\cdot 5}{2\cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка – заданием девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 19).

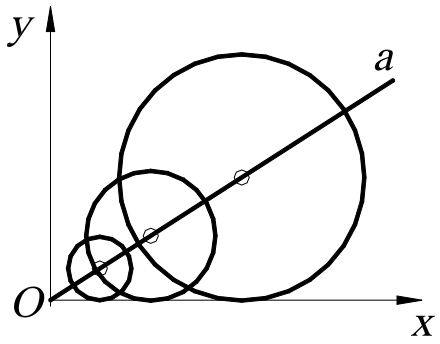


Рис. 19.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в задаче – только два условия (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 20).

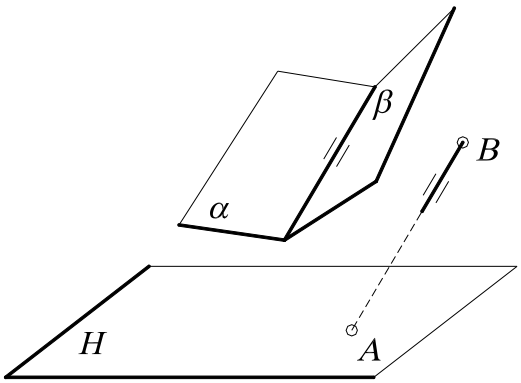


Рис. 20.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки, и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и множество прямых связки составляет дву-

параметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b***, – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую.

Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

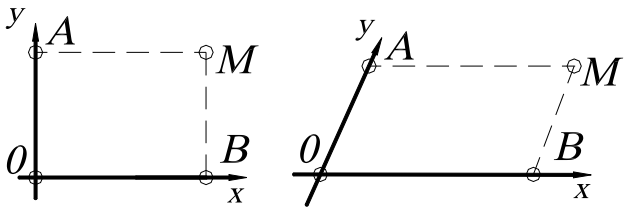
Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляются между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 21, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положительными. Значительную роль в математике сыграла важная идея, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727), о том,



а *б*

Рис. 21.

что эти расстояния можно считать и отрицательными, Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.21, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

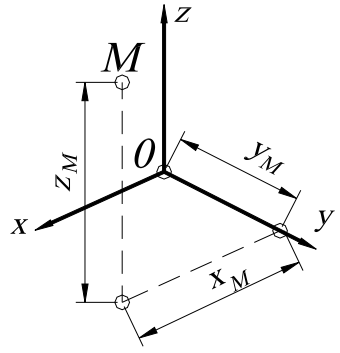


Рис. 22.

Систему координат в пространстве определяют три взаимно перпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимно перпендикулярные оси ***x, y, z*** (z_M– аппликата) (рис. 22). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол ***POM = φ*** между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r*** - радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 23).

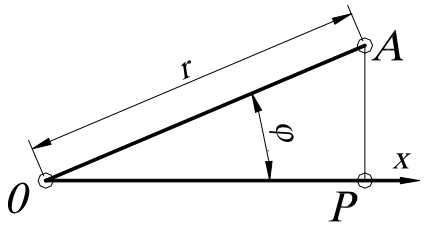


Рис. 23.

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x*** прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180⁰)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т. д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

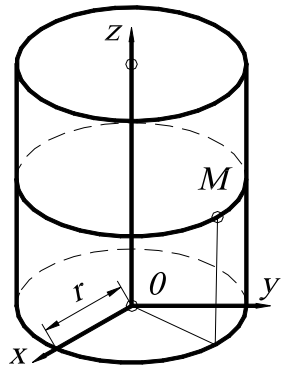


Рис. 24.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 24), связанные с декартовыми координатами ***x, y, z*** следующими уравнениями: ***x = r cos φ;***

y = r sin φ;

z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки M есть три числа r, φ, θ, связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$
$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$
$$z = \sin\theta,$$

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 25);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0 - \theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

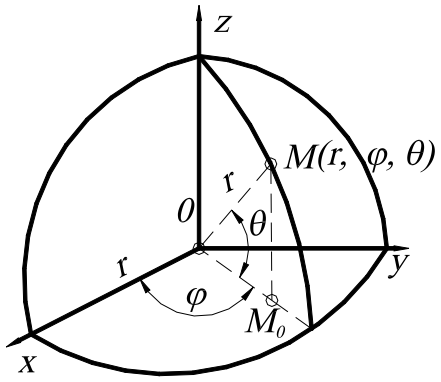


Рис. 25.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах.

Глава 2
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. ЗАПУСК СИСТЕМЫ *AutoCAD*

Запуск ***AutoCAD*** осуществляется так же, как и любого другого приложения в **Windows**: при помощи ярлыка, размещённого на рабочем столе, или посредством меню (на панели задач щелкнуть на кнопке ***Start*** (Пуск), выбрать пункт ***Programs*** (Программы) и затем из выпавшего меню – ***AutoCAD 2005***).

После запуска ***AutoCAD***, в зависимости от его настройки выводится диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) (рис. 26) или рабочее окно ***AutoCAD*** (рис. 27) .

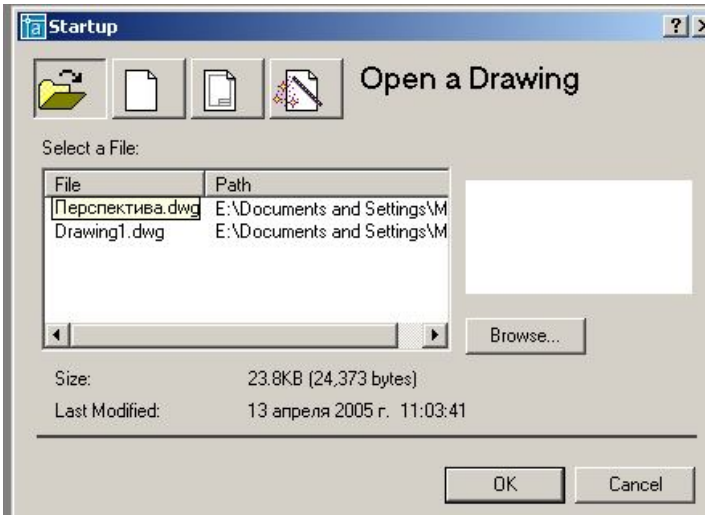


Рис. 26

В диалоговом окне ***Startup*** (Начало работы) предоставляют пользователю 4 кнопки:

1.  ***Open a Drawing*** (Открытие чертежа) для открытия ранее созданного чертежа.
2.  ***Start from Scratch*** (Без шаблона), то есть начать чертёж без предварительной настройки. При этом пользователю предлагается установить только единицы измерения – британские (футы и дюймы) или метрические.
3.  ***Use a Template*** (Использовать шаблон). При этом ***AutoCAD*** выводит список имеющихся шаблонов. Кроме этого пользователь может создать свои шаблоны с нужными ему настройками, например основную надпись и рамку формата.
4.  ***Use a Wizard*** (Вызов Мастера) для выполнения предварительной настройки. Мастер позволяет последовательно выполнить полную установку параметров рабочей среды ***AutoCAD***: установить единицы измерения длины (***Units***); единицы измерения углов (***Angle***); задать начало отсчёта угла (***Angle Measure***); положительное направление отсчета угла (***Angle Direction***); определить границы области рисунка (***Area***).

Диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) вызывается при каждой загрузке сеанса ***AutoCAD*** только один раз. В дальнейшем для создания рисунков в запущенном сеансе ***AutoCAD*** вызывается диалоговое окно ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка). Если после загрузки ***AutoCAD*** сразу открывается рабочее окно, то вышеописанные настройки можно выполнить при помощи команд UNITS и LIMITS (пункт меню ***Format***). Для открытия диалогового окна при запуске ***AutoCAD*** необходимо предварительно настроить, войдя в меню ***Format*** (Формат), выбрать вкладку ***System*** (Система) и в раскрывающемся списке ***Startup*** назначить пункт ***Show traditional startup dialog***, что соответствует выбору традиционного диалогового окна.

2. ВИД РАБОЧЕГО ОКНА *AutoCAD*

Рабочее окно системы ***AutoCAD*** содержит типичные для программ, работающих в Windows, элементы (панели инструментов, строка меню, линейки прокрутки). Кроме этого в рабочем окне располагаются две основные области ***AutoCAD*** – зона чертежа и командная строка, в которых происходит основной диалог пользователя с системой (см. рис. 27).

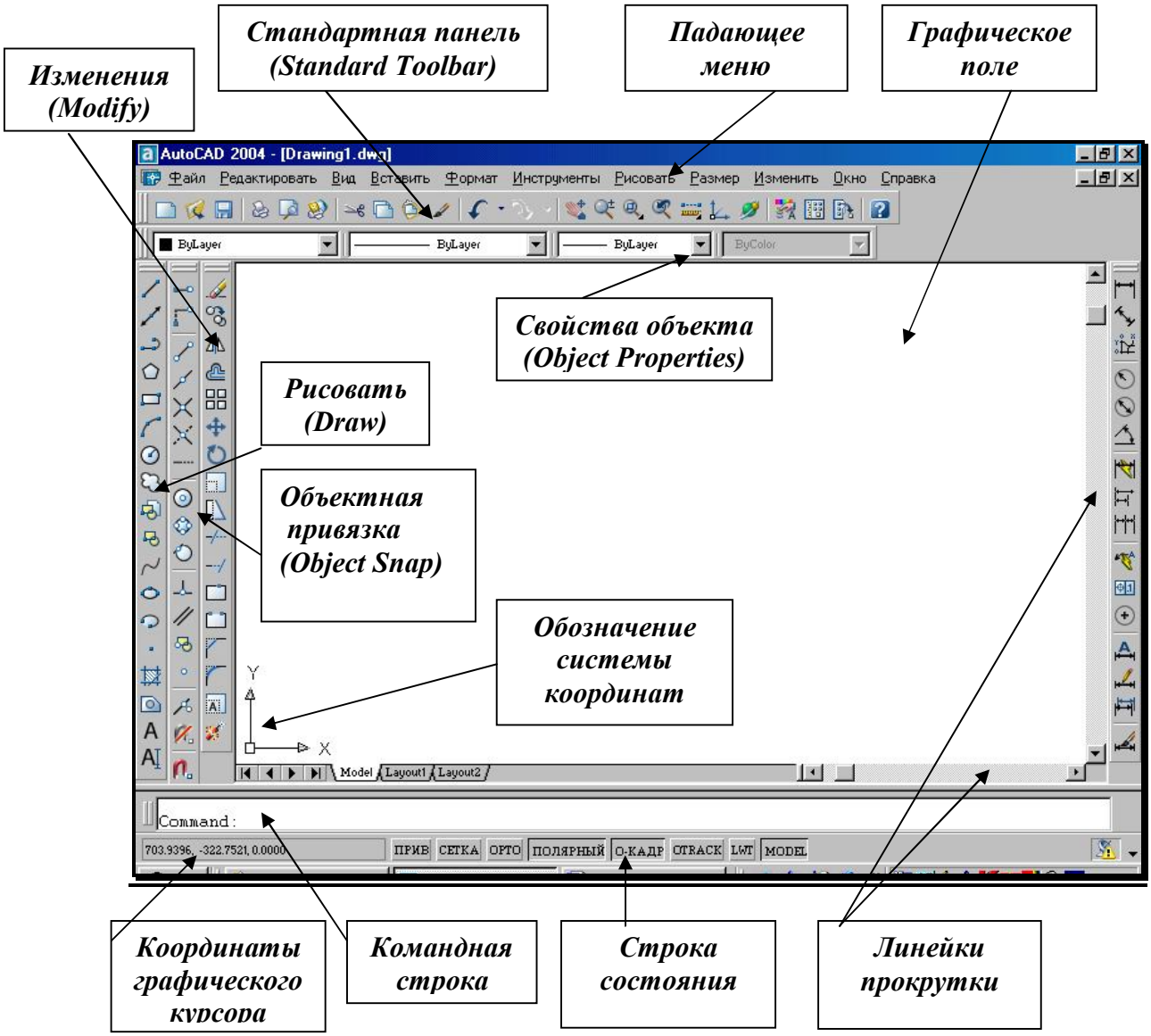


Рис. 27.

3. ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ

Падающее меню (рис. 28) содержит названия меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды ***AutoCAD***. Команды в меню могут располагаться на нескольких уровнях (отличительный признак – «стрелка-треугольник» в конце строки с именем команды). Если за именем команды идёт многоточие, то это означает, что параметры команды определяются в диалоговом окне.

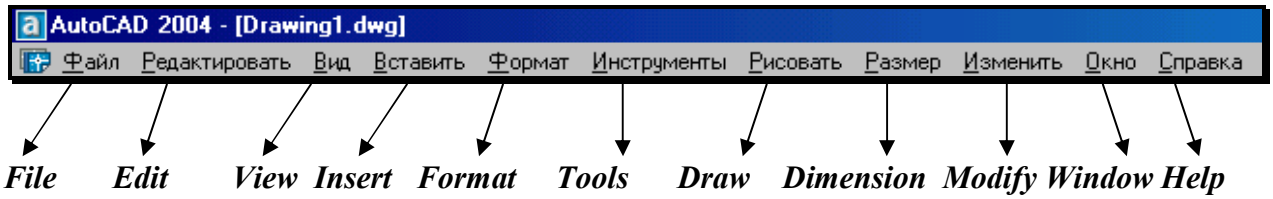


Рис. 28.

Строка падающих меню содержит следующие пункты:

- **File** (Файл) – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать, экспорт файлов в другие форматы и т. д.;
- **Edit** (Правка) – меню редактирования частей графического поля Рабочего стола Wndows;
- **View** (Вид) – команды управления изображением на экране монитора, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
- **Insert** (Вставка) – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений;
- **Format** (Формат) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
- **Tools** (Сервис) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
- **Draw** (Рисование) – содержит команды рисования;
- **Dimension** (Размеры) – включает команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
- **Modify** (Редактирование) – включает команды редактирования элементов чертежа;
- **Window** (Окно) – содержит средства управления окнами при работе в многооконном режиме;
- **Help** (Справка) – содержит средства справочной системы ***AutoCAD***.

4. СТРОКА СОСТОЯНИЯ

Строка состояния (рис. 29) находится в нижней части экрана, под командной строкой и содержит следующие кнопки.



Рис. 29.

- **SNAP** (ПРИВ) – Шаговая привязка (***Snap Mode***) – включение и выключение дискретного перемещения курсора с заданным шагом (**F9**);
- **GRID** (СЕТКА) – Отображение сетки (***Grid Display***) – включение и выключение сетки (**F7**);
- **ORTHO** (ОРТО) – Режим «ОРТО» (***Ortho Mode***) – включение и выключение ортогонального режима, параллельного осям ***x*** и ***y*** (**F8**);
- **POLAR** (ПОЛЯРНЫЙ) – Полярное отслеживание (***Polar Tracking***) – включение и выключение режима полярного отслеживания (**F10**);

- **OSNAP** (О-КАДР) – Объектная привязка (***Object Snap***) - включение и выключение режимов объектной привязки (**F3**);
- **OTRACK** (ОТС – ПРИВ) – Отслеживание при объектной привязке (***Object Snap Tracking***) - включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке (**F11**);
- **LWT** (ВЕС) – Отображение линий в соответствии с весами (***Show/Hide Lineweight***) – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с их толщиной;
- **MODEL/PAPER** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) – Пространство модели или пространство листа (***Model or Paper space***) – переключение из пространства модели в пространство листа.

5. ВВОД КОМАНД

Вводить команды в ***AutoCAD*** можно с клавиатуры, из разнообразных меню или с панелей инструментов. Для ввода команды с клавиатуры необходимо напечатать имя команды в командной строке и нажать клавишу ENTER или SPACE. Ввод команд из меню представляется более удобным и наглядным. Чтобы ввести команду, необходимо выбрать нужную команду из списка меню или панели инструментов и нажать левую кнопку мыши. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу ENTER или SPACE. Выполнение команды можно прервать на любой стадии диалога, нажав клавишу ESC.

6. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

Панели инструментов являются частью интерфейса ***AutoCAD***. Они состоят из кнопок (пиктограмм), предназначенных для быстрого ввода наиболее часто используемых команд. При загрузке ***AutoCAD*** по умолчанию выводятся четыре панели: 1) ***Standard Toolbar*** (Стандартная панель инструментов); 2) ***Object Properties*** (Свойства объектов); 3) ***Draw*** (Рисовать); 4) ***Modify*** (Изменить).

Остальные панели инструментов можно вывести на экран через меню ***View*** (Вид)→***Toolbars*** (Панели). *Удобно выбирать требующуюся панель инструментов нажатием правой кнопки мыши, находящейся на любой пиктограмме панелей инструментов*. Далее рассматриваются наиболее часто используемые панели инструментов.

7. СТАНДАРТНАЯ ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

(*Standard Toolbar*)



– ***New*** (Новый) – создание нового чертежа;



– ***Open*** (Открыть) – загрузка существующего файла;



– ***Save*** (Сохранить) – сохранение текущего файла;



– ***Print Preview*** (Предварительный просмотр) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать;



– ***Plot*** (Печать) – вывод чертежа на плоттер или принтер;



– ***Find and Replace*** (Поиск и замена) – поиск, замена, выбор и показ крупным планом текста на рисунке;



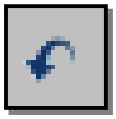
– ***Cut to Clipboard*** (Вырезать) – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка.



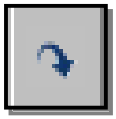
– ***Copy to Clipboard*** (Копировать) – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



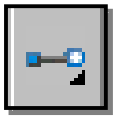
– ***Paste from Clipboard*** (Вставить) – вставка данных из буфера Windows;



– ***Undo*** (Отменить) – отмена действия последней команды;



– ***Redo*** (Повторить) – восстановление только что отменённого действия;



– Подменю ***Object Snap*** (Объектная привязка) – раскрывающийся набор инструментов для выбора объектной привязки;



– Подменю ***UCS*** (ПСК) – раскрывающийся набор инструментов для определения новой пользовательской системы координат;



– Подменю ***Zoom*** (Зумирование) – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



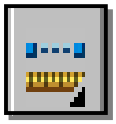
– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– Подменю ***Inquiry*** (Сведения) – раскрывающийся список инструментов:

- - ***Distance*** (Расстояние) – определение расстояния и угла между точками;
- - ***Locate Point*** (Координаты) – определение координат указанной точки;
- - ***Area*** (Площадь) – вычисление площади и периметра объекта;
- - ***Mass Properties*** (Масса) – вычисление массоинерционных характеристик;
- - ***List*** (Список***)*** – вывод информации о примитиве;



– ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) – вызов диалогового окна ***Viewports*** (Видовые экраны);



– ***Named Views*** (Именованные виды) – вызов диалогового окна для работы с видами и выбора аксонометрических проекций;



– ***3D Orbit*** (3М Орбита) – интерактивный просмотр объектов в трёхмерном пространстве; позволяет, изменяя направление взгляда на модель, рассмотреть её с любой точки зрения;



– ***Properties*** (Свойства) – вызов окна для управления свойствами выбранных объектов.

8. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Properties* *(Свойства объекта)*

Панель инструментов ***Object Properties*** (рис.30) облегчает работу со слоями и типами линий и размещается сверху от рабочей зоны чертежа.

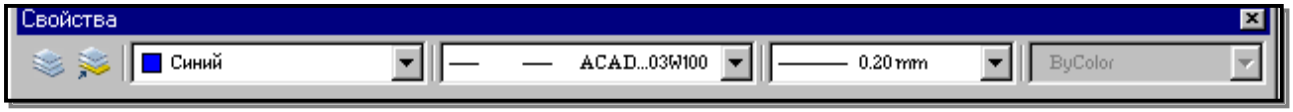
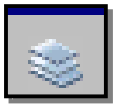


Рис. 30.

Построенные объекты всегда размещаются на определённом слое. Слой – это средство для группировки данных, подобное наложению друг на друга прозрачных калек с фрагментами чертежа («слоёный пирог»). Слои могут быть использованы по умолчанию, а также заданы и именованы пользователем (имя слоя может содержать до 255 символов). Слой может отображаться на экране монитора отдельно или в комбинации с другими слоями, он может быть включён, выключен или заблокирован для редактирования. С каждым слоем связаны определённый цвет, тип и вес (толщина) линии, стиль печати.



– ***Layers*** (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоёв ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя), также может загружаться из падающего меню ***Format*** (Формат)→***Layer…***(Слой).



– ***Make Object's Layers Current*** (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного объекта.

При создании нового рисунка автоматически создаётся слой с именем ***0***. Слой ***0*** не может быть удалён или переименован. С помощью кнопки ***New*** (Новый) диалогового окна ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя) создается новый слой (рис. 31), в котором можно задать другой цвет объекта, тип линии и вес (толщину) линии. После щелчка мышью по этой кнопке в списке слоёв появляется новый слой с временным именем.

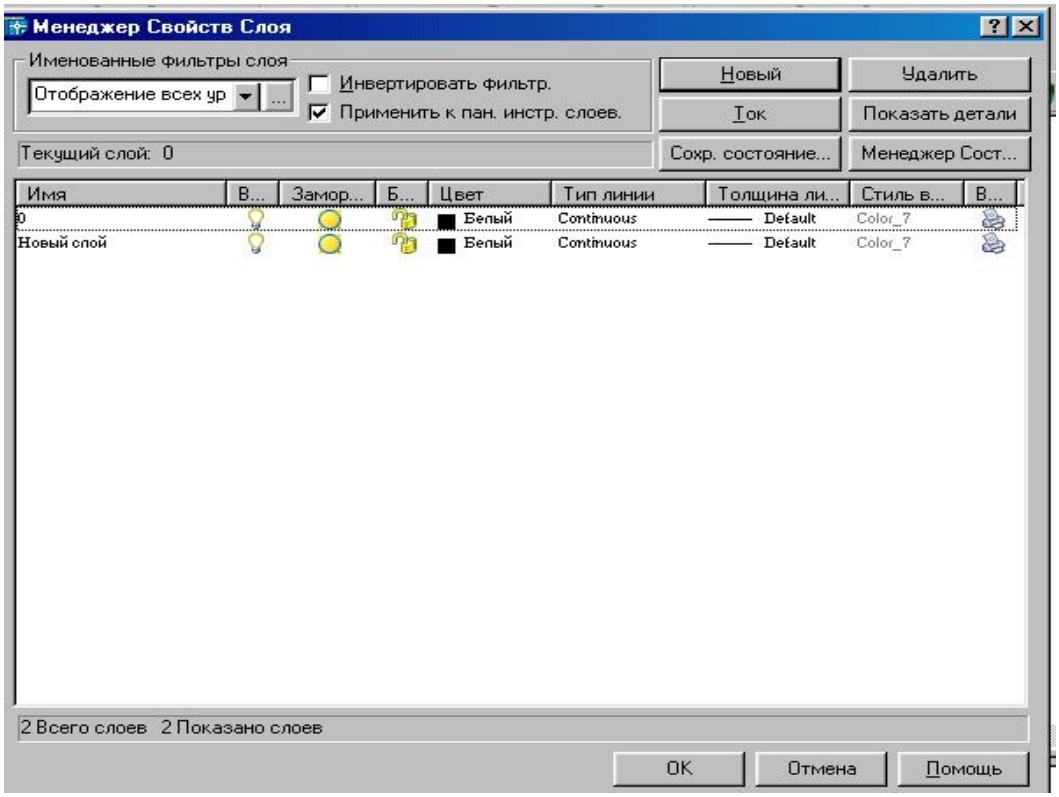


Рис. 31.

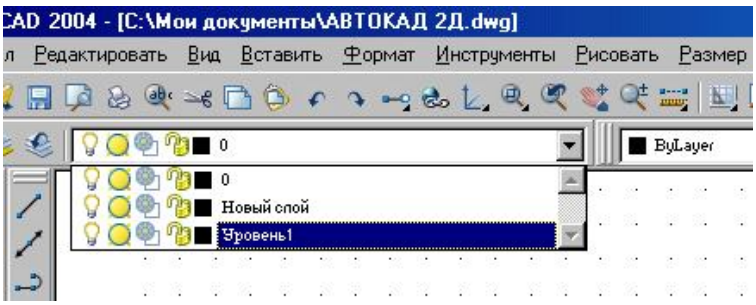


Рис. 32.

Все новые слои именуются в порядке их создания. Чтобы присвоить слою другое имя, необходимо набрать его с клавиатуры в поле временного имени и нажать Enter. Для переименования имеющегося слоя необходимо войти в поле имени слоя двойным щелчком мыши. Для того, чтобы сделать слой текущим, необходимо либо установить курсор мыши на нужный слой и щелкнуть мышью по кнопке ***Current*** (Текущий), либо выбрать его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов (рис. 32).

Управление видимостью слоя.

AutoCAD не отображает на экране объекты, расположенные на невидимых слоях, и не выводит их на плоттер. Если при работе с деталями рисунка на одном или на нескольких слоях рисунок слишком загромождён, допускается отключить или заморозить неиспользуемые слои.

Для запрещения вывода на печать объектов определённых слоёв, например слоёв для вспомогательных линий, можно оставить эти слои видимыми, но отключить их вывод на печать.

Выбор способа отключения видимости слоёв зависит от характера использования слоёв и от сложности рисунка. Замораживание слоёв лучше осуществлять в тех случаях, когда видимость слоя можно отключить на длительное время. В тех случаях, когда требуется частое изменение видимости слоев, лучше использовать отключение слоёв, а не

замораживание. На печать могут выводиться только объекты включенных и размороженных слоёв. Видимый слой печатается, если не отключен его вывод на печать.

Редактировать объекты на блокированных слоях нельзя. Однако они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Можно установить блокированный слой текущим и создавать на нем объёкты.

Для управления слоями используются следующие пиктограммы, которые активизируются при помощи щелчка мышью на соответствующей пиктограмме.

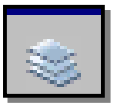


– Раскрывающийся список управления слоями ***Layer*** (Слой) содержит пиктограммы состояний слоя

Название слоя
Цвет слоя
Управление выводом содержимого слоя на печать
Блокирование/Разблокирование слоя
Замораживание/Размораживание слоя на всех видовых экранах
Включение/Отключение слоя

Выполнить упражнение № 1.

Создать слой ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ ***№ 1***



LAYER (Слои)

Падающее меню FORMAT (Формат) → LAYER (Слои)

В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) выбрать кнопку New (Новый) и в появившемся поле нового слоя ввести имя ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ.

В области *Line type* (Тип линии) выбрать (щелчком мыши) Continuous.

В диалоговом окне *Select Line type* (Выбор типа линии) выбрать кнопку *Load…* (Загрузить).

В диалоговом окне *Load or Line type* (Загрузка или Перезагрузка типов линий) выбрать *Hidden 2*

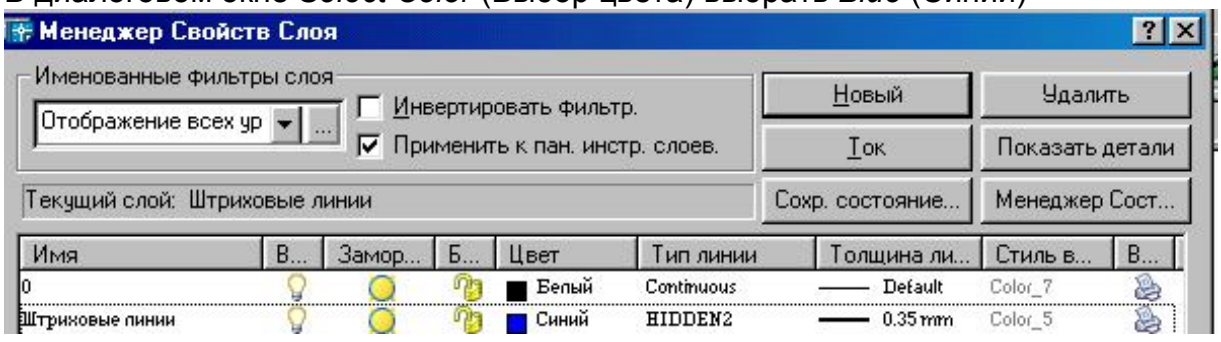
В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) установить *Hidden 2*.

В области *Lineweight* (Толщина линии) выбрать (щелчком мыши) *Default*.

В диалоговом окне *Lineweight* выбрать 0,35.

В области *Color* (Цвет линии) выбрать (щелчком мыши) *White* (Белый).

В диалоговом окне *Select Color* (Выбор цвета) выбрать *Blue* (Синий)



9. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИМИТИВЫ

Примитив – это заранее определённый основной геометрический элемент, при помощи которого строятся более сложные модели. Система ***AutoCAD*** использует обширный набор

примитивов: точки, отрезки, круги, дуги, полилинии (непрерывная последовательность отрезков и дуг), мультилинии (ломаная линия, сегменты которой состоят из нескольких параллельных отрезков), сплайны (гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек), тексты, блоки (именованный объект, сформированный из нескольких примитивов), эллипсы, многоугольники, фигуры (часть плоскости, ограниченная тремя или четырьмя отрезками) и т. д. Общими свойствами, которыми обладают все примитивы, являются принадлежность к слою, цвет и тип линии. Многие примитивы обладают также толщиной. Отдельные примитивы (текст, блок) имеют специальные свойства (угол наклона, точка вставки и др.).

10. ВВОД КООРДИНАТ ТОЧКИ

Ввод координат в **AutoCAD** осуществляется двумя способами:

1. Непосредственно с клавиатуры, путём задания численных значений в командной строке.
2. При помощи графического курсора, который перемещается по экрану мышью или клавишами управления курсором. Ввод координаты осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

При этом в строке состояния, расположенной в нижней части Рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Для удобства ввода координат можно использовать следующие режимы, которые устанавливаются в строке состояния:

- ***ORTHO*** (Орто) – режим, когда изменение происходит только по осям ***x*** или ***y***.
- ***SNAP*** (Шаговая привязка) – привязка к узлам невидимой сетки, определённой с некоторым шагом по ***x*** и ***y***.

КООРДИНАТЫ ТОЧКИ В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости ***xOy***, которая называется плоскостью построений. Точка может быть задана *абсолютными* и *относительными координатами*. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x,y**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координаты ***y***, а также направление (+ или -).

- *Полярные координаты***: …point: ρ<φ**,

где ρ - длина вектора (расстояние), соединяющего точку с началом координат,

φ - угол наклона этого вектора относительно предыдущей точки (< - специальный символ, знак «меньше»). За положительное направление изменения угла принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***x***.

Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***x*** и ***y*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую и приращение по оси ординат ***y***.

- *Полярные координаты*: **…point: @ρ<φ**.

В системе ***AutoCAD*** допускается использовать *прямую запись расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Для ввода координат точки, отстоящей на заданное расстояние и в заданном направлении, необходимо вначале переместить графический курсор в желаемом направлении, а затем напечатать в командной строке требуемое расстояние: **point: 85**.

11. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Draw* (*Рисовать*)

Панель инструментов ***Draw*** (рис. 33) содержит кнопки для вызова команд вычерчивания, наиболее часто используемых графических примитивов.

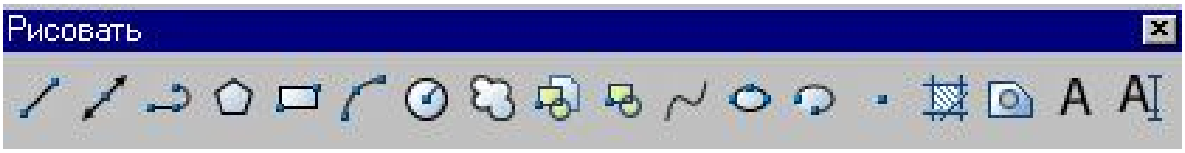


Рис. 33.

Панель инструментов ***Draw*** (Рисовать), показанная на рис. 33, содержит кнопки (пиктограммы) для вызова команд вычерчивания наиболее часто используемых графических примитивов. Для ввода команды достаточно щелкнуть мышью по этой кнопке. Панель инструментов разделена на следующие группы:

- команды для вычерчивания отрезков прямых линий различного типа и специальных линий;
- команды для вычерчивания линий, содержащих прямолинейные и дуговые сегменты, а также прямоугольников и правильных многоугольников;
- команды для вычерчивания рациональных B-сплайнов, окружностей, эллипсов и их дуг;
- команды создания блоков и точек;
- команды нанесения штриховок и создание замкнутых контуров и областей;
- команды нанесения текстов.

12. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Графические примитивы создаются командами рисования, которые вызываются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) или панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

При построении чертежей требуется их редактирование. *Прежде чем редактировать объекты чертежа, необходимо выбрать, то есть указать системе набор примитивов, с которыми предполагается дальнейшая работа. Выбранные примитивы изображаются на экране монитора пунктирными линиями, что служит визуальным подтверждением их выбора.*

Здесь разрешены следующие способы выбора объектов: указание объекта «прицелом» графического курсора; выбор с помощью предполагаемой рамки (для этого графический курсор устанавливают над частью чертежа, нажимают левую кнопку мыши и «растягивают» рамку по диагонали, указывая вторым щелчком мыши размер рамки). Если диагональ рамки определяется слева направо, то выбираются объекты, полностью разместившиеся в окне выбора. Если же диагональ рамки определяется справа налево, то выбираются объекты не только полностью разместившиеся в окне рамки, но и пересекающие рамку.

Иногда невозможно выбрать объекты без случайного указания другого близлежащего объекта. В этом случае нужно указать примитив «прицелом» курсора и щелкнуть левой кнопкой мыши при нажатой клавише *Shift*. Для удаления объектов необходимо выбрать объект и нажать клавишу *Delete*.

12.1. ТОЧКА



Команда ***Point*** (Точка) – формирование точки, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Point*** (Точка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Point*** (Точка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Точка определяется указанием её координат или указанием курсора.



Рис. 34.

Форма точки задается с помощью системной переменной PDMODE, а её размер – с помощью переменной PDSIZE. Значения этих переменных пользователь устанавливает в диалоговом окне ***Point Style*** (Стиль точки), которое вызывается из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Point Style*** (Стиль точки) (рис. 34). В этом диалоговом окне показано 16 образцов значков. Для выбора любого из них нужно щелкнуть мышью на любом из них.

Размер маркера точки может определяться в процентах от размера экрана монитора или в абсолютных единицах. Чтобы настроить размер точки, необходимо выбрать один из переключателей и вписать с клавиатуры нужное значение размера точки.

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ

Линии в ***AutoCAD*** являются базовым примитивом и могут быть различных видов: одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами и без них), пучки параллельных линий (мультилинии), сплайны, а также эскизные линии.

12.2.1. ОТРЕЗОК



Команда ***Line*** (Отрезок) – формирование отрезка – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Line*** (Отрезок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Line*** (Отрезок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Отрезки могут быть одиночными или объединёнными в ломаную линию. *При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом*; если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом (областью), лучше применять полилинии.

При построении непрерывной ломаной линии конец предыдущего звена ломаной является началом следующего. Завершение построения ломаной линии осуществляется после нажатия клавиши ***Enter*** (условное обозначение – ↵). Если же ломаная линия является замкнутой, то в командной строке нужно с клавиатуры набрать слово ***Close*** (Закрыть) или начальную букву этого слова ***C***.

Выполнить упражнения № 2, 3, 4 (см. «Ввод координат точки»).

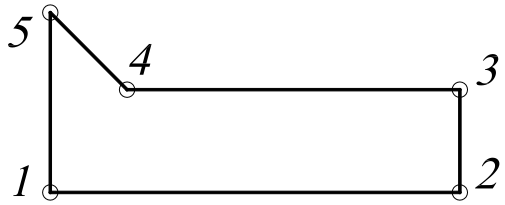
Построить многоугольник, задавая точки в абсолютных координатах № 2

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	100, 20	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	100, 40	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	35, 40	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	20, 55	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	Close	замкнуть ↵

Undo

Отмена последнего действия

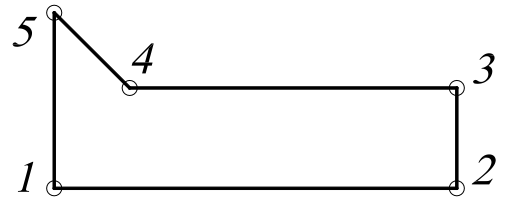


Построить многоугольник, задавая точки в относительных координатах № 3

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80, 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 0, 20	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -65, 0	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -15, 15	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2

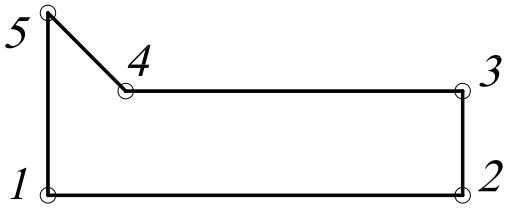


Построить многоугольник, задавая точки в полярных координатах № 4

Line Падающее меню ***Draw → Line***

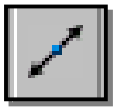
Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80 < 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 20 < 90	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 65 < 180	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 21 < 135	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2



12.2.2. ПРЯМАЯ И ЛУЧ

В ***AutoCAD*** допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* или *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных линий при построении объектов, и удобнее строить их в отдельных слоях.



Команда ***XLine*** (Прямая) – формирование прямой – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Construction line*** (Конструкционная прямая) или щелчком мыши по пиктограмме ***Construction line*** (Конструкционная прямая) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда ***XLine*** (Прямая) применяется в двумерном и трехмерном черчении.

Опции команды ***XLine*** (Конструкционная прямая):

- ***Hor*** (Гор) – для построения горизонтальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать h \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ver*** (Вер) – для построения вертикальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать v \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ang*** (Угол) – для построения наклонной вспомогательной прямой линии нужно ввести с клавиатуры a \Enter. Далее AutoCAD выведет дополнительные запросы:
  Enter angle of xline (0) or [Reference] \ Задайте угол наклона или…
  Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:

После ответа на эти запросы система строит вспомогательную линию через указанную точку под заданным углом. Задавая следующие точки, можно строить пучок линий, параллельных первой построенной линии. Если в ответ на запрос - Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:…- нажать клавишу Enter, то это действие приведёт к завершению работы с командой.

- ***Bisect*** (Биссект) –эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла;
- ***Offset*** (Смещение) – по смещению от заданной линии (следует задать величину смещения, выбрать базовую линию и указать, с какой стороны должна проходить прямая).



Команда ***Ray*** (Луч) – построение луча – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ray*** (Луч) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ray*** (Луч) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Эта команда применяется при выполнении вспомогательных построений, которые используются как база при вычерчивании контурных линий. В отличие от прямых, бесконечных с обеих сторон, луч не имеет конца только в одном направлении, что позволяет снизить загромождённость рисунка.

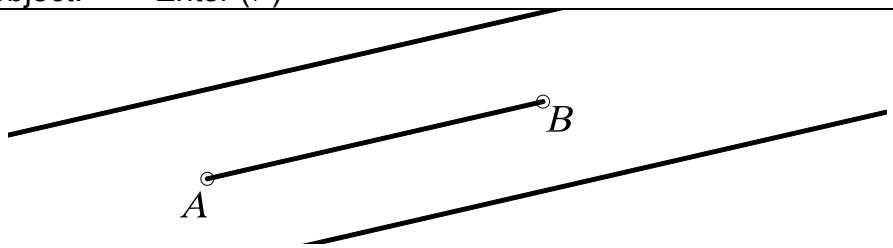
Выполнить упражнение № 5.

Построить вспомогательную прямую,
с величиной смещения 20 от заданного отрезка AB ***№ 5***

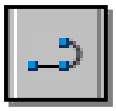


XLine Падающее меню ***Draw → XLine***

XLine Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: offset задать опцию - смещение
Specify offset distance or [Through] < Through>: 20 задать расстояние 20 или <по умолчанию>
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув выше отрезка AB
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув ниже отрезка AB
Select a line object: Enter (↵)



12.2.3. ПОЛИЛИНИЯ



Команда ***PLine*** (ПЛиния) – построение полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Polyline*** (Полилиния) или щелчком мыши по пиктограмме ***Polyline*** (Полилиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***PLine*** (ПЛиния) служит для вычерчивания линии заданной толщины, состоящей из непрерывной последовательности отрезков прямых линий и дуг окружностей, и обрабатывается системой как графический примитив. Разрешено многократное переключение между режимом вычерчивания отрезков прямых и режимом вычерчивания дуг окружностей. Каждый режим имеет собственный набор параметров, который повторяется после вычерчивания каждого сегмента. По умолчанию эта команда использует режим вычерчивания отрезков прямых линий. При вычерчивании дуги окружности на экране монитора последовательно визуализируются её промежуточные положения.

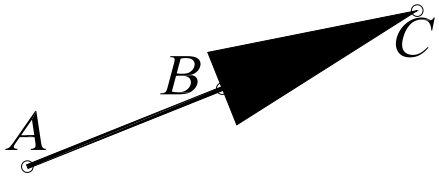
После вызова команды система выдает запрос о местоположении начальной точки. После ввода координат (с клавиатуры или с помощью графического курсора) появляется сообщение о текущей толщине линии Current line-width is 0.0000 (Текущая ширина линии равна 0.0000). Затем появляется список параметров команды:

- ***Arc*** (Дуга) – переход в режим дуг;
- ***Close*** (Замкнуть) – замыкает полилинию отрезком;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
- ***Length*** (Длина) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
- ***Undo*** (Отменить) – отменяет последний созданный сегмент;
- ***Width*** (Ширина) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Опции команды ***PLine*** (ПЛиния) в режиме дуг:

- ***Angle*** (Угол) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга вычерчивается против часовой стрелки. Если требуется построить дугу по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
- ***CEnter*** (Центр) – указать центр дуги;
- ***Close*** (Замкнуть) – замкнуть дугой;
- ***Direction*** (Направление) – задать направление касательной;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – определить полуширину полилинии;
- ***Line*** (Линейный) – переход в режим отрезков;
- ***Radius*** (Радиус) – ввести радиус дуги;
- ***Second pt*** (Вторая) – вторая точка дуги по трём точкам. Если дуга не является сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
- ***Undo*** (Отменить) – отменить последнюю точку;
- ***Width*** (Ширина) – определить ширину полилинии.

Выполнить упражнения № 6, 7, 8, 9.

Построить полилинию с переменной толщиной	***№ 6***
 ***PLine***	Падающее меню ***Draw → Polyline***
	Specify start point: 90,50 начальная точка A
	Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w	ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 1	стартовая ширина
Specify ending width <1.0000>: 1	конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 140, 70	точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w	ширина полилинии
Specify starting width <1.0000>: 20	стартовая ширина
Specify ending width <20.0000>: 0	конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 190, 90	точка C
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Enter	
	

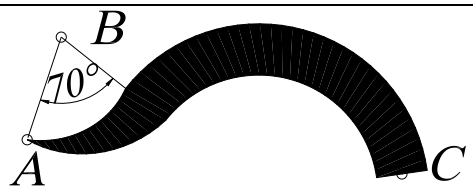
Многократное применение параметра Undo приводит к последовательному уничтожению сегментов полилинии и соответствующему переключению режимов работы команды.

Построить полилинию в режиме дуг *№ 7*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 0 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 15 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Ang задать углом
Specify included angle: 70 величина угла
Specify endpoint of arc or [Center/Radius]: Cen задать центр
Specify center point of arc: 100, 80 точка B
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: 200,40 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter

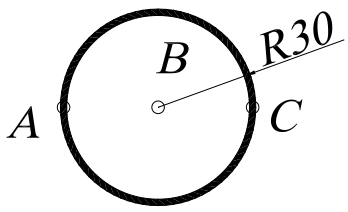


Построить окружность командой полилиния *№ 8*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

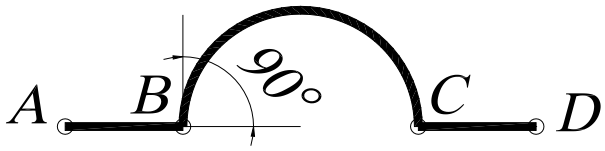
Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CE задать центром
Specify center point of arc: 120, 50 точка B
Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: @150, 0 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CL замкнуть



Построить полилинию с помощью направления	*№ 9*

PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 120 ,50 точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/…/Second pt/Undo/Width]: Dir задать направлением
Specify the tangent direction for the start point of arc: 90 направление от точки A
Specify endpoint of the arc:180, 50 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: Line режим линий
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 210 ,50 точка D
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter



12.2.4. СПЛАЙН



Команда ***Spline*** (Сплайн) – построение сплайна – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Spline*** (Сплайн) или щелчком мыши по пиктограмме ***Spline*** (Сплайн) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Система ***AutoCAD*** вычерчивает неоднородные рациональные B-сплайны (NURBS-кривые). Сплайны могут быть как двумерными, так и трёхмерными объектами, которые строятся на основе некоторого множества точек.

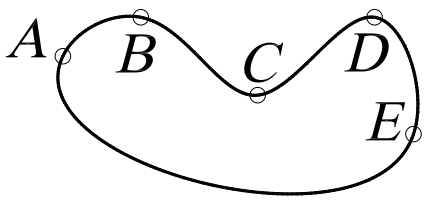
Выполнить упражнение № 10.

Построить сплайн	*№ 10*



Spline Падающее меню ***Draw*** → ***Spline***

Specify first point or [Object]: 90,50 начальная точка A
Specify start point: 110,60 точка B
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 140,40 точка C
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 170,60 точка D
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 180,30 точка E
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: Close замкнуть
Specify tangent: Enter



Замечания:

1. Выбор параметра Object в первом основном запросе системы позволяет преобразовать существующие сглаженные сплайном полилинии в правильный сплайн. После ввода этого параметра следует указать существующую полилинию, сглаженную сплайном.
2. Сплайн обрабатывается системой как единый объект.
3. Толщина линии не задается и соответствует толщине, установленной для текущего слоя.
4. Параметр Close можно использовать, если предварительно вычерчено не менее двух сегментов.
5. Параметр Fit tolerance используется, если необходимо задать, насколько близко к введенным точкам должен проходить сплайн. Величина допуска сглаживания выражается в единицах измерения текущего чертежа. По умолчанию принято значение допуска 0, при котором сплайн проходит точно по данным точкам.
6. Параметр <start tangent> (определить касательную к сплайну) задается по умолчанию (скобки вида < > определяют параметр по умолчанию). Для выбора принятого по умолчанию направления касательной следует нажать клавишу Enter или, перемещая точку с помощью курсора, определяющую направление касательной, задать форму кривой.

12.3. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

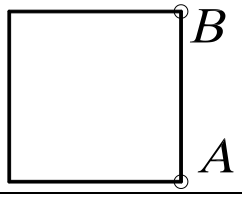
12.3.1. МНОГОУГОЛЬНИК

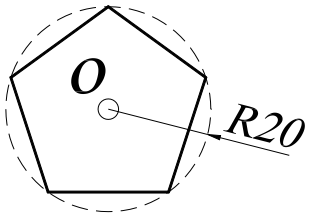


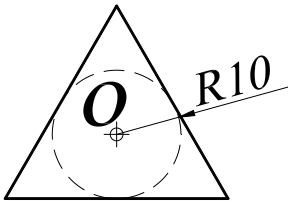
– Команда ***Poligon*** (Многоугольник) – построение правильного многоугольника с числом сторон от 3 до 1024 – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Poligon*** (Многоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Poligon*** (Многоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

- ***Edge*** (Сторона) – задание длины одной стороны;
- ***Inscribed in circle*** (Вписанный в окружность) – определяет способ построения многоугольника
- ***Circumscribed about circle*** (Описанный вокруг окружности) – определяет способ построения многоугольника как описанного вокруг некоторой окружности (как вписанного в некоторую окружность);

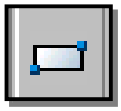
Выполнить упражнения № 11, 12, 13.

Построить многоугольник по известной стороне		***№ 11***
 ***Polygon***	Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon***	
	Enter number of side <4>: 4	количество сторон
	Specify center of polygon or [Edge]: E	задать стороной
	Specify first endpoint of edge: 90, 50	точка A
	Specify second endpoint of edge: 90, 100	точка B
		

Построить многоугольник, вписанный в окружность	*№ 12*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 5 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: i вписанный многоугольник в окружность Specify radius of circle: 20 радиус окружности	
	

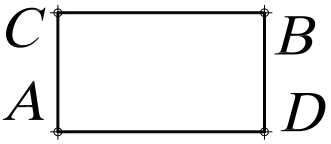
Построить многоугольник, описанный вокруг окружности	*№ 13*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 3 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: c описанный многоугольник вокруг окружности Specify radius of circle: 10 радиус окружности	
	

12.3.2. ПРЯМОУГОЛЬНИК



Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) – построение прямоугольника – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Rectangle*** (Прямоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rectangle*** (Прямоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Прямоугольник строится по двум любым диагональным точкам.

Выполнить упражнение № 14.

Построить прямоугольник	*№ 14*
 ***Rectangle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle*** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A (или точку C) Specify other corner point: указать точку B (или точку D)	
	

Опции команды ***Rectangle*** (Прямоугольник):

- ***Chamfer*** (Фаска) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определёнными фасками;
- ***Fillet*** (Сопряжение) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённым радиусом сопряжения углов;
- ***Width*** (Толщина) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии.

Во всех случаях система предлагает параметры по умолчанию, которые проставлены в скобках <…>.

Выполнить упражнения № 15, 16.

Построить прямоугольник с фасками ***№ 15***



Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

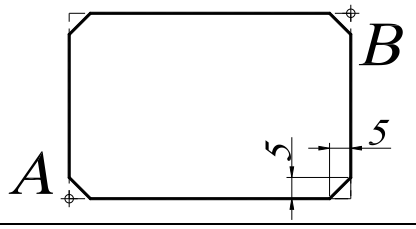
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: c — задать фаски

Specify first chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — первый размер фаски

Specify second chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — второй размер фаски

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Построить прямоугольник с сопряжением углов ***№ 16***



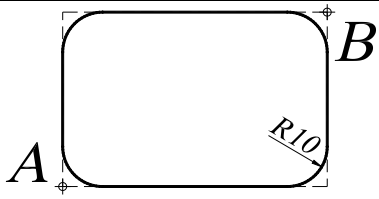
Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f — задать радиус сопряжения

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 5 — размер радиуса сопряжения

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Замечания:

1. Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) формирует полилинию, поэтому прямоугольник можно рассматривать как единый объект.
2. Параметр Width используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии. Если задать значение толщины, равное нулю, то линия вычерчивается с толщиной, установленной для текущего слоя.
3. Использование параметров Elevation, Thickness, Width позволяет создать трёхмерный объект (параллелепипед с прямоугольником в основании).

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ, ЭЛЛИПСОВ И ИХ ДУГ

12.4.1. ОКРУЖНОСТЬ



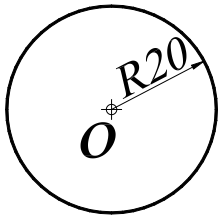
– Команда ***Circle*** (Круг) – построение окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Circle*** (Круг) или щелчком мыши по пиктограмме ***Circle*** (Круг) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение выполняется путём задания центра и радиуса.

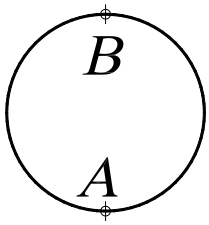
Опции команды ***Circle*** (Круг):

- ***3P*** (3Т) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
- ***2P*** (2Т) – по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ***Ttr*** (ККР) – по двум касательным и радиусу;
- ***Tan Tan Tan*** (Кас Кас Кас) – окружность, касающаяся трёх объектов. В этом случае система автоматически включает режим объектной привязки Tangent (см. панель инструментов «Объектная привязка»).

При построении окружности, касательной к двум примитивам, необходимо указать графическим курсором на экране монитора приблизительную точку касания на заданных примитивах. Данный способ построения окружности предполагает её вычерчивание как касательной к двум отрезкам прямых, касательной к двум окружностям, касательной к отрезку и окружности.

Выполнить упражнения № 17 - 26 (для выполнения упражнений постройте примитивы, показанные штриховой линией).

Построить окружность по центру и радиусу	***№ 17***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 100,100 центр O Specify radius of circle or [Diameter]: 20 радиус окружности	
	

Построить окружность по двум точкам диаметра	***№ 18***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B	
	

Построить окружность по трём точкам	*№ 19*



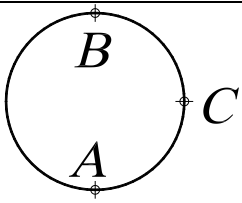
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A

Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B

Specify third end point of circle's diameter: 120,70 точка C



Построить окружность, касательную двум примитивам	*№ 20*



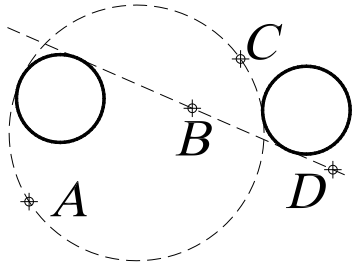
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность, касательную к прямой	*№ 21*



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

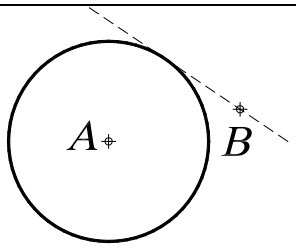
Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:

указать центр окружности A

Specify radius of circle or [Diameter]:_ tan to щелкнуть мышью по пик-тограмме панели объектной привязки Tangent и



указать на точку B



Построить окружность, касательную двум окружностям ***№ 22***



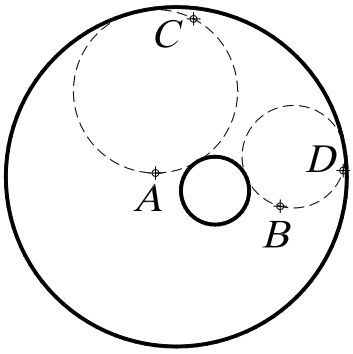
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность по двум точкам диаметра, лежащим на концах отрезка ***№ 23***

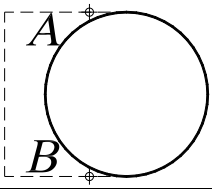


Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P

Specify first end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку A

Specify second end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку B



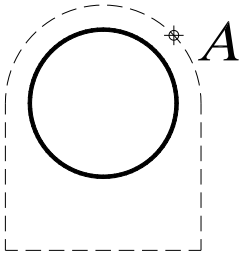
Построить концентрическую окружность ***№ 24***



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:  щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки CENter и указать графическим курсором на точку A

Specify radius of circle or [Diameter]: 15 радиус окружности



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 25***



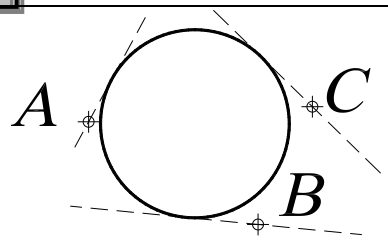
Circle Падающее меню ***Draw → Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 26***



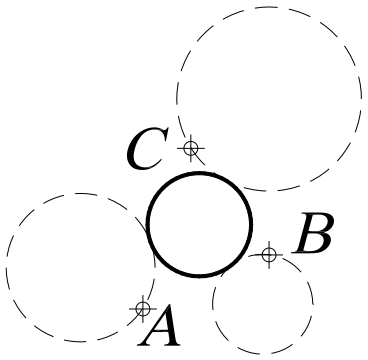
Circle Падающее меню ***Draw → Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



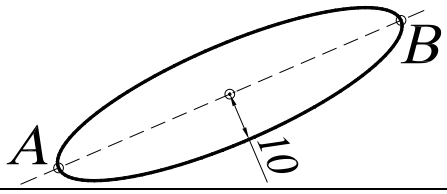
12.4.2. ЭЛЛИПС

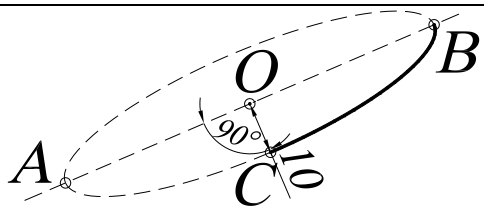


– Команда ***Ellipse*** (Эллипс) – построение эллипса – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ellipse*** (Эллипс) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ellipse*** (Эллипс) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Эллипсы можно строить различными способами. По умолчанию строится путём указания начала и конца первой оси эллипса, а также половины второй оси.

- ***Center*** (Центр) – построение эллипса по точке его центра и двум конечным точкам его осей;
- ***Arc*** **(**Дуга**) –** режим построения эллиптических дуг. По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путём указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. За начало отсчёта углов эллиптической дуги принимается большая ось эллипса. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.

Выполнить упражнения №27, 28

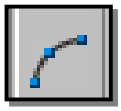
Построить эллипс по двум осям	***№ 27***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis [Rotation]: 10 длина половины оси	
	

Построить эллиптическую дугу	***№ 28***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: A режим построения дуг Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis or [Rotation]: 10 длина половины оси Specify start angle or [Parameter]: 90 угол AOC Specify end angle or [Parameter/ Included angle]: 180 угол AOB	
	



Для построения эллиптической дуги можно использовать команду - ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

12.4.3. ДУГА ОКРУЖНОСТИ

 – Команда ***Arc*** (Дуга) – построение дуги окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Arc*** (Дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Arc*** (Дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Дуги строятся различными способами, однако по умолчанию построение производится по трём точкам – начальной, промежуточной и конечной.

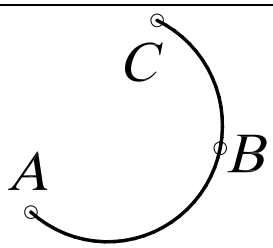
Опции команды ***Arc*** (Дуга):

- ***Center*** (Центр) – точка центра дуги;
- ***End*** (Конец) – конечная точка дуги;
- ***Angle*** (Угол) – величина угла;
- ***Chord Length*** (**Длина хорды**) – длина хорды;
- ***Direction*** (Направление) – направление касательной;
- ***Radius*** (Радиус) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги окружности по следующим трём параметрам:

1) ***3 Point*** (3 точки) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
2) ***St, C, End*** (Н, Ц, К) – по стартовой точке, центру и конечной точке дуги (положительным считается направление против часовой стрелки);
3) ***St, C, Ang*** (Н, Ц, Угол) – по стартовой точке, центру и углу;
4) ***St, C, Len*** (Н, Ц, Длин) – по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180^0). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет построена большая дуга;
5) ***St, E, Ang*** (Н, К, Угол) – по стартовой точке, конечной точке и углу;
6) ***St, E, Dir*** (Н, К, Напр) – по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
7) ***St, E, Rad*** (Н, К, Рад) – по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Меньшая дуга строится против часовой стрелки;
8) ***Ce, S, End*** (Ц, Н, К) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
9) ***Ce, S, Ang*** (Ц, Н, Угол) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
10) ***Ce, S, Len*** (Ц, Н, Длин) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
11) ***ArcCont*** (ПродДуг) – построение дуги как продолжение отрезка или дуги.

Выполнить упражнения № 29 – 33.

Построить дугу по трём точкам	***№ 29***
 ***Arc*** Падающее меню ***Draw*** → ***Arc (3 point)*** Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A Specify second point of arc or [Center/End]: 130, 260 точка B Specify start point of arc: 120,280 точка C	
	

Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла	*№ 30*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Ang)***

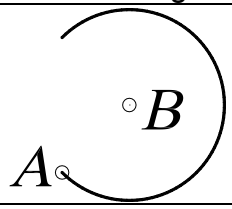
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 110, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify included angle: 270 угол



AutoCAD всегда проводит дугу от начальной точки в направлении против часовой стрелки. Две дуги, построенные одним и тем же способом, могут совершенно отличаться друг от друга. В следующих упражнениях показаны различия в построении одних и тех же дуг, но с противоположным значением длины хорды, размера радиуса. Необходимо помнить, что положительным считается направление против часовой стрелки.

Построить дугу по начальной точке, центру и длине хорды	*№ 31*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Len)***

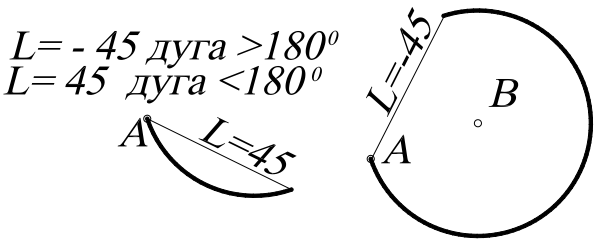
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 130, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: - 45 длина хорды



Построить дугу по двум точкам и радиусу	*№ 32*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Rad)***

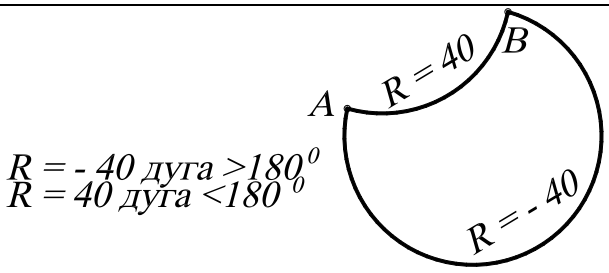
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

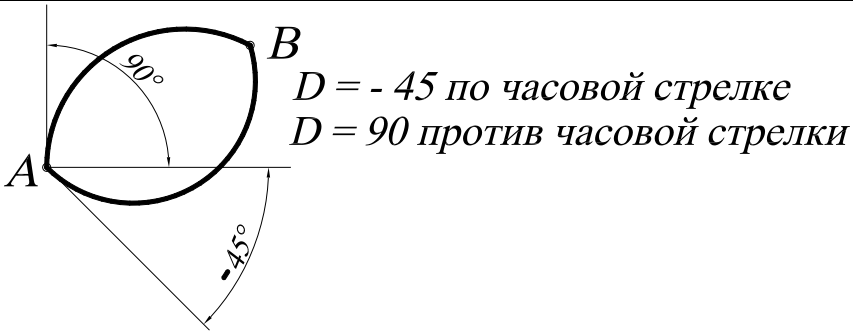
Specify end point of arc:150,280 конечная точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: r

Specify radius of arc: -40



Построить дугу по двум точкам и касательной		*№ 33*
Arc	Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Dir)***	
	Specify start point of arc or [Center]: 80,420	точка A
	Specify second point of arc or [Center/End]: e	
	Specify end point of arc: 130,450	точка B
	Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: d	
	Specify tangent direction for the start point of arc: -45	направление



13. ТЕКСТОВЫЕ СТИЛИ

При нанесении надписи в ***AutoCAD*** используется некоторый текстовый стиль, который задает высоту, угол поворота, ориентацию и др. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDART, пользователь создает по своему желанию. Создание текста и команды его регенерации производятся в диалоговом окне ***Text Style*** (Текстовые стили) (рис. 35), вызываемом из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Text Style*** (Текстовые стили).

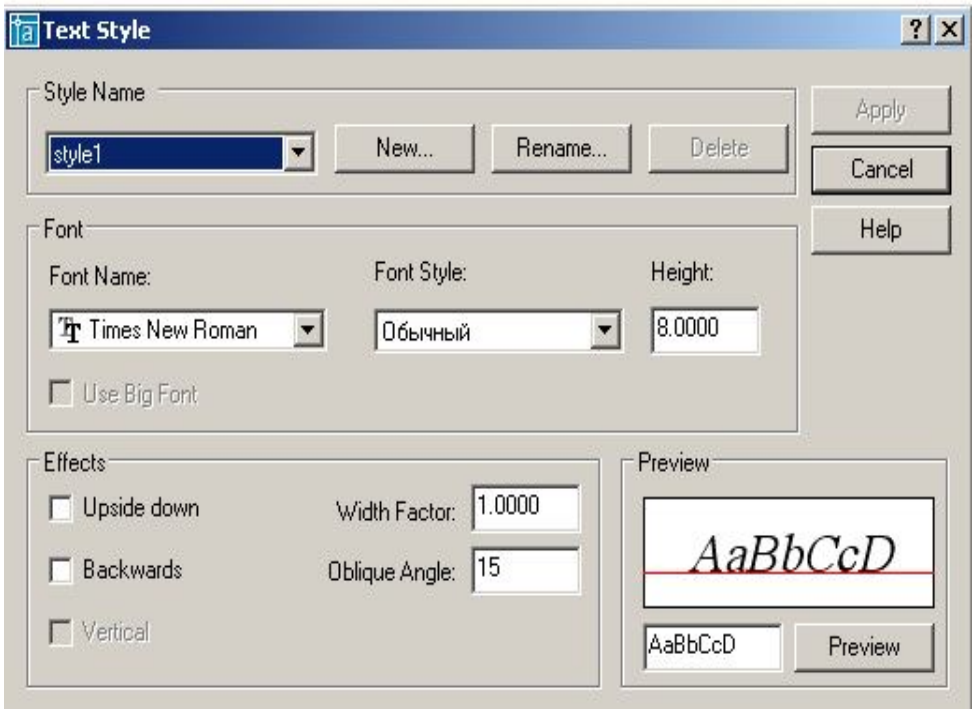


Рис. 35.

Для создания нового стиля необходимо щелкнуть мышью по кнопке ***New*** (Новый), при этом открывается диалоговое окно ***New Text Style*** (Новый текстовый стиль), в котором задается имя создаваемого стиля. Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне ***Text Style*** (**Текстовые стили**), которые, как правило, нуждаются в изменении.

В области ***Font*** (Шрифт) в раскрывающемся списке поля ***Font Name***: (Имя шрифта:) следует выбрать подходящий шрифт, например Times New Roman. Сделанные изменения для нового шрифта иллюстрируются в поле ***Preview*** (Образец).

Высота текста задается в поле ***Height:*** (Высота:) и определяет размер знаков используемого шрифта. Если в процессе описания стиля текста задана фиксированная высота текста, при создании однострочных надписей запрос ***Height:*** (Высота:) не выводится. При необходимости нанесения надписей разной высоты с использованием одного и того же текстового стиля следует при его создании указать высоту, равную 0.

Угол наклона текста задается в поле ***Oblique Angle*** (Угол наклона). Угол наклона текста задается от вертикальной линии по часовой стрелке.

13.1. ОДНОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Надписи на чертежах могут представлять собой сложные спецификации, элементы основной надписи, заголовки и т. п. Небольшие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются в виде однострочных текстов при помощи команды ***TEXT*** (**ТЕКСТ**). Однострочные тексты удобно применять для заголовков.



– Команда ***TEXT*** (Текст) – формирование текста – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***TEXT*** (Текст) → ***Single Line Text*** (Однострочный) или щелчком мыши по пиктограмме ***TEXT*** (Текст) одноимённой панели инструментов.

Однострочный текст формируется по следующим опциям команды:

- ***Style*** (**Стиль**) – установление нового текстового стиля, путем выбора его из имеющихся стилей;
- ***Justify*** (**Выравнивание**) – выравнивание текстовой строки с использованием ключей выравнивания:

1. ***Align***, ***Fit*** – формируют вписанный текст между двумя введёнными точками:



– ***Align*** – высота и ширина каждого символа вычисляется автоматически;



– ***Fit –AutoCAD*** запрашивает высоту шрифта и автоматически подбирает ширину символа;

2.***Center***, ***Middle*** – центрирует текст относительно введенной точки:



– ***Center*** – центрирование текста по горизонтали;

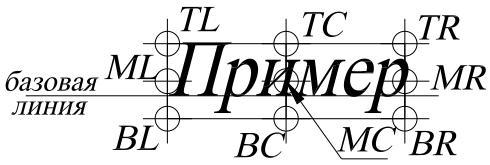


– ***Middle*** – центрирование текста по горизонтали и по вертикали;

3.***Right*** – выравнивание текста по правому краю:



4. Выравнивание текста относительно указанной точки, обозначаемой следующими символами – ***TL***, ***TC***, ***TR***, ***ML***, ***MC***, ***MR***, ***BL***, ***BC***, ***BR***, аббревиатуры слов:
T – ***Top*** (верхний), ***M*** – ***Middle*** (средний), ***B*** – ***Bottom*** (нижний), ***L*** – ***Left*** (левый), ***C***-***Center*** (центр), ***R*** – ***Right*** (правый).



Выполнить упражнения № 34 – 40.

Сформировать однострочный текст	***№ 34***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
Current text style:  "Standard"  Text height:  8.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: 100,500     начальная точка 1
                Specify height <8.0000>: 20                 высота текста
          Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                                Enter text: пример          формируемая надпись
                                Enter text: выполнения      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

1 пример
выполнения

Для продолжения многострочных текстов команду ***Text*** повторяют обычным, принятым в системе способом, а затем на первый запрос отвечают нажатием клавиши ENTER. Тогда новая строка текста разместится под последней строкой вычерченного перед этим текста и будет иметь тот же текстовый стиль, высоту и угол поворота (см. упражнение 34).

Сформировать однострочный вписанный текст	***№ 35***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
                                Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
          Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Align            вписанный
       Specify first endpoint of text baseline: 150,490                      точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 240,490                            точка 2
                                Enter text: пример                 формируемая надпись
                                Enter text: вписанного текста      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

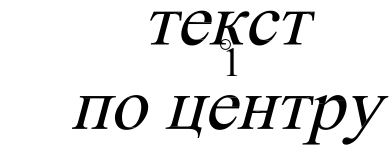
1 *пример* 2
вписанного текста

Сформировать текст, выровненный по центру	*№ 36*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
                    Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Center     по центру
                  Specify center point of text: 60,530                точка 1
                    Specify height <15.0000>: 10                      высота символа
                    Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                    Enter text: текст                                 формируемая надпись
                    Enter text:  по центру                            формируемая надпись
                    Enter text: <ENTER>
```



Первоначальное представление строки текста на экране дисплея не зависит от выбора параметра. Текст модифицируется в соответствии с указанным параметром в момент окончания работы команды.

Сформировать текст, выровненный по ширине	*№ 37*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
Current text style:  "style2"  Text height:  10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Fit       по ширине
Specify first endpoint of text baseline: 10,610                       точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 70,610                      точка 2
Specify height <10.0000>: 10                                      высота символа
Enter text: Текст,                                                формируемая надпись
Enter text: выровненный по ширине                                 формируемая надпись
Enter text: <ENTER>
```



Сформировать текст, выровненный по средней точке **№ 38**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Middle
— по средней точке
Specify middle point of text: 170,620 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота
Enter text: **Надпись,** — формируемая надпись
Enter text: **выровненная по средней точке** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Надпись,
выровненная по средней точке

Сформировать текст, выровненный вправо **№ 39**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Right — вправо
Specify right endpoint of text baseline: 240,680 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота строки
Enter text: **Текст**, — формируемая надпись
Enter text: **выровненный вправо** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Текст,
выровненный вправо

Создать новый наклонный стиль **№ 40**

Падающее меню ***Format*** → ***Text Style***
В диалоговом окне ***Text Style*** выбрать кнопку *New* (Новый)
В поле Style Name: указать новое любое имя стиля
В раскрывающемся списке названий шрифтов ***Font Name:*** выбрать arial
В поле Oblique Angle: (Угол наклона:) указать 10 градусов
В поле Height: (Высота:) указать 0
Используя команду  ***TEXT*** написать свое имя, фамилию

решение
новых вопросов

Использование специальных символов в однострочном тексте осуществляется с помощью управляющих кодов, которые вводятся в командную строку непосредственно перед вводом текста:

- %%o – включает или выключает режим надчеркивания символов;
- %%u - включает или выключает режим подчеркивания символов;
- %%d – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «градус» (°);
- %%p – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «плюс-минус» (±);
- %%c – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «диаметр окружности» (∅).

13.2. МНОГОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Многострочный текст используется для нанесения многострочных текстов на чертежах.



– Команда ***MTEXT*** (**МТЕКСТ**) – формирование многострочного текста - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Text*** (Текст) → ***Multiline Text*** (Многострочный текст) или щелчком мыши по пиктограмме ***Multiline Text*** (Многострочный текст) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

В ответ на команду система выдает в первой строке сообщение, а затем запрос: Current text style: "Standard" Text height: 8 (Текущий текстовый стиль).

Specify first corner: (Задайте первый угол:). Задать координаты первой точки рамки текстового окна (с помощью клавиатуры или графическим курсором).

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]: (Задайте противоположный угол или…)

- ***Height*** используется, если необходимо изменить высоту символов многострочного текста;
- ***Justify*** используется, если необходимо изменить способ выравнивания многострочного текста;
- ***Line spacing*** используется, если необходимо изменить расстояния между строками в текстовом окне;
- ***Rotation*** используется, если необходимо изменить угол поворота рамки текстового окна;
- ***Style*** используется, если необходимо изменить текстовый стиль;
- ***Width*** используется, если необходимо задать ширину рамки текстового окна.

После указания размеров абзаца загружается диалоговое окно ***Text Formatting*** (Форматирование текста) (рис. 36), которое содержит средства форматирования символов текста:

- Font – раскрывающийся список выбора шрифтов;
- Font Height – раскрывающийся список ввода высоты шрифта;
- Bold – кнопка установки полужирного начертания символов;
- Italic – кнопка начертания символа курсивом;
- Underline – кнопка установки начертания символа с подчеркиванием;
- Undo – кнопка отмены;
- Stack/Unstack – кнопка установки начертания дробей в одну или две строки;
- Text Color – раскрывающийся список выбора цвета символа.

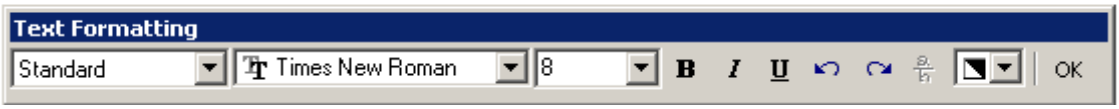


Рис. 36.

14. БЛОК

Пакет ***AutoCAD*** предоставляет пользователю различные способы работы с данными в чертежах. В том случае, когда часто встречается одна и та же группа объектов (крепежные изделия, подшипники, уплотнения и т. п.), целесообразно использовать блоки. *Блоки* – это именованные объекты, состоящие из любого количества примитивов системы ***AutoCAD***. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабирование и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки. При создании блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Возможны два типа блоков: *локальные* и *автономные*. Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж. Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию для хранения вместе с блоком, которую допускается редактировать в процессе вставки блока. Распространенный пример использования атрибутов – заполнение основной надписи чертежа.

14.1. СОЗДАНИЕ БЛОКОВ



– Команда ***Block*** (Блок) – создание локального блока из объектов текущего чертежа - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Block*** (Блок) → ***Make*** (Создать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Make Block*** (Создать блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда раскрывает диалоговое окно ***Block Definition*** (Описание блока), представленное на рис. 37.

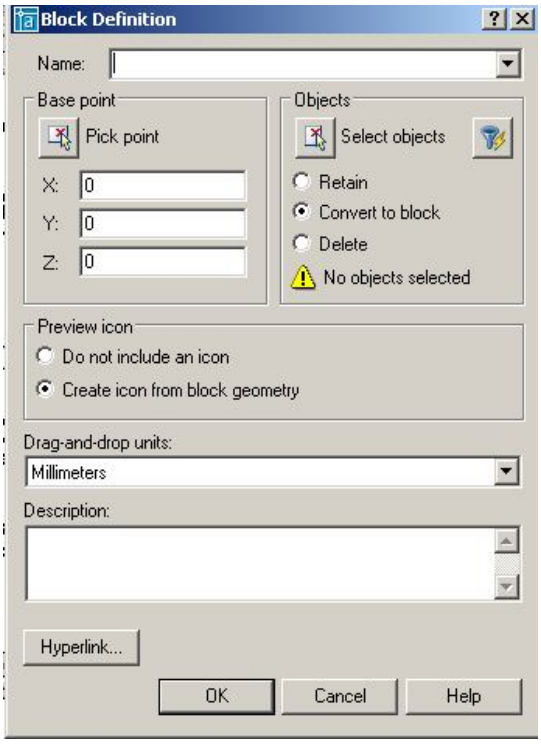


Рис. 37.

При создании блока в диалоговом окне ***Block Definition*** (Описание блока) следует:

- в поле ***Name:*** (Имя:) ввести имя создаваемого блока;
- в области ***Objects*** (Объекты) нажать кнопку ***Select objects*** (Выбрать объекты) и выбрать объекты на экране монитора, подлежащие включению в блок. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу ***Enter*** после окончания выбора объектов и диалоговое окно снова откроется;
- в области ***Base point*** (Базовая точка) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку ***Pick point*** (Указать) для выбора базовой точки. После щелчка по этой кнопке диалоговое окно временно закрывается, и пользователь имеет возможность указать базовую точку на изображении блока;
- в поле ***Description*** (Пояснение) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем;
- кнопка ***Hyperlink*** позволяет включить в описание создаваемого объекта гиперсвязь.

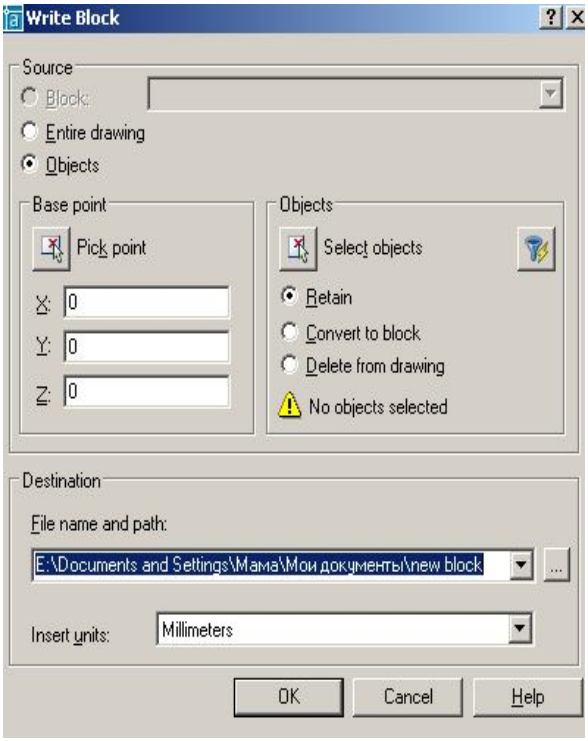
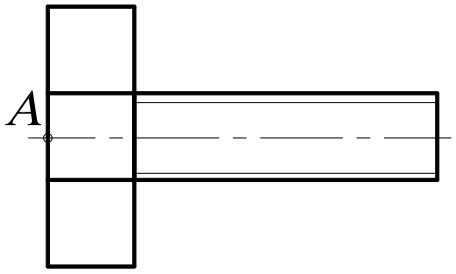


Рис. 38.

Для создания автономных блоков применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК), которая вызывается через командную строку: ***WBLOCK*** (***W***). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Write Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 38, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном чертеже.

Выполнить упражнение № 41 (для выполнения упражнения создайте чертёж, показанный в данном упражнении).

Создать локальный блок	***№ 41***
Block Падающее меню ***Draw*** → ***Block*** → ***Make*** В диалоговом окне ***Block Definition*** в поле Name: ввести произвольное имя создаваемого блока, например, BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***Pick point***. Specify insertion base point: указать точку A Щелкнуть мышью по кнопке ***Select objects*** Select objects: выбрать весь объект рамкой. Select objects: <ENTER> Щелкнуть мышью по кнопке OK.	
	

14.2. ВСТАВКА БЛОКА

– Команда ***Insert*** (Вставить) – служит для вставки ранее созданного блока или чертежа из файла в текущий чертёж. Вызывается из падающего меню ***Insert*** (Вставить) → ***Block*** (Блок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Insert*** (Вставить) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Insert*** (Вставить), представленное на рис. 39.

Раскрывающийся список ***Name:*** (Имя:) позволяет выбрать для вставки в текущий чертёж существующий локальный блок. Чтобы вставить в текущий чертёж автономный блок,

нужно нажать кнопку ***Browse***, а затем выбрать необходимый файл. Информационное поле ***Path*** содержит путь к отобранному файлу автономного блока. Флажок ***Explode*** (Взорвать) разрешает системе при вставке блока расчленить его на исходные данные.

Диалоговое окно ***Insert*** (Вставить) содержит три основные панели.

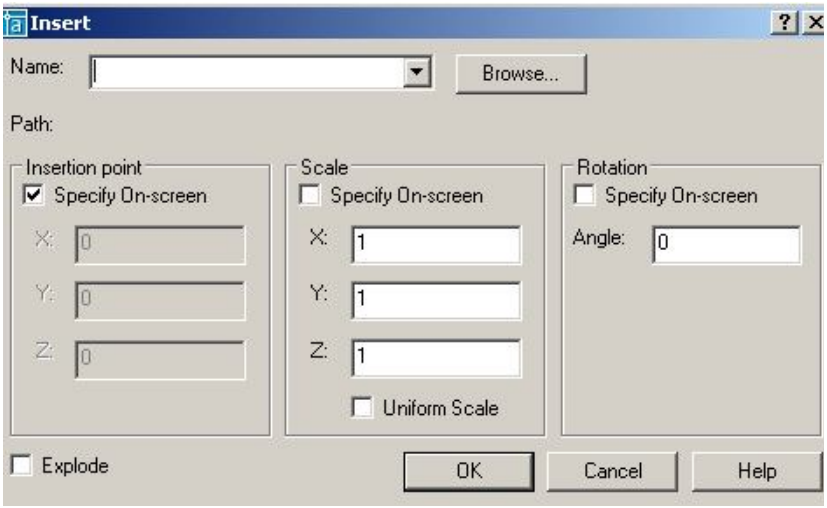


Рис. 39.

1. Панель ***Insertion point*** позволяет выбрать способ задания координат точки вставки блока (точки, с которой будет совмещена базовая точка, созданная при формировании блока): указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения координат точки вставки блока в текущей системе координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает указать нужную точку на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и пользователь имеет возможность указать точку вставки блока на чертеже.

2. Панель ***Scale*** (Масштаб) позволяет выбрать способ задания коэффициентов масштабирования при вставке блока: указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения масштабирования при вставке блока по осям координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать значения коэффициентов масштабирования на чертеже.

Флажок ***Uniform Scale*** устанавливает по осям координат одинаковые значения коэффициентов масштабирования.

3. Панель ***Rotation*** позволяет выбрать способ задания при вставке блока угла поворота относительно номинального его положения: указание на чертеже или ввод числового значения. Панель содержит кнопку-переключатель и поле ввода числового значения угла поворота. Поле ввода ***Angle*** позволяют задать числовые значения угла поворота при вставке блока. Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать числовые значения угла поворота на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и дальнейший диалог осуществляется в командной строке. Выполнить упражнение № 42.

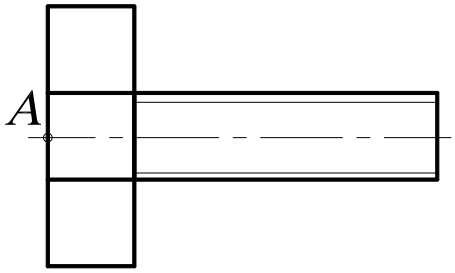


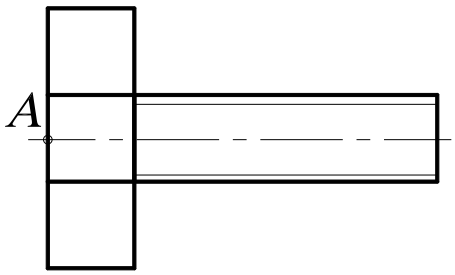
– Команда ***Explode*** (Взорвать) – расчленяет блок, размер, штриховку на отдельные составляющие объекты. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) или щелчком мыши по пиктограмме ***Explode*** (Взорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

При вставке блока в чертёж ***AutoCAD*** обрабатывает его как графический примитив, то есть единый объект, который нельзя изменять. Для обеспечения работы с отдельными составляющими блока его необходимо разбить или «взорвать». Это можно сделать и в момент вставки блока в чертёж, установив в диалоговом окне ***Insert*** (Вставить) флажок ***Explode*** (Взорвать).

Команда ***Explode*** (Взорвать) используется для расчленения объектов, созданных командой ***Region*** (Область) (см. далее в разделе «Создание замкнутых объектов»).

Выполнить упражнение № 43.

Вставить блок в чертёж	***№ 42***
 ***Insert*** Падающее меню ***Insert*** → ***Block*** В диалоговом окне ***Insert*** в поле Name: ввести имя вызываемого блока, которое можно указать из раскрывающегося списка, например: BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***OK*** Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/PX/PY/PZ/PRotate]: указать точку вставки блока	
	

Взорвать (расчленить) блок	***№ 43***
 ***Explode*** Падающее меню ***Modify*** → ***Explode*** Select objects: указать блок в любой точке контура, например, точка А Select objects: <ENTER>	
	

15. СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕКТОВ

Для построения некоторых объектов, например трёхмерных объектов методом выдавливания или вращения, могут быть использованы замкнутые полилинии либо области. Разница между этими двумя типами объектов состоит в том, что объект *полилиния* представляет собой именно замкнутую линию, а объект *область* – часть плоскости, ограниченную замкнутой линией. Поэтому последний объект может характеризоваться массогабаритными параметрами вроде веса, положения центра тяжести, площади и т. д.

Массогабаритные параметры области вычисляются с помощью команды MASSPROP, которая запускается из меню ***Tools*** (Инструменты)→ ***Inquiry*** (Запрос).

Если исходный контур состоит из нескольких объектов (отрезков, дуг, эллиптических дуг и т. п.), его можно превратить в единый объект, используя команду ***Region*** (Область).



– Команда ***Region*** (Область) – создаёт замкнутую область из набора существующих объектов – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Region*** (Область) или щелчком мыши по пиктограмме ***Region*** (Область) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

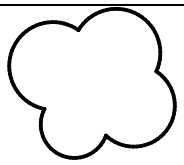
Выполнить упражнение № 44. Для выполнения этого упражнения вначале создайте произвольный объект, состоящий из нескольких элементов, например, из четырёх дуг, контур которых является замкнутым.

Создать замкнутую область	*№ 44*

Region Падающее меню ***Draw*** → ***Region***

Select objects: Specify opposite corner: 4 found выбрать графическим курсором все четыре дуги с помощью предполагаемой рамки, растягивая по диагонали.
Select objects: <ENTER>
Щелкните мышью на контур – создан единый объект

Разбейте данный объект на составляющие его четыре дуги с помощью команды *Explode*.



16. ШТРИХОВКА

– Команда ***Hatch*** (Штриховка) – выполнение штриховки замкнутой области – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Hatch*** (Штриховка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hatch*** (Штриховка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***Hatch*** (Штриховка) позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой линией, как путём указания любой точки внутри контура, так и путём выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует любые целые примитивы и их составляющие, которые не являются частью контура. Текущим значением по умолчанию (в угловых скобках) может быть или имя одного из образцов штриховки, или по желанию пользователя (User). В первом случае в ответ на запрос системы необходимо указать имя одного из образцов, а во втором случае пользователь сообщает системе о намерении создать свой несложный топ штриховки, для чего отвечает символом ***U***.

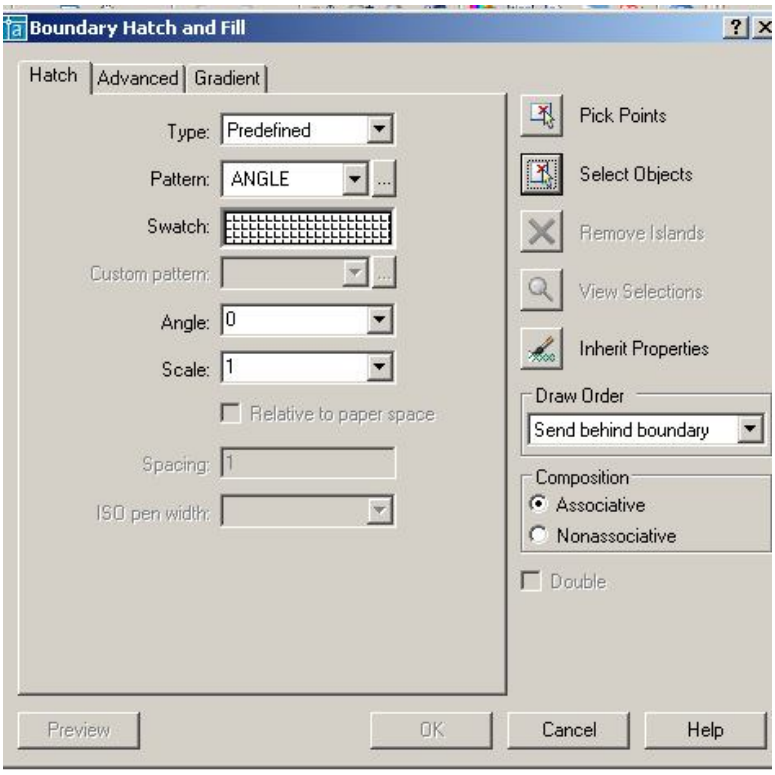


Рис. 40.

Обращение к команде ***Hatch*** (Штриховка) загружается диалоговое окно ***Boundary Hatch and Fill*** (Штриховка по контуру и заполнение), представленное на рис. 40.

1. Вкладка ***Hatch*** (Штриховка) позволяет выбирать образцы штриховки, которые имеются в области ***Pattern:*** (Образец:). Можно пользоваться как раскрывающимся списком, так и диалоговым окном ***Hatch Pattern Palette*** (Палитра образцов штриховки), содержащим пиктограммы с графическими образцами различных штриховок (рис. 41). Для выбора образца штриховки достаточно указать его изображение.

Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать

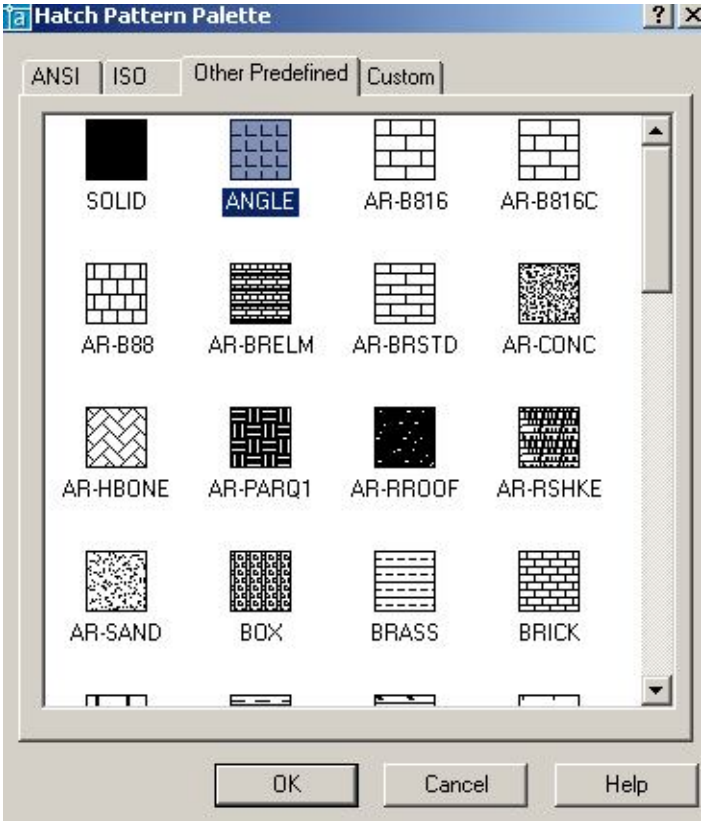


Рис. 41.

Predefined (Стандартный). Текстовые поля ***Scale:*** (Масштаб:) и ***Angle:*** (Угол:) позволяют задать масштабный коэффициент и угол наклона для выбранного образца штриховки.

Чтобы создать свой образец штриховки, надо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать ***User defined*** (**Пользовательский**). При использовании типа штриховки ***Custom*** (По типу линии) следует задать угол наклона в поле ***Angle:*** (Угол:), расстояние между линиями штриховки в поле ***Spacing:*** (Интервал:), если необходимо включить флажок ***Double*** (Крест-накрест) для вычерчивания дополнительных линий под углом 90^0 к основным линиям штриховки.

Для автоматического определения контура штриховки необходимо указать кнопку ***Pick Points*** (Указание точек). Это возможно в том случае, если на чертеже создана замкнутая область.

При определении нескольких контуров штриховки необходимо выбрать несколько внутренних точек, после чего нажать клавишу Enter. Если ***AutoCAD*** определяет, что контур не замкнут или что точка находится вне контура, на экране появляется сообщение об ошибке в диалоговом окне ***Boundary Definition Error*** (Ошибка определения контура).

Для выбора объектов в качестве контура штриховки любым из стандартных способов выбора необходимо указать кнопку ***Select objects*** (Выбор объектов).

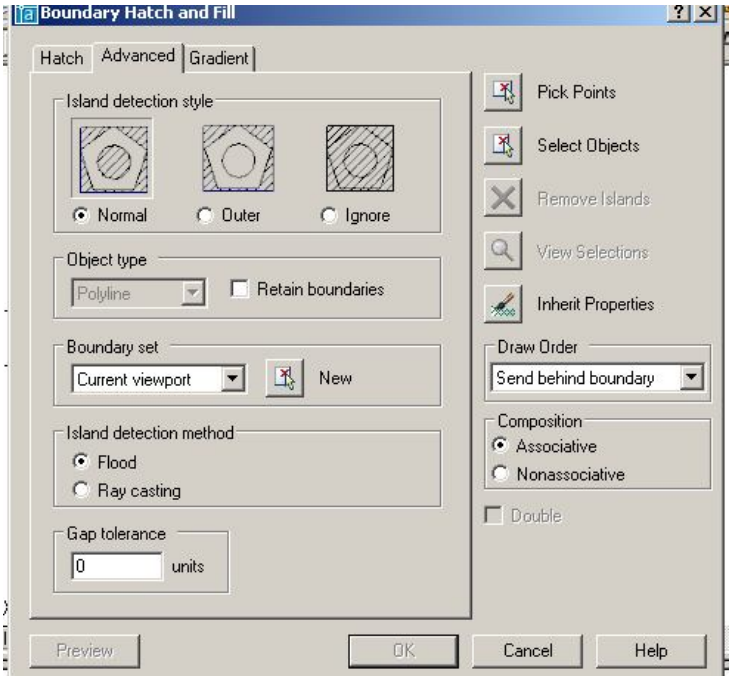


Рис. 42.

2. Вкладка ***Advanced*** (рис. 42) обеспечивает настройку параметров штриховки и содержит четыре панели.

Панель ***Island Direction Style*** содержит три кнопки выбора.

- ***Normal*** – устанавливает стиль штриховки, при котором режим штриховки изменяется при пересечении внутренних границ (используется по умолчанию).
- ***Outer*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка только внешней замкнутой области.
- ***Ignore*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка всей области внутри контура (внутренние границы игнорируются).

Панель ***Object Type*** содержит раскрывающийся список, который позволяет указать, в каком виде сохранять границу штриховки: как полилинию или как область. Кроме того, в этом поле размещена кнопка-переключатель ***Retain Boundaries*** – разрешает режим сохранения границ штриховки.

Панель ***Boundary Set*** – содержит раскрывающийся список, который определяет набор объектов для штрихуемой области.

Панель ***Island Direction Method*** – управляет методом поиска границ внутри выделенной области и содержит две кнопки выбора.

- ***Float*** – включать изолированные участки как граничные объекты.
- ***Ray Casting*** – исключать изолированные участки.

3. Вкладка ***Gradient*** позволяет заполнять замкнутые области градиентной заливкой. При этом можно выбирать угол заливки, количество цветов, центрировать.

Выполнить упражнения № 45, 46. Для выполнения упражнений сначала создайте замкнутую область, показанную слева в этих упражнениях.

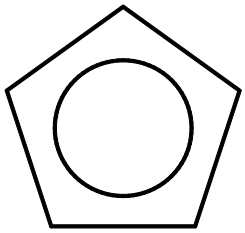
Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 45***

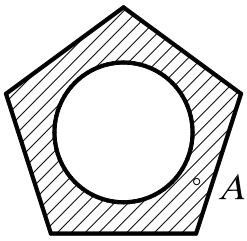


Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку  .
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку ANSI.
В закладке ANSI выбрать шаблон ANSI31.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать 

, указать точку A внутри контура, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 46***

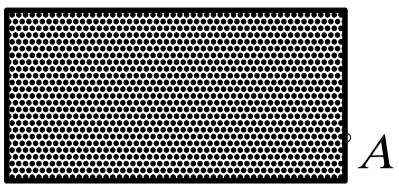


Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку  .
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку Other Predefined.
В закладке Other Predefined выбрать шаблон DOTS.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать 

, указать точку A на контуре, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





17. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Snap*
(Объектная привязка)

Объектная привязка (***Osnap***), панель которой показана на рис. 43, позволяет строить новые точки на чертеже, привязываясь к характерным точкам существующих объектов или относительно них, без необходимости знания её координат, а также для построения вспомогательных линий.



Рис. 43.

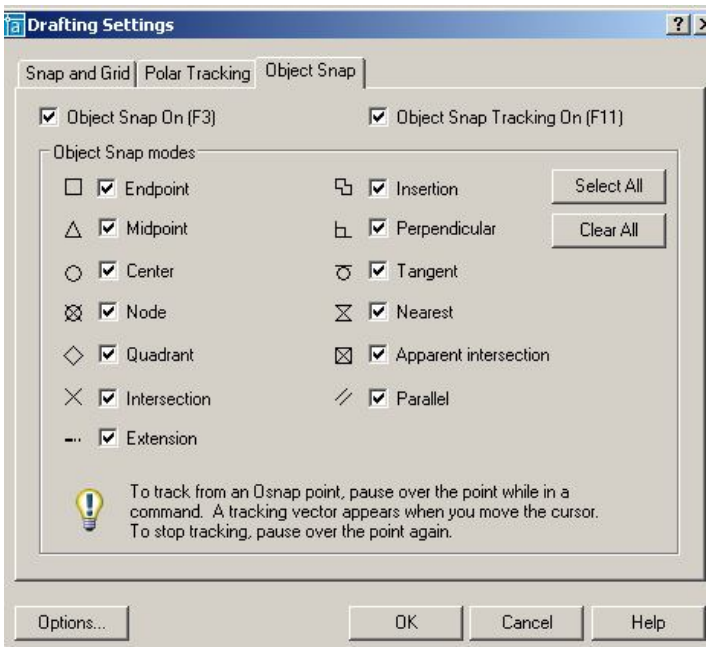
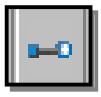


Рис. 44.

Перед применением этого способа необходимо настроить и включить режим ***Osnap***. Настройка осуществляется в диалоговом окне режимов черчения ***Drafting Settings*** (Настройки эскиза) выпадающего меню ***Tools*** (Инструменты), которое также может быть вызвано на экран командой ***OSNAP*** или нажатием правой кнопки мыши при указании на индикатор режима в строке состояния (рис. 44). В системе предусмотрена возможность временного отключения постоянного режима ***Osnap***, для чего достаточно щелкнуть на индикаторе ***Osnap*** в строке состояния.

Для одноразового использования какого-либо инструмента из набора объектных привязок в процессе выполнения команды используют контекстное меню, которое вызывают, удерживая клавишу ***SHIFT*** и нажимая правую кнопку мыши при нахождении графического курсора в рабочей зоне окна ***AutoCAD***.

Инструменты режима объектной привязки перечислены ниже:



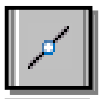
– ***Temporary Tracking Point*** (Точка отслеживания) – привязка к временной линии, проведённой через выбранную точку параллельно одной из осей координат;



– ***Snap From*** (Смещение) – привязка к точке, находящейся на заданном расстоянии от указанной точки (сначала выбирают любую точку, а затем вводят с клавиатуры расстояние или координаты точки, к которой нужна привязка);



– ***Snap to Endpoint*** (Привязка к конечной точке) – привязка к конечной точке линии, дуги, границы области, трёхмерного тела;



– ***Snap to Midpoint*** (Привязка к средней точке) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т. п.);



– ***Snap to Intersection*** (Привязка к пересечению) – привязка к точке пересечения двух объектов;



– ***Snap to Apparent Intersection*** (Привязка к предполагаемому пересечению) – привязка к воображаемой или предполагаемой точке пересечения линий или границ областей;



– ***Snap to Extension*** (Привязка к продолжению) - привязка к точке, лежащей на продолжении линии или дуги;



– ***Snap to Center*** (Привязка к центру) – привязка к центру окружности, дуги или эллипса (необходимо указывать на линию дуги или окружности или эллипса, а не на их центр);



– ***Snap to Quadrant*** (Привязка к квадранту) – привязка к ближайшему квадранту (точке, расположенной под углом 0^0, 90^0, 180^0 или 270^0 от центра) дуги, окружности или эллипса;



– ***Snap to Tangent*** (Привязка к касательной) – привязка к точке на дуге, окружности, эллипсе или сплайне, которая при соединении с последней точкой образует касательную к выбранному объекту;



– ***Snap to Perpendicular*** (Привязка к перпендикуляру) – привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней точкой образует нормаль к выбранному объекту;



– ***Snap to Parallel*** (Привязка к параллели) – привязка объектов к точке на линии, которая при соединении с последней точкой образует линию, параллельную выбранному отрезку;



– ***Snap to Insert*** (Привязка к точке вставки) – привязка к точке вставки блока, формы, текста;



– ***Snap to Node*** (Привязка к узлу) – привязка к точке, сформированной командой ***Point*** (Точка);



– ***Snap to Nearest*** (Привязка к ближайшей) – привязка к произвольной точке примитива (на линии, дуге, окружности и др.), являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора;



– ***None*** (Ничего) – этот режим отменяет на одну команду все текущие режимы объектных привязок;



– ***Object Snap Sitting*** (Установка объектных привязок) – установка режима объектной привязки.

Выполнить упражнения № 47, 48, 49, 50 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Построить касательные к окружностям ***№ 47***

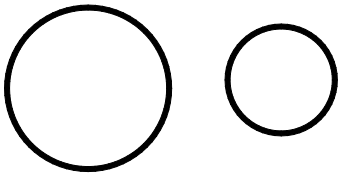


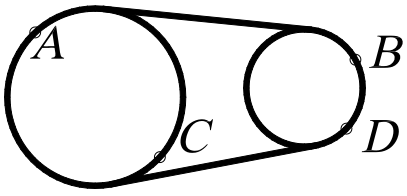
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка tangent  указать A (или C)

Specify next point or [Undo]: объектная привязка tangent  указать B (или D)

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





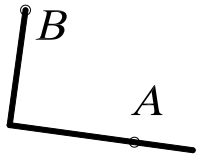
Восстановить перпендикуляр к концу отрезка	*№ 48*



Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка perpendicular  указать A
Specify next point or [Undo]: указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





Привязка к точке предполагаемого пересечения примитивов	*№ 49*

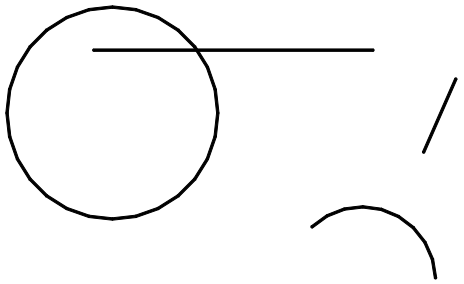


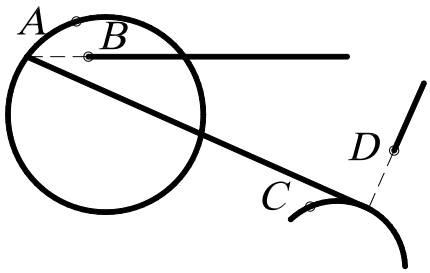
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка Apparent Intersection  указать A, B

Specify next point or [Undo]: об. привязка Apparent Intersection  указать C, D

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





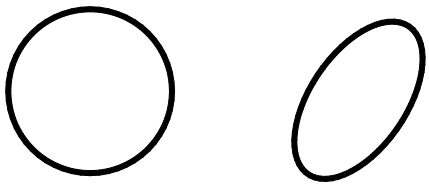
Привязка к центру окружности и эллипсу	*№ 50*

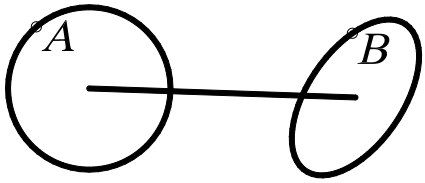


Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка  Center указать A

Specify next point or [Undo]: об. привязка  Center указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





18. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Modify*
(Изменить или редактировать)

Ни один чертёж не удается выполнить без корректировки. Вносить изменения в чертёж приходится по различным причинам. Некоторые процедуры редактирования являются частью процесса построения чертежа, например, копирование объекта вместо его повторного вычерчивания. Другие операции приводят к изменению большого количества объектов, на-

пример перенос целого фрагмента чертежа, если необходимо освободить место в графическом поле для новых объектов. Часто возникает потребность в удалении каких-то фрагментов, переносе повороте или изменении масштаба. Каждой из этих операций в наборе команд ***AutoCAD*** соответствует отдельная команда или набор команд, которые вызываются с помощью панели инструментов ***Modify*** (рис. 45) или с помощью падающего меню ***Modify*** (Редактировать).

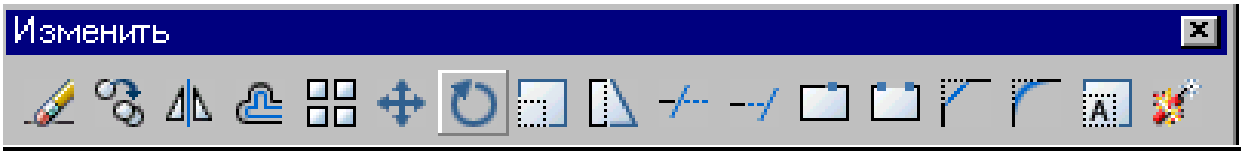


Рис. 45.

Для выполнения команд редактирования необходимо вначале выбрать эти объекты. Выбранная группа объектов называется *набором*, который состоит из одного или нескольких объектов. Набор объектов можно создавать как до, так и после вызова команды редактирования. Как только вызвана одна из команд редактирования, ***AutoCAD*** предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос ***Select objects:*** (Выберите объекты:). При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. Выбирать объекты можно с помощью предполагаемой рамки, с помощью курсора и др. Далее рассматриваются команды и примеры выполнения редактирования объектов. В примерах сначала создайте примитивы, показанные на рисунках слева, а затем редактируйте эти объекты.

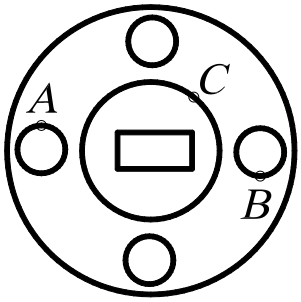
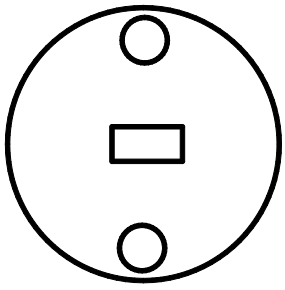
18.1. УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



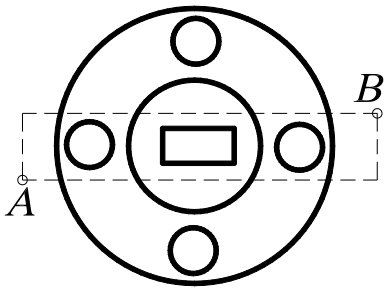
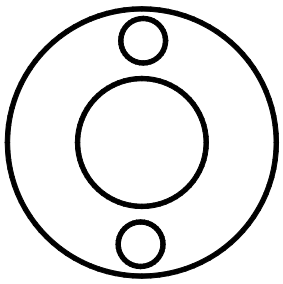
– Команда ***Erase*** (Стереть) – удаляет графический примитив и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Erase*** (Стереть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Erase*** (Стереть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

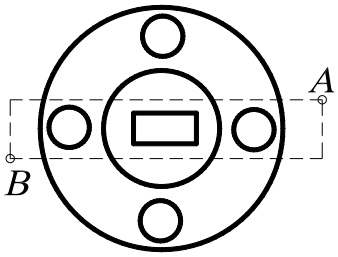
Для восстановления удаленных объектов последней командой ***Erase*** (Стереть) используется команда ***OOPS*** (Ой), название которой переводится на русский язык как «ой» и может пригодиться чересчур «активным» пользователям.

Выполнить упражнения № 51-53 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Удалить набор примитивов, используя точечный выбор	***№ 51***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать курсором объект A Select objects: указать курсором объект B Select objects: указать курсором объект C Select objects: <ENTER> *OOPS* - восстановить последний удаленный объект C.	
	

Выбор геометрических объектов может производиться с помощью рамки. Если указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении слева направо, то выбираются объекты, которые полностью попали в рамку. Если же указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении справа налево, то секущая рамка выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки.

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 52***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 53***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

18.2. КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Copy*** (Копировать) – копирует выбранные объекты и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Copy*** (Копировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Copy*** (Копировать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Команда позволяет создавать множество копий одного или нескольких объектов. При её применении последний запрос требует указания точки смещения (или расстояния) относительно базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос нажать клавишу Enter.

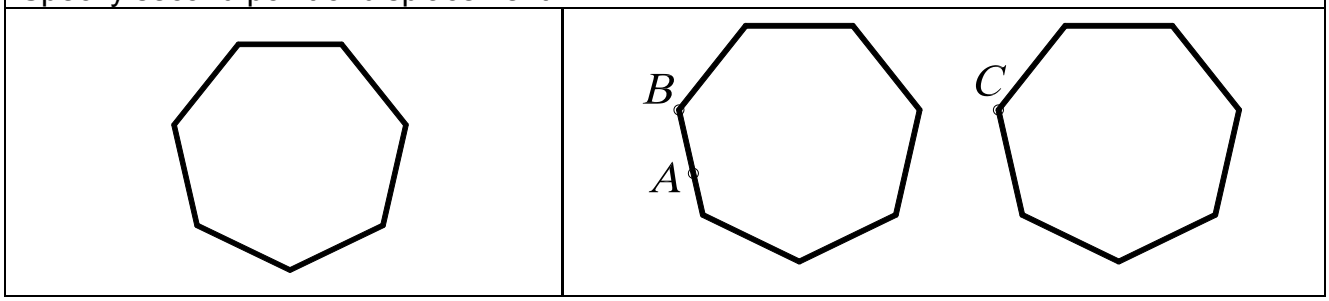
Выполнить упражнение № 54.

Скопировать объект	*№ 54*



Copy Падающее меню ***Modify*** → ***Copy***

Select objects: указать A
Select objects: ENTER
Specify base point or displacement: указать базовую точку B с использованием любой объектной привязки
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать новое положение объекта – точку C
(или задавая расстояние BC с указанием направления курсора)
Specify second point of displacement: <ENTER>



18.3. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Mirror*** (Зеркало) – зеркально отображает выбранный объект или набор объектов, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Mirror*** (Зеркало) или щелчком мыши по пиктограмме ***Mirror*** (Зеркало) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Замечания:

1. Ось симметрии (отрезок, положение которого определяется первой и второй точками) может проходить под любым углом к горизонтальной линии.
2. Ось симметрии может быть предполагаемым отрезком, то есть не обязательно его вычерчивать.
3. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) рекомендуется в строке состояния установить режим ***Orto***, так как в большинстве случаев оси симметрии ортогональны.
4. При зеркальном отображении участков чертежа, содержащего текст, последний становится трудночитаемым. Чтобы устранить данный недостаток, необходимо предварительно установить значение системной переменной MIRRTEXT равным нулю (то есть в командной строке написать слово MIRRTEXT и затем в следующей строке на запрос Enter new value for MIRRTEXT <0>: установить значение 0).
5. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) можно исходные объекты (оригиналы) сохранять или удалять. При этом на запрос команды Delete source objects? [Yes/No] <N>: указать Yes.

Выполнить упражнение № 55.

Зеркально отобразить объект	*№ 55*



Mirror Падающее меню ***Modify*** → ***Mirror***

Select objects: выбрать объекты, показанные на рисунке толстыми линиями

Select objects: ENTER

Specify first point of mirror line: указать точку A,

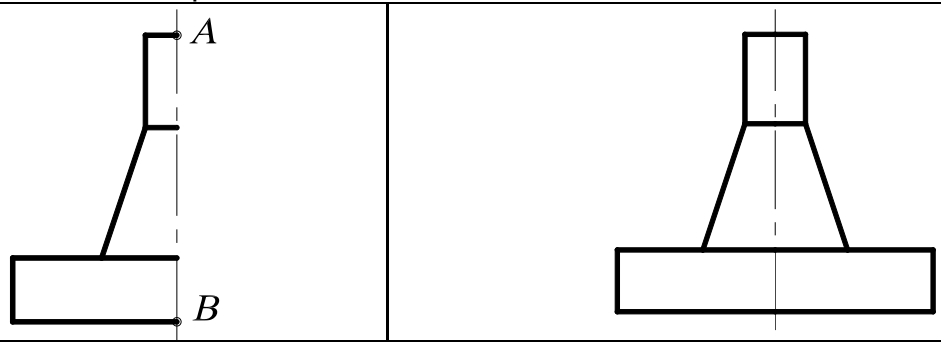
используя любой удобный режим об. привязки

Specify second point of mirror line: указать точку B,

используя любой удобный режим об. привязки

Delete source objects? [Yes/No] <N>: <ENTER>

Если на последний запрос команды ответить Y, то исходный объект не сохранится.



18.4. ПОСТРОЕНИЕ ПОДОБНЫХ ПРИМИТИВОВ



– Команда ***Offset*** (Подобие) – строит примитив, подобный другому графическому примитиву (строит эквидистантные линии); вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Offset*** (Подобие) или щелчком мыши по пиктограмме ***Offset*** (Подобие) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). Новый, подобный примитив проходит через заданную точку на чертеже или на заданном расстоянии от исходного.

Первый запрос системы в ответ на команду Specify offset distance or [Through] <Through>: (Задайте величину постоянного смещения каждого объекта или…<значение по умолчанию>)

Если выбрать режим Through, то подобный объект будет построен проходящим через заданную впоследствии точку на чертеже.

Если выбрать режим Offset, то системе необходимо указать величину смещения (ввести числовое значение с помощью клавиатуры) и позицию относительно примитива-оригинала. Подобный элемент будет построен на заданном смещении от оригинала и в нужную сторону от него. По умолчанию система всегда предлагает тот режим использования данной команды, который был применен в предыдущий раз.

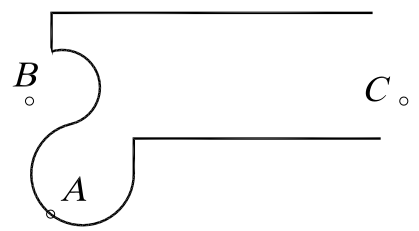
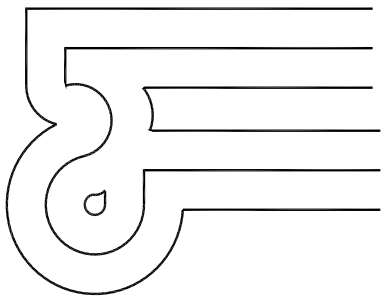
Замечания:

1. Для использования с командой ***Offset*** (Подобие) можно выбирать дуги, окружности, эллипсы, отрезки, лучи, прямые полилинии, сплайны, при этом указанные примитивы трансформируются следующим образом:
   - дуга – новая дуга имеет центральный угол и точку центра исходной дуги, однако длина дуги изменяется;
   - окружность, эллипс – новые объекты имеют центр исходных объектов, однако их радиусы изменяются;
   - отрезки, лучи, прямые – новые объекты являются дубликатами исходных;
   - полилинии – конечные точки новой полилинии размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим точкам исходной полилинии, в результате чего изменяются длины линейных и дуговых сегментов новой полилинии;

- сплайн – конечные точки нового сплайна размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим конечным точкам исходного сплайна, в результате чего изменяются длина и форма нового сплайна.

2. Для создания подобных объектов можно одновременно выбирать только один объект, причем разрешен только явный выбор.
3. Нельзя трансформировать объекты, находящиеся в плоскости, не параллельной текущей ПСК.

Выполнить упражнение № 56.

Построить эквидистанту полилинии	***№ 56***
Offset Падающее меню ***Modify*** → ***Offset*** Specify offset distance or [Through] <Through>: 10 величина смещения Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку B (сторону смещения) Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку C (сторону смещения) Select object to offset or <exit>:<ENTER>	
	

18.5. РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАССИВОМ

Команда ***Array*** (Массив) – тиражирует изображение графического примитива или их группы в заданной прямоугольной или круговой структуре, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Array*** (Массив) или щелчком мыши по пиктограмме ***Array*** (Массив) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

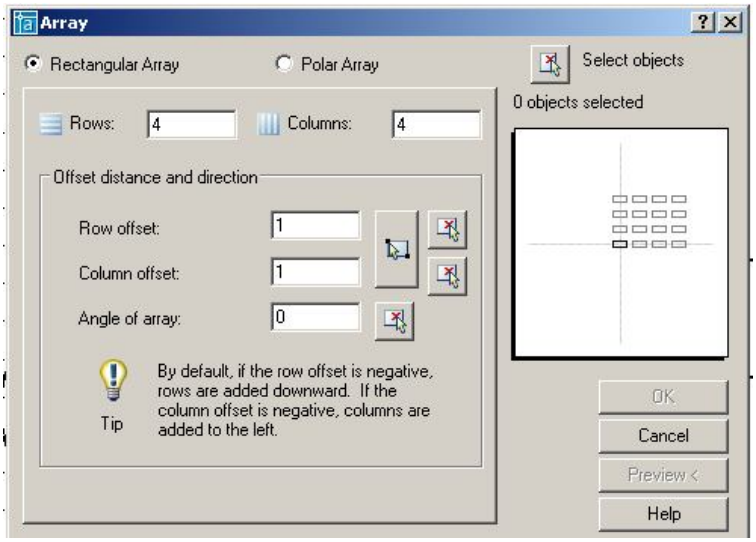


Рис. 46.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Array*** (рис. 46). Окно содержит две кнопки выбора, информационное поле, панель и кнопку.

- Кнопка выбора ***Rectangular Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде прямоугольного массива.
- Кнопка выбора ***Polar Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде кругового массива.
- Кнопка ***Select Object*** позволяет перейти в режим указания объектов, массив из которых необходимо создать.
- Информационное поле отображает вид создаваемого массива.

Панель служит для ввода параметров массива. В зависимости от выбора пользователя ***Rectangular Array*** или ***Polar Array*** состав компонентов панели изменяется. В режиме создания массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты.

- Поле ввода ***Rows*** служит для задания числа строк прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Columns*** служит для задания числа столбцов прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Rows offset*** служит для задания расстояния между строками массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Column offset*** служит для задания расстояния между столбцами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle of array*** служит для задания угла наклона осей, вдоль которых строится массив. Поле снабжено контекстным меню.
- Кнопка ***Pick Both Offset*** позволяет задать расстояния между строками и столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки. При этом расстояние между строками равно разности координат указанных точек вдоль оси ***x***, а расстояние между столбцами – разности координат указанных точек вдоль оси ***y***.
- Кнопка ***Pick Row Offset*** позволяет задать расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Column Offset*** позволяет задать расстояния между столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Angle of Array*** позволяет задать угол наклона осей массива, расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.

В режиме создания полярного массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты (рис. 47).

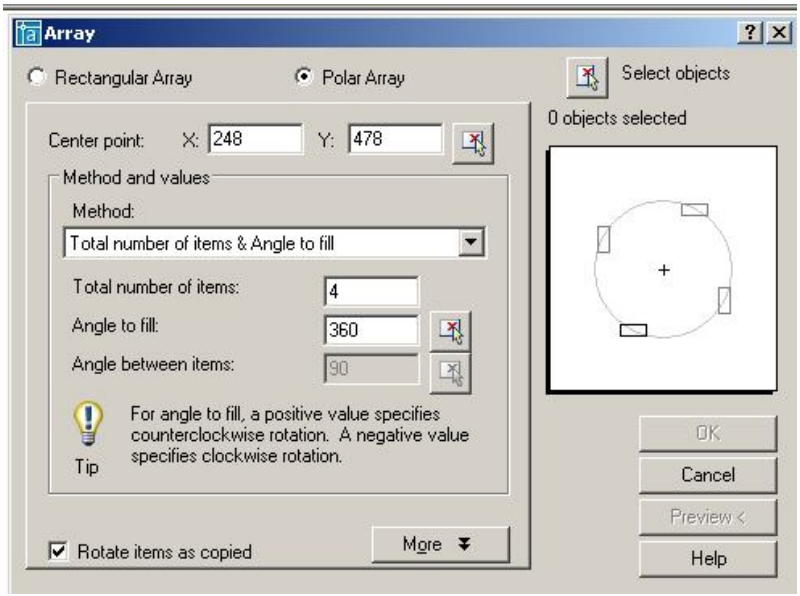


Рис. 47.

- Поля ***Center X:***, ***Y:*** служат для задания координат центра массива. Поля снабжены контекстным меню.
- Кнопка ***Center Pick Point*** позволяет задать центр массива, указав на графическом поле произвольную точку (можно использовать объектную привязку).

- Раскрывающийся список ***Method*** позволяет выбрать режим создания полярного массива:

  -***Total number of items & Angle to fill*** – создание массива с определённым числом элементов, равномерно распределённых в пределах заданного угла;

  -***Total number of items & Angle between items*** - создание массива с определенным числом элементов и заданным угловым шагом;

  -***Angle to fill & Angle between items*** – создание массива элементов, расположенных в пределах определённого угла с заданным угловым шагом.
- Поле ввода ***Total number of items*** служит для задания общего числа элементов массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle to fill*** служит для задания угла, в пределах которого размещаются элементы массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle between items*** служит для задания углового шага между элементами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Флажок ***Rotate items as copie***d разрешает режим, при котором объекты создаваемого массива поворачиваются на соответствующий угол.
- Кнопка ***More*** открывает дополнительную панель ***Object base point***, позволяющую задать положение базовой точки объекта (точки, расстояние до которой от центра массива остается постоянным).

Панель ***Object base point*** содержит следующие компоненты.

- Флажок ***Set to object's default*** разрешает использовать режим определения базовой точки, принятой для данного объекта по умолчанию:

  -точка центра для окружностей и эллипсов;

  -первый угол для многоугольников и прямоугольников;

  -начальная точка для линий, полилиний, сплайнов и лучей;

  -точка вставки для блоков и текста;

  -средняя точка для конструкционных линий.
- Поля ввода ***Base point X:***, ***Y:*** служат для задания координат базовой точки объекта, которая отличается от принятой по умолчанию.
- Кнопка ***Pick Base Point*** позволяет задать базовую точку объекта, указав на графическом поле произвольную точку.

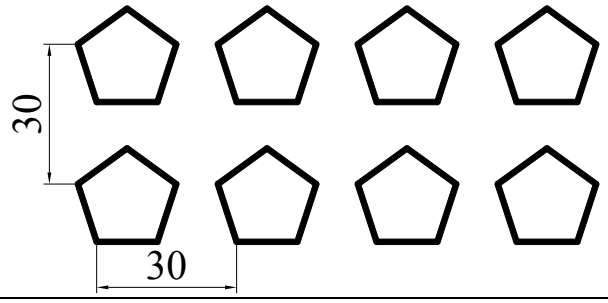
После задания всех необходимых параметров и выбора кнопки ***OK*** система производит построение массива элементов и завершает работу с командой. Кнопка ***Preview*** позволяет предварительный просмотр построенного массива, изображение которого можно редактировать или согласиться с тем, которое построено, нажав кнопку ***OK***.

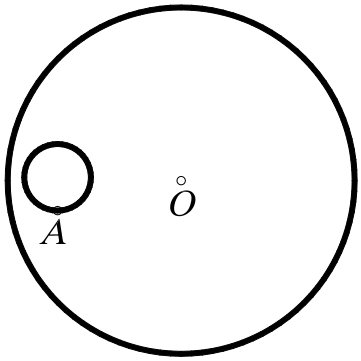
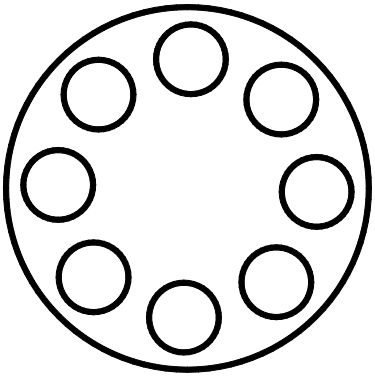
Замечания:

1. Команда позволяет выбрать объекты как после ее задания, так и до ее задания.
2. Каждый элемент массива можно редактировать независимо от других элементов.
3. Прямоугольные массивы выравниваются по осям ***X*** и ***Y*** текущей системы координат.

Для многих пользователей системы ***AutoCAD*** привычнее и удобнее работа с командной строкой. В этом случае команда ***Array*** (Массив) вводится с префиксом ***–ARRAY*** или ***(-AR)***.

Выполнить упражнение № 57, 58 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнений).

Размножить объект прямоугольным массивом	***№ 57***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY*** или ***-AR*** Select objects: выбрать объект (пятиугольник) Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: Enter выбрать прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 количество строк Enter the number of columns (|||) <1> 4 количество столбцов Enter the distance between rows or specify unit cell (---): 30 расстояние между строками Specify the distance between columns (|||): 30 расстояние между столбцами	
	

Размножить объект круговым массивом	***№ 58***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY (-AR)*** Select objects: выбрать объект A Select objects:Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P круговой режим Specify center point of array or [Base]: указать центр окружности O Enter the number of items in the array: 8 количество элементов Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>:360 или Enter угол заполнения элементами массива Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: <ENTER>	
	

Параметры ввода массива в диалоговое окно для упражнения № 57 показаны на рис. 48, а для упражнения № 58 – на рис. 49.

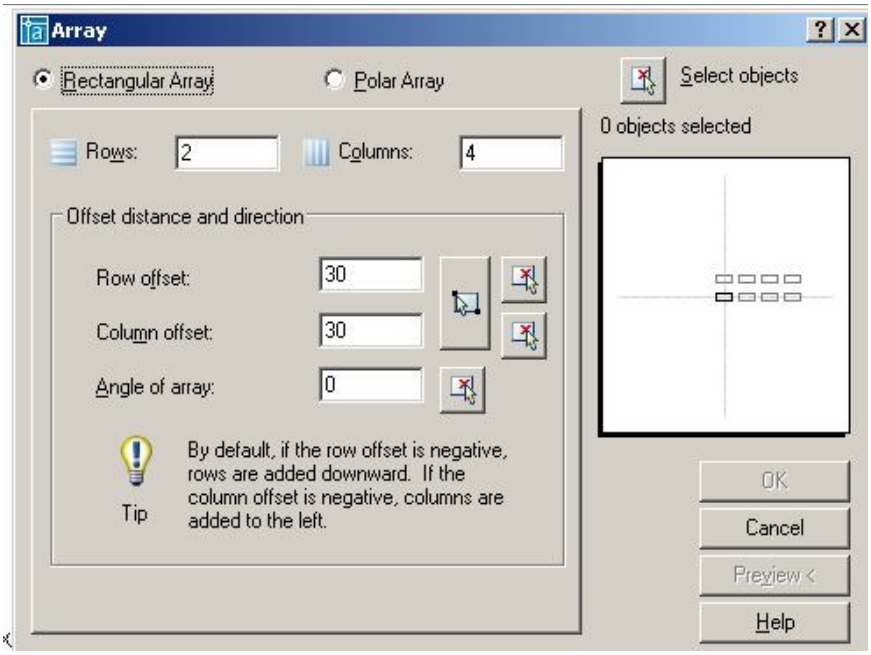


Рис. 48.

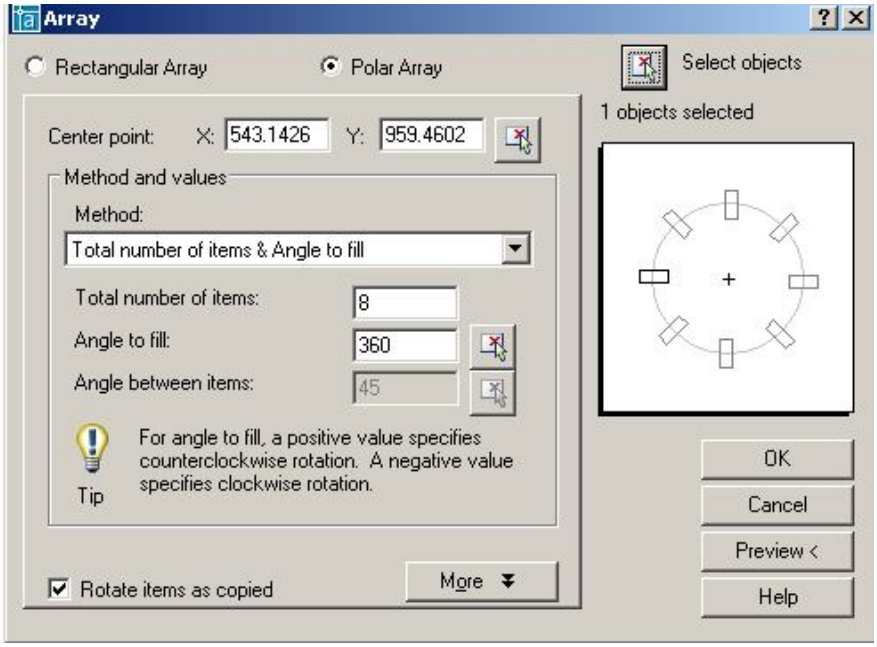


Рис. 49.

18.6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



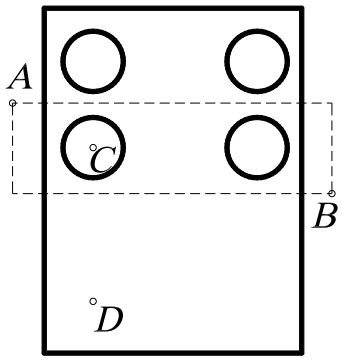
- Команда ***Move*** (Перемещение) – перемещает выбранные объекты, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Move*** (Перемещение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Move*** (Перемещение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

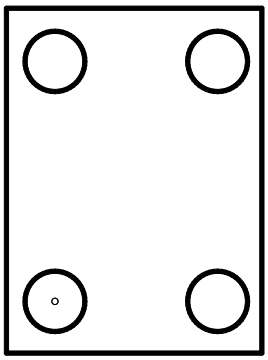
Выполнить упражнение № 59.

Переместить окружности	*№ 59*

Move Падающее меню ***Modify*** → ***Move***

Select objects: указать A
Specify opposite corner: указать B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать окружность в точке C с объектной привязкой Center
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать точку D с объектной привязкой Node





18.7. ПОВОРОТ ОБЪЕКТОВ

- Команда ***Rotate*** (Повернуть) – поворачивает выбранные объекты вокруг указанной точки на заданный угол; вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Rotate*** (Повернуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rotate*** (Повернуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). По умолчанию отсчет значений углов ведется от положительного направления оси ***x***. Против часовой стрелки – положительное значение угла, по часовой стрелке – отрицательное.

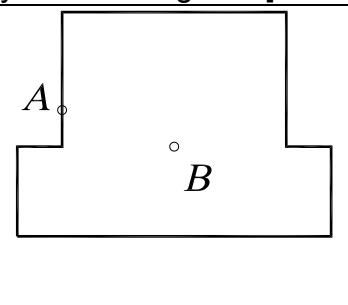
Опция команды ***Reference*** (Опорный угол) используется, если необходимо повернуть объект относительно существующего угла. Для автоматического определения угла нужно указать на примитиве две точки с помощью объектной привязки.

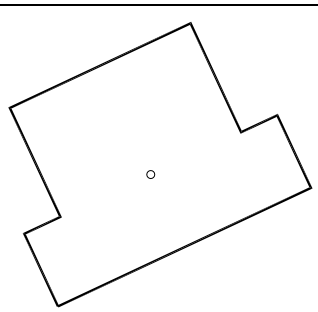
Выполнить упражнения № 60, 61.

Повернуть объект	*№ 60*

Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0
Select objects: указать объект A
Select objects: Enter
Specify base point: указать центр поворота – базовую точку B с объектной привязкой Node
Specify rotation angle or [Reference]: 25 угол поворота





Повернуть объект со ссылкой на известный угол	*№ 61*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: указать объект A

Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота точку B с объектной привязкой Intersection

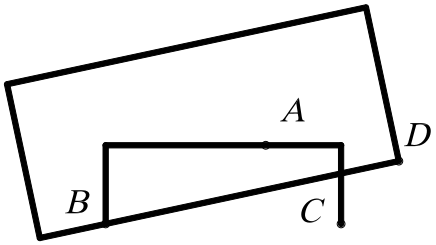


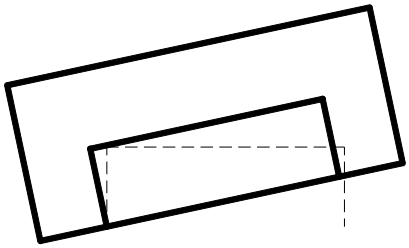
Specify rotation angle or [Reference]: R режим ссылки

Specify the reference angle <0>: указать точку B с объектной привязкой

Specify second point: указать точку C с объектной привязкой

Specify the new angle: указать точку D с объектной привязкой.





18.8. МАСШТАБИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Scale*** (Масштаб) – пропорционально изменяет размеры объекта относительно заданной точки, умножая их на заданный коэффициент масштаба, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Scale*** (Масштаб) или щелчком мыши по пиктограмме ***Scale*** (Масштаб) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

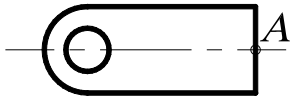
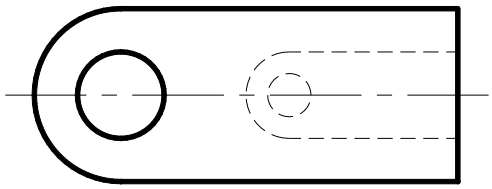
При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям ***x*** и ***y*** одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

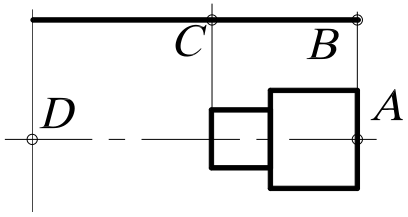
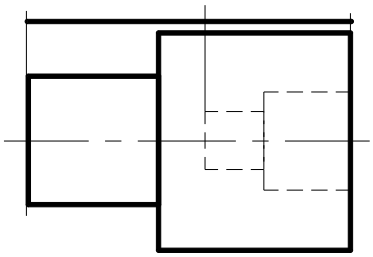
Опция ***Reference*** (Опорный отрезок) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов.

Одна из наиболее эффективных возможностей использования ***Reference*** (Опорный отрезок) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой ***Scale*** (Масштаб), затем использовать опцию ***Reference*** (Опорный отрезок), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке пропорционально изменится соответствующим образом. Для автоматического определения исходной длины нужно указать на объекте с помощью объектной привязки две точки.

При использовании команды ***Scale*** (Масштаб) базовая точка не меняет своего положения при изменении размеров объекта.

Выполнить упражнения № 62, 63.

Масштабировать объект	*№ 62*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: 2 коэффициент	
	

Масштабировать объект со ссылкой на заданную длину	*№ 63*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект любым способом Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: R ссылка Specify reference length <1>: указать точку B Specify second point: указать точку C Specify new length: указать точку D	
	

18.9. РАСТЯГИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

 – Команда ***Stretch*** (Растянуть) – обеспечивает растягивание или сжатие объекта, не разрывая его, за счёт перемещения отдельных его частей, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Stretch*** (Растянуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Stretch*** (Растянуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

После запуска команды необходимо выбрать объекты. Выбор объектов осуществляется секущей рамкой, которая получается при движении курсора справа налево. При выполнении команды все объекты, которые попали внутрь секущей рамки, переносятся на одно и то же расстояние, а те, которые не попали, остаются на месте.

Под действие команды ***Stretch*** (Растянуть) попадают следующие типы объектов: отрезки, полилинии, дуги, лучи, сплайны, эллиптические дуги, размеры. Объекты – круг, текст, блок – растягивать нельзя.

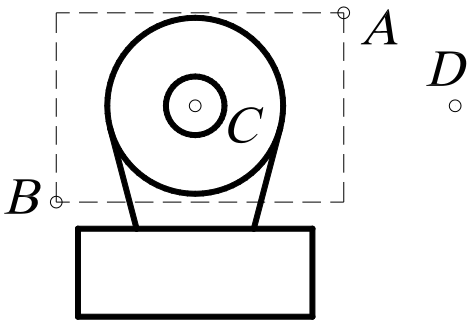
Выполнить упражнение № 64.

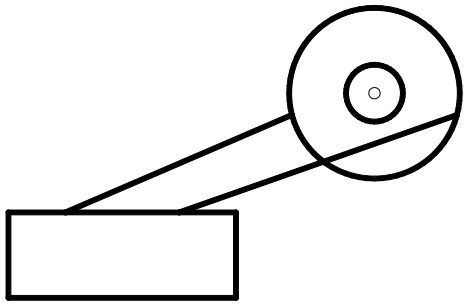
Растянуть объект со смещением вправо	*№ 64*



Stretch Падающее меню ***Modify*** → ***Stretch***

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
Select objects: выбрать объекты секущей рамкой
(растягивая её справа налево), указать точку A
Specify opposite corner: указать точку B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать точку C (применяя об. привязку к центру)
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать точку D





18.10. ПОДРЕЗАНИЕ ОБЪЕКТОВ



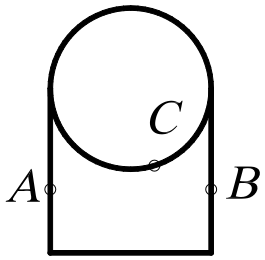
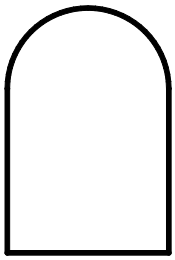
– Команда ***Trim*** (Обрезать) – удаляет часть графического объекта, обрезая его по заданной режущей кромке, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Trim*** (Обрезать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Trim*** (Обрезать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Прежде чем удалить лишние фрагменты – подрезать объект, необходимо определить *режущую кромку*. Режущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двумерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Можно выбирать несколько режущих кромок и подрезать несколько объектов одновременно. В пространстве листа режущими кромками могут быть границы видовых экранов. После определения объектов, которые будут использованы в качестве режущих кромок, выбираются объекты для подрезания. При этом перечисляются следующие опции команды.

- ***Select object to trim*** (Выберите объекты для подрезания). Эта опция предлагается по умолчанию. Нужно выбрать любым известным способом те объекты, которые нужно откорректировать, при этом каждый объект должен быть указан с того конца, который нужно удалить.
- ***Project*** (Проекция). Эта опция определяет режим отсечения объектов по пересечению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:
  - ***None*** (Никакой) – режущая кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать корректируемый объект;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – режущая кромка и подрезаемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение режущей кромки до воображаемого пересечения с корректируемым объектом;

- ***No Extend*** (Не удлинять) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

Выполнить упражнение № 65.

Отсечь часть окружности	***№ 65***
Trim Падающее меню ***Modify*** → ***Trim*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select cutting edges ... Select objects: указать режущую кромку, выбрав объекты A и B Select objects: Enter Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: указать объект C Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

18.11. УДЛИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

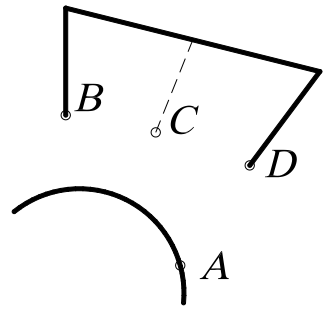
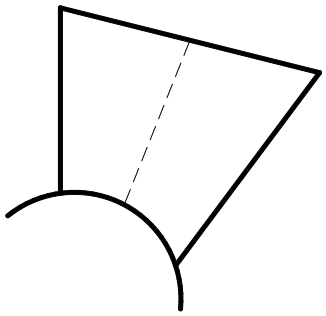
 – Команда ***Extend*** (Удлинить) – удлиняет объекты до пересечения с указанной линией, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Extend*** (Удлинить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extend*** (Удлинить) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Методика выполнения удлинения объектов мало отличается от подрезания. Разница только в том, что вместо режущей кромки задается *граничная кромка*. Удлинять командой ***Extend*** (Удлинить) можно отрезки, незамкнутые полилинии, дуги, лучи, эллиптические дуги. Граничными кромками могут служить отрезки, дуги, двумерные полилинии. Удлиняемые объекты выбираются, если указать на ту часть, которая должна удлиняться. Объекты нельзя выбирать рамкой.

В процессе выполнения команды ***Extend*** (Удлинить)используются те же приглашения, что и для ***Trim*** (Обрезать). Первое приглашение ***Select boundary edges*** касается выбора объектов, которые будут использованы в качестве граничной кромки. Для задания способа интерпретации граничных кромок предлагается использовать такие же опции, как и при выполнении подрезания.

- ***Project*** (Проекция). Эта опция позволяет определить, каким образом ***AutoCAD*** будет проектировать граничную кромку при выполнении операции на трехмерной модели:
  - ***None*** (Никакой) – граничная кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать продолжение корректируемого объекта;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – граничная кромка и удлиняемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение объекта до воображаемой продолженной границы;
  - ***No Extend*** (Не удлинять) – удлинение объектов до границы без её удлинения.

Выполнить упражнение № 66.

Удлинить отрезки до границы дуги	***№ 66***
Extend Падающее меню ***Modify*** → ***Extend*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select boundary edges ... Select objects: указать граничную кромку, выбрав объект A Select objects: Enter Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку B Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку C Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать тоску D Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

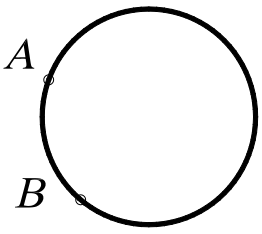
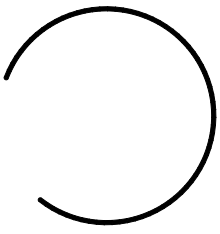
Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до тех пор, пока не достигнет первой граничной кромки. Этот объект можно выбрать вновь, чтобы удлинить его до следующей граничной кромки.

18.12. РАЗБИЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТИ

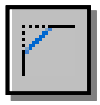
– Команда ***Break*** (Разорвать) – осуществляет разрыв отрезка, полилинии, дуги, окружности, эллипса, сплайна, прямой. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Break*** (Разорвать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Break*** (Разорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Для разбиения объекта на части можно выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва.

Выполнить упражнение № 67.

Расчленить и удалить часть окружности	***№ 67***
Break Падающее меню ***Modify*** → ***Break*** Select object: указать точку разрыва A Specify second break point or [First point]: указать точку разрыва B	
	

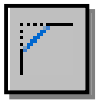
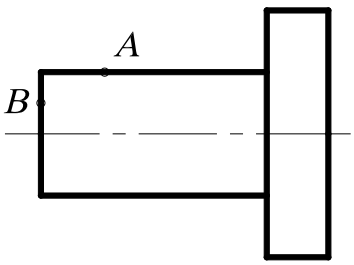
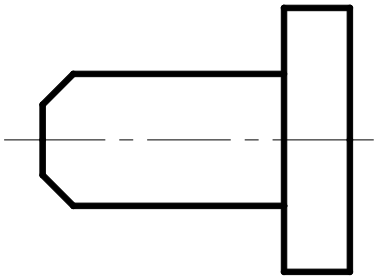
18.13. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК

 – Команда ***Chamfer*** (Фаска) – снимает фаску с угла, образованного полилинией, лучами или пересечением двух отрезков. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Эта команда может использоваться и для редактирования трехмерных тел. Если создается фаска, она определяется либо двумя катетами, либо одним катетом и углом фаски по отношению к одной из кромок.

Процесс создания фаски состоит из двух шагов. Сначала задаются параметры фаски. Это могут быть либо два катета, либо один катет и угол фаски. После ввода значений ***AutoCAD*** завершит команду ***Chamfer*** (Фаска). После этого нужно снова запустить эту команду и выбрать два отрезка, представляющие кромки, между которыми создается фаска. ***AutoCAD*** создаст фаску, используя полученную на предыдущем этапе информацию.

Выполнить упражнения № 68.

Построить фаски объекта	***№ 68***
 ***Chamfer*** Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: D режим задания фаски по двум катетам Specify first chamfer distance <0.0000>: 7 длина одного катета Specify second chamfer distance <7.0000>: Enter <по умолчанию> длина второго катета Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать отрезок A Select second line: указать отрезок B Аналогично построить фаску с другой стороны.	
	

Ниже описаны опции команды ***Chamfer*** (Фаска).

- ***Select first line*** (Выберите первую кромку). Указать первую из двух кромок. В плоских чертежах ею является линия, а в трехмерных моделях – ребро тела. После этого последует приглашение выбрать вторую кромку.
- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, на всех углах между последовательными сегментами будет вычерчена линия фаски. Построенные вдоль полилинии фаски становятся её новыми сегментами, даже если их длина равна нулю. Пример нанесения фасок на полилинию будет представлен ниже.
- ***Distance*** (Катет). Эта опция используется для формирования фаски по значениям длин двух катетов. В этом случае задается сначала длина одного катета, а затем другого.
- ***Angle*** (Угол). Позволяет задать длину одного катета и угла скоса между фаской и линией кромки.

- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до снятия фаски. Если нужно обрезать, то первая линия отсекает на величину первого расстояния, вторая – на величину второго. Если расстояние равно 0, то происходит подгонка в одну точку. По умолчанию соединяемые фаской объекты обрезаются.
- ***Method*** (Метод) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо двумя расстояниями, либо расстоянием и углом.

Выполнить упражнения № 69.

Вычертить фаски на углах сегментов полилинии ***№ 69***

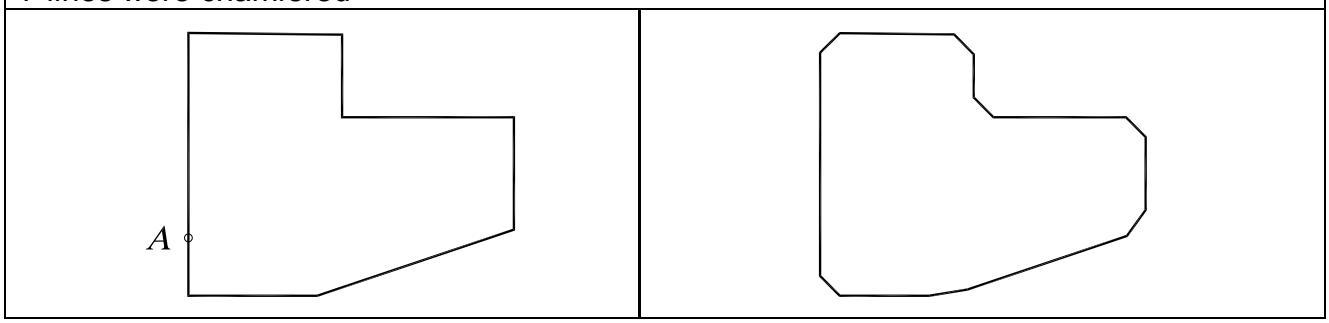
Chamfer Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 5.0000, Dist2 = 5.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: P режим полилинии

Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were chamfered



18.14. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ



– Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

С помощью этой команды можно сопрягать объекты следующих типов: линия, полилиния, луч, конструкционная линия, которые на чертеже имеют вид прямых, причем сопрягаемые линии, которых могут быть и параллельными. Допускается сопрягать и криволинейные объекты типов дуга, окружность и эллипс.

Процесс сопряжения состоит из двух этапов. Сначала определяется радиус сопрягающей дуги. В качестве такового используется радиус последнего выполненного сопряжения. Если необходимо переназначить величину радиуса, выбирают опцию ***Radius*** и вводят новое значение. Затем выбирают два сопрягаемых отрезка. ***AutoCAD*** выполнит сопряжение отрезков в соответствии с имеющейся информацией.

Команда имеет четыре основанные опции.

- ***Select first object*** (выберите первый объект). Эта опция позволяет указать первый объект сопряжения, если выполняется редактирование плоских объектов, либо трёхмерное ребро, если выполняется плавное сопряжение на трёхмерной модели. После выбора первого объекта сопряжения выбирается второе. При работе с трехмерными моделями можно выбрать несколько ребер, которые будут сглажены поверхностью одного радиуса. В этом случае имеется еще три опции:

  - ***Select an edge*** (Выберите ребро). Эта опция позволяет выбрать дополнительно рабра трехмерной модели до тех пор, пока не будет нажата клавиша ***Enter***.

- ***Chain*** (Цепочка). Эта опция позволяет указать непрерывную последовательность ребер на одной грани, которые будут одинаково сглажены.
-***Radius*** (Радиус) – задание радиуса.

- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, все углы между последовательными сегментами будут сопряжены дугами одного радиуса.
- ***Radius*** (Радиус). Эта опция позволяет задать значение радиуса. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.
- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до выполнения сопряжения. По умолчанию сопрягаемые объекты обрезаются.

Выполнить упражнения № 70 - 72.

Построить сопряжение отрезков ***№ 70***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

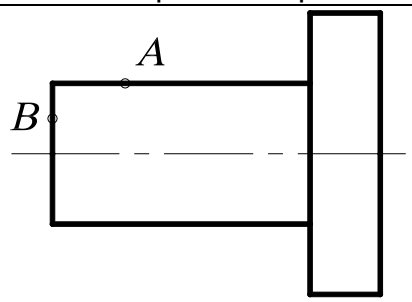
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

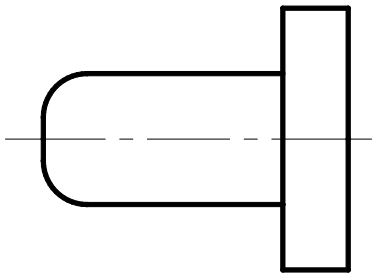
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать на отрезок в точке A

Select second object: указать на отрезок в точке B

Аналогично построить второе сопряжение.





Построить сопряжения на углах сегментов полилинии ***№ 71***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

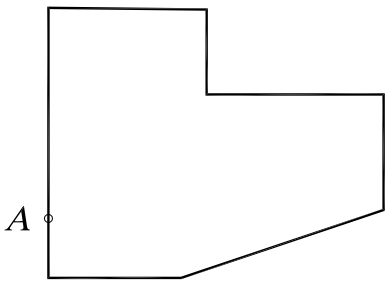
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

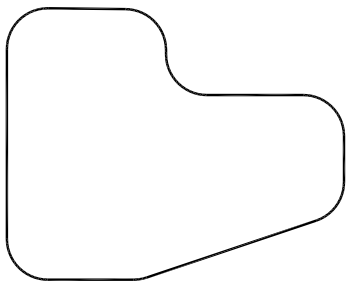
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: P режим полилинии

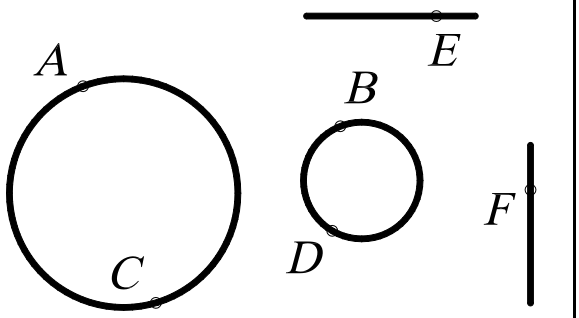
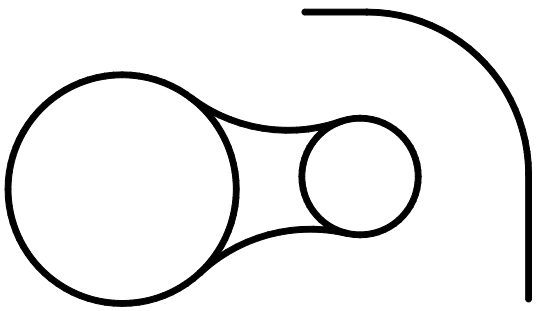
Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were filleted





Замечание. Если два отрезка параллельны, то между их концами вычерчивается полукруг, при этом радиус сопряжения автоматически устанавливается равным половине расстояния между отрезками.

Построить сопряжения заданных объектов	***№ 72***
Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet*** Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса Specify fillet radius <10.0000>: 30 радиус скругления Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку A (или C) Select second object: указать точку B (или D) FILLET Current settings: Mode = TRIM, Radius = 30.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку E Select second object: указать точку F.	
	

Замечание. Если радиус сопряжения задан нулевым, то система просто соединяет два непараллельных отрезка.

19. РЕДАКТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ GRIPS («РУЧКИ»)

При выделении объекта на поле чертежа на нем появляются маркеры ***Grips*** (Ручки) – характерные точки объекта (маленькие синие квадраты), обычно определяемые с помощью режима объектной привязки. Использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню. Редактирование при включенном режиме ручек выполняется с помощью графического курсора.

Средство редактирования объектов ***Grips*** объединяет наиболее часто используемые команды редактирования: ***Stretch*** (Растянуть), ***Move*** (Перемещение), ***Rotate*** (Повернуть), ***Scale*** (Масштаб), ***Mirror*** (Зеркало). По умолчанию вначале активизируется команда ***Stretch*** (Растянуть).

Первое действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

Выбирают объекты, воспользовавшись средствами выбора объектов до ввода команды: предполагаемой рамкой или явным указанием объектов. Система отметит маркеры ***Grips*** выбранных объектов маленькими синими квадратами. Если какой-либо объект выбран ошибочно, нажимают клавишу ***Shift*** и дважды щелкают на этом объекте мышью, чтобы отменить выбор и маркеры. Если весь набор выбран неудачно, нажимают дважды клавишу ***Esc***.

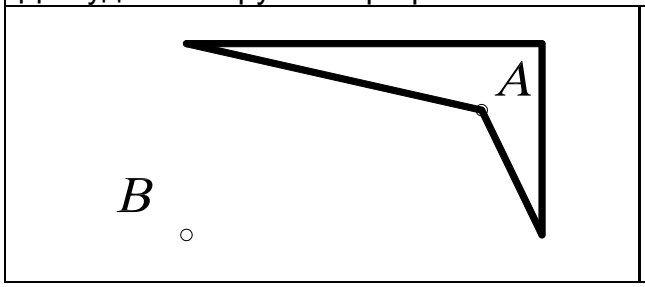
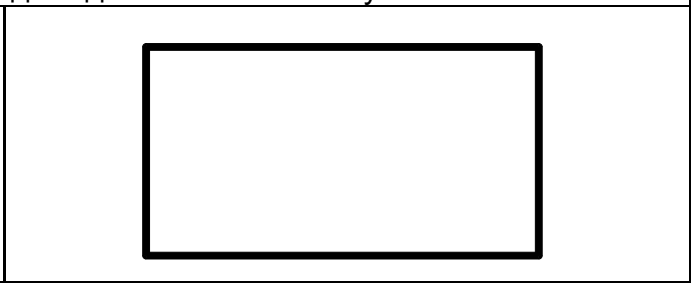
Второе действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

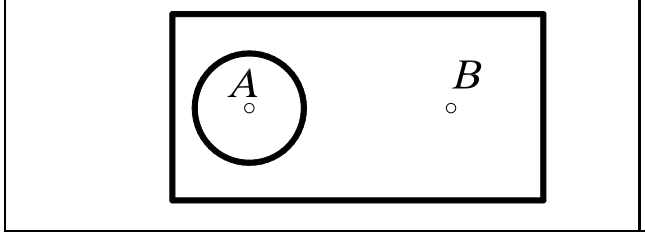
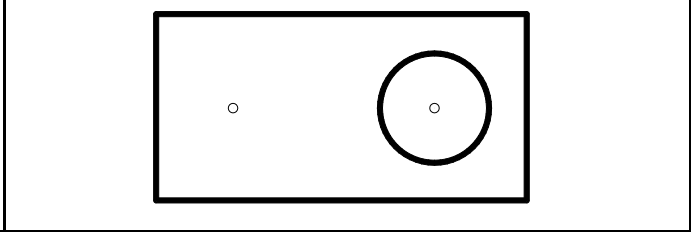
Активизируют режим редактирования, явно указав графическим курсором один из маркеров ***Grips***. Система отметит активный маркер ***Grips*** маленьким красным квадратом. Чтобы вернуть этот маркер в первоначальное состояние, щелкают на нем мышью. Если не-

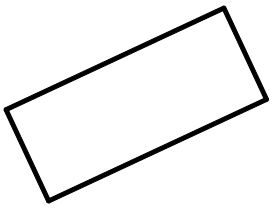
обходимо активизировать несколько маркеров ***Grips***, то в ходе их набора нажимают и удерживают клавишу ***Shift***. После отпускания клавиши ***Shift*** следует выбрать из набора активных маркеров ***Grips*** один, который будет рассматриваться системой как базовый. Если какой-либо маркер ***Grips*** из набора выбран ошибочно, то для его отмены нужно щелкнуть на нем мышью, удерживая нажатой клавишу ***Shift***. Точка, соответствующая выбранному маркеру ***Grips***, рассматривается системой в качестве базовой. После выбора маркера по умолчанию запускается команда ***Stretch*** (Растянуть).

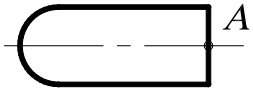
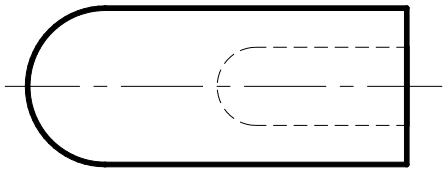
Для выбора остальных команд режима можно воспользоваться контекстным меню, вызываемым при нажатии правой кнопки мыши, последовательным нажатием клавиши ***Enter*** или непосредственным вводом с клавиатуры в командную строку начальной буквы команды.

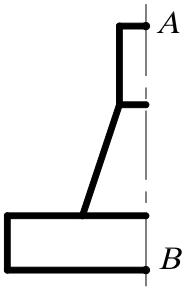
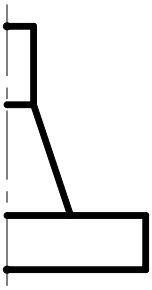
Выполнить упражнения № 73 – 77 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнения).

Растянуть объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 73***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать ту, за которую следует тянуть (точку А) ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение редактируемой вершины – точку В (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Переместить объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 74***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Мо или Enter режим перемещения ** MOVE ** Specify move point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение центра окружности – точку В (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Повернуть объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 75*
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую (центр поворота), например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Ro режим поворота ** ROTATE ** Specify rotation angle or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 25 угол Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Масштабировать объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 76*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Sc режим масштабирования ** SCALE ** Specify scale factor or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 2 коэффициент Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Зеркально отобразить объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 77*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mi режим симметрии ** MIRROR ** Specify second point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать точку В Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

20. ДИСПЕТЧЕР СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ



Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** – это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. В диалоговом окне ***Property*** (Свойства), представленном на рис. 150, возможен просмотр и изменение практически всех свойств рисунка. Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств) либо из падающего меню ***Modify*** (Редактировать)→ ***Properties*** (Свойства), либо щелчком мыши по пиктограмме ***Properties*** (Свойства) стандартной панели инструментов.

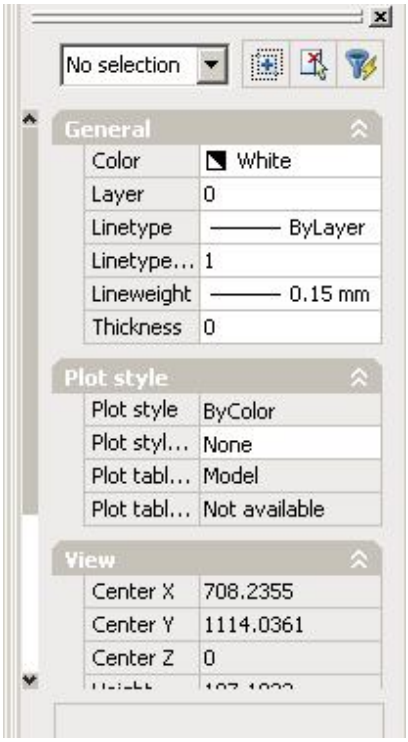


Рис. 150.

Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** позволяет выбирать объекты по их типу, предоставляя возможность редактировать свойства для каждого объекта. Если выбран один объект, отображается диалоговое окно со всеми доступными свойствами, характеризующими этот объект (слой, цвет, толщина линии, тип линии, высота текста и т. п.). При выборе нескольких объектов отображается окно с параметрами, которые характеризуют общие свойства этих объектов. Если не выбран ни один объект, диалоговое окно отображает общие характеристики чертежа.

Предусмотрены следующие способы изменения значений параметров:

- ввести новое значение параметра с помощью клавиатуры;
- явно указать новые координаты точки на экране монитора;
- выбрать новое значение параметра из раскрывающегося списка;
- выбрать новое значение параметра в диалоговом окне.

Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств), содержит две вкладки: раскрывающийся список выбранных объектов и три кнопки.

- Раскрывающийся список, расположенный в верхней части окна, содержит перечень выбранных объектов.
- Кнопка ***Toggle value of PICKADD Sysvar*** разрешает (на кнопке символ +) или запрещает (на кнопке символ 1) добавлять объекты в набор для редактирования.
- Кнопка ***Select Obje***ct позволяет явно указать объекты, свойства которых необходимо редактировать.
- Кнопка ***Quick Select*** открывает диалоговое окно с тем же именем, с помощью которого можно быстро выбрать объекты для редактирования.

При редактировании свойств объектов происходит их динамическое обновление.

21. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Dimension* *(Измерение)*

В ***AutoCAD*** используются размеры, которые можно разделить на три основные группы – линейные, радиальные и угловые. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, координатные, базовые и размерные цепи. Изображение размера: все линии, стрелки, дуги и элементы текста, составляющие размер, будут рас-

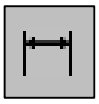
сматриваться как один размерный примитив. Команды простановки размеров находятся в падающем меню ***Dimension*** (Размеры) или на одноименной панели инструментов (рис. 151).



Рис. 151.

21.1. ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

AutoCAD позволяет проставлять линейные размеры, отличающиеся углом, под которым проводится размерная линия.



– Команда ***Dimliner*** (Размер линейный) – позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Linear*** (Линейный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Linear Dimension*** (Линейный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Используется для определения размеров отрезков прямых линий и прямолинейных сегментов полилиний или блоков; команду можно применить для нанесения линейного размера окружности или дуги.

Для выбора точек начала выносных линий рекомендуется пользоваться режимами объектной привязки.

Опции команды ***Dimliner*** (Размер линейный):

- ***Mtext*** (Многострочный текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора многострочного текста. Можно полностью изменить текст или сохранить измеренное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, если необходимо, текст до и после скобок. Для определения диаметра окружности к размерному числу присоединяется символьная последовательность %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.
- ***Text*** (Текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора однострочного текста.
- ***Angle***(Угол) – позволяет задать угол поворота размерного текста.
- ***Horizontal*** (Горизонтальный) – задает горизонтальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***x***.
- ***Vertical*** (Вертикальный) – задает вертикальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***y***.
- ***Rotated*** (Повернутый) – осуществляет поворот размерной и выносных линий, отмеряет расстояние между двумя точками вдоль заданного направления в текущей ПСК (пользовательской системы координат).

Выполнить упражнения № 78 - 80.

Проставить вертикальный размер ***№ 78***

Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

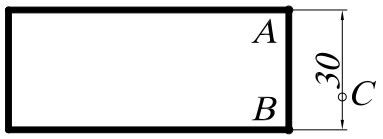
Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





Проставить горизонтальный размер
с изменением размерного текста ***№ 79***

Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: T режим однострочного текста

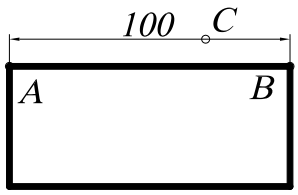
Enter dimension text <70>: 100 ввести новый размерный текст

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 70





Проставить повернутый размер ***№ 80***

Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

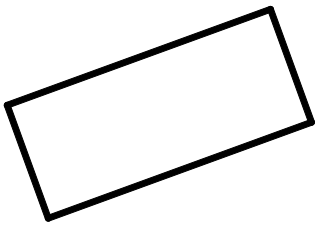
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: R режим повернутого размера

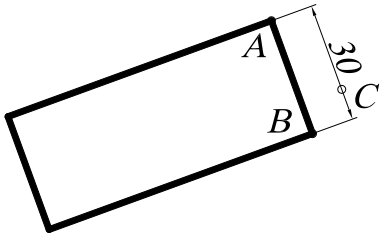
Specify angle of dimension line <0>: 20 угол поворота

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





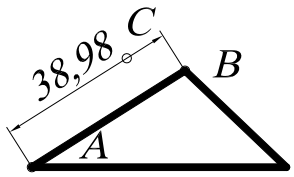
21.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



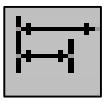
– Команда ***Dimaligned*** (Размер параллельный) – позволяет вычерчивать линейный размер, размерная линия которого параллельна отрезку, проведенному через начальные точки выносных линий. Создается подобно горизонтальным, вертикальным и повернутым размерам. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Aligned*** (Параллельный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Aligned Dimension*** (Параллельный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При автоматическом размещении выносных линий для окружности началом первой выносной линии будет точка, указанная при выборе окружности. После задания объекта пользователю предоставляется возможность выбора опций команды ***Mtext***, ***Text***, ***Angle***, позволяющих редактировать размерный текст.

Выполнить упражнение № 81.

Проставить параллельный размер	***№ 81***
 ***Dimaligned*** Падающее меню ***Dimension → Aligned*** Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A Specify second extension line origin: указать точку B Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 38.98	
	

21.3. БАЗОВЫЕ РАЗМЕРЫ



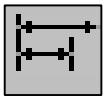
– Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) позволяет вычерчивать несколько размерных линий от одной выносной линии, которая принимается за базовую. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Basline*** (Базовый) или щелчком мыши по пиктограмме ***Basline Dimension*** (Базовый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Замечания:

1. Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) может применяться только после выполнения хотя бы одной из команд ***Dimliner*** (Размер линейный), ***Dimordinate*** (Размер координатный) или ***Dimangular*** (Размер угловой).
2. Базовой выносной линией является первая выносная линия предшествующей команды ***Dimbasline*** (Размер базовый).
3. Каждая новая размерная линия автоматически смещается относительно предыдущей на величину, задаваемую системной переменной DIMDLI (в командной строке с клавиатуры вводят DIMDLI и новую величину этой переменной: Enter new value for DIMDLI <6.0000>: 10). Длина базовой выносной линии при этом также увеличивается.

Выполнить упражнение № 82. Перед построением базового размера должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить базовые размеры	*№ 82*



Dimbaseline Падающее меню ***Dimension → Baseline***

Select base dimension: указать точку A

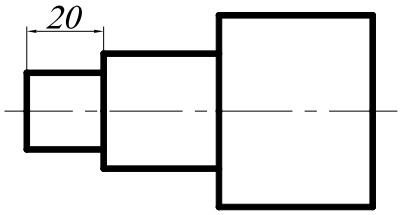
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

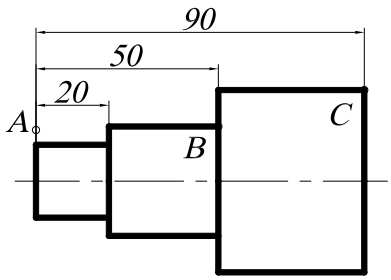
Dimension text = 50

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 90

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter





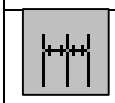
21.4. РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ



– Команда ***Dimcontinue*** (Размерная цепь) позволяет вычерчивать цепочки размеров, используя вторую выносную линию предыдущего размера как первую выносную линию текущего размера. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Continue*** (Цепь) или щелчком мыши по пиктограмме ***Continue Dimension*** (Размерная цепь) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Выполнить упражнение № 83. Перед построением размерной цепи должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить размерную цепь	*№ 83*



Dimcontinue Падающее меню ***Dimension → Continue***

Select continued dimension: указать точку A

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

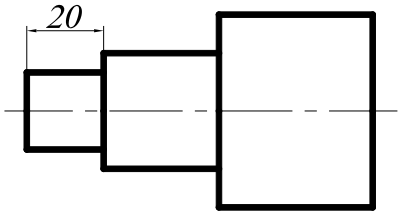
Dimension text = 30

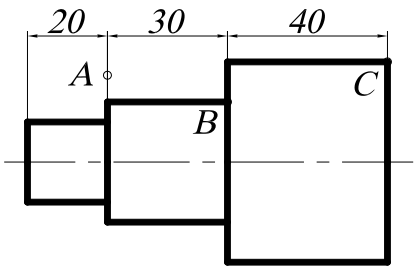
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 40

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter

Select continued dimension: Enter





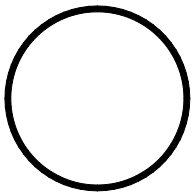
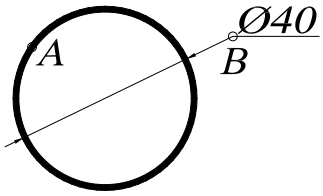
21.5. РАДИАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

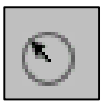


– Команда ***Dimdiameter*** (Размер диаметра) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера диаметров дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Diameter*** (Диаметр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Diameter*** (Диаметр) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При выполнении этой команды выносные линии не проводятся. Если размерный текст не изменялся, то по умолчанию размерному числу предшествует знак диаметра окружности. Нельзя изменить направление отрезка, который продолжает размерную линию диаметра за пределами окружности.

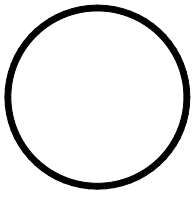
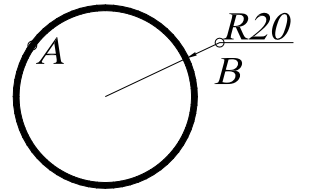
Выполнить упражнение № 84.

Проставить размер диаметра	***№ 84***
 ***Dimdiameter*** Падающее меню ***Dimension → Diameter*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 40 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	



– Команда ***Dimradius*** (Размер радиуса) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера радиуса дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Radius*** (Радиус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Radius*** (Радиус) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). При простановке радиуса текст по умолчанию начинается с символа ***R***.

Выполнить упражнение № 85.

Проставить размер радиуса	***№ 85***
 ***Dimradius*** Падающее меню ***Dimension → Radius*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 20 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	

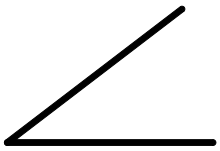
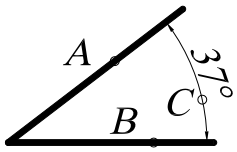
21.6. УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimangular*** (Размер угловой) позволяет вычерчивать размерную линию (дугу окружности) для обозначения угла между двумя непараллельными линиями, набором из трёх точек, дуги или окружности. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Angular*** (Угловой) или щелчком мыши по пиктограмме ***Angular Dimension*** (Угловой размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

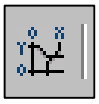
Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то угловой размер строится по трем точкам. При простановке углового размера текст по умолчанию завершается знаком «°».

Выполнить упражнение № 86.

Проставить угловой размер	***№ 86***
 ***Dimangular*** Падающее меню ***Dimension → Angular*** Select arc, circle, line, or <specify vertex>: указать точку A Select second line: указать точку B Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 37	
	

Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста. Если угол образован двумя непараллельными прямыми, размерная дуга стягивает угол между ними. Если размерная линия указана вне пределов линий, угол между которыми обозначается, то автоматически вычерчиваются выносные линии.

21.7. КООРДИНАТНЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimordinate*** (Размер координатный) позволяет вычерчивать размер, показывающий расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x*** или ***y***. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Ordinate*** (Координатный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ordinate Dimension*** (Координатный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Координатный размер состоит из значения координаты ***x*** или ***y*** и выноски. Координатный размер по ***x*** – это расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x***, а координатный размер по ***y*** – это расстояние вдоль оси ***y***. Если указана точка, ***AutoCAD*** автоматически определяет, по какой оси проставлять координатный размер. Текст координатного размера располагается вдоль выноски, независимо от ориентации текста, заданной текущим размерным стилем. Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста.

21.8. ВЫНОСКИ И ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖЕ



– Команда ***QLeader*** (Быстрая Выноска) обеспечивает вычерчивание линии-выноски и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Leader*** (Выноска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Leader*** (Быстрая выноска) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то система открывает диалоговое окно ***Leader Settings*** для настройки параметров линии-выноски (рис. 152). Это диалоговое окно содержит три вкладки. Вкладка ***Annotation*** позволяет управлять содержанием аннотации, добавляемой к линии выноски: это может быть многострочный текст, допуск формы и расположения поверхностей, блок или ничего.

Вкладка ***Leader & Arrow*** позволяет управлять внешним видом линии выноски и формой стрелки указателя линии выноски. Кнопка выбора ***Straight*** устанавливает линию выноски в виде ломаной линии с прямолинейными сегментами, а кнопка ***Spline*** – в виде гладкой кривой (сплайна).

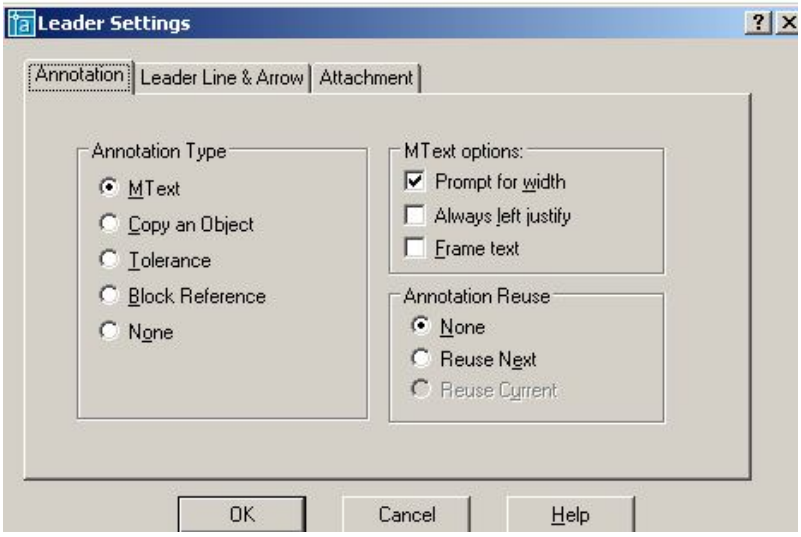
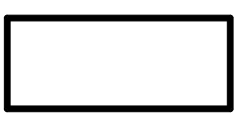
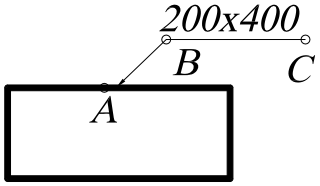


Рис.152.

Вкладка ***Attachment*** позволяет управлять положением полки линии выноски относительно поясняющей надписи. По умолчанию предлагается компоновка, когда полка линии выноски располагается в середине нижней строки многострочного текста. Предлагаемые способы выравнивания многострочного текста:

- ***Top of Top Line*** – по верху верхней строки;
- ***Middle of Top Line*** – по середине верхней строки;
- ***Middle of Multilane Text*** – по середине текста;
- ***Middle of Bottom Line*** – по середине нижней строки;
- ***Bottom of Bottom Line*** – по низу нижней строки;
- Флажок ***Underline Bottom Line*** отменяет все способы расположения надписи и разрешает ее подчеркивание полкой линии выноски.

Выполнить упражнение № 87.

Проставить размеры детали прямоугольного сечения на полке линии-выноски	***№ 87***
Qleader Падающее меню ***Dimension → Leader*** Specify first leader point, or [Settings] <Settings>: указать точку A Specify next point: указать точку B Specify next point: указать точку C Specify text width <6>: Enter Enter first line of annotation text <Mtext>: 200x400 Enter next line of annotation text: Enter	
	

21.9. БЫСТРОЕ НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ



– Команда ***QDim*** (Быстрый Размер) используется для одновременного быстрого нанесения группы размеров и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Разме-

ры) → ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Команда ***QDim*** (БРазмер) запрашивает лишь контуры, на которые необходимо проставить размеры с указанием опции типа проставляемых размеров:

- ***Continuous*** (***C***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров в виде размерной цепочки;
- ***Staggered*** (***S***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу параллельных или концентрических размеров;
- ***Baseline*** (***B***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров от одной базы;
- ***Ordinate*** (***O***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу координатных размеров;
- ***Radius*** (***R***) - используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер радиуса;
- ***Diameter*** (***D***) – используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер диаметра;
- ***DatumPoint*** (***P***) – используется, если необходимо изменить базовую точку при нанесении группы базовых или координатных размеров;
- ***Edit*** (***E***) – используется, если необходимо редактировать набор характерных точек в выбранной группе объектов; разрешено удалять (***remove***) или добавлять (***Add***) точки в набор.

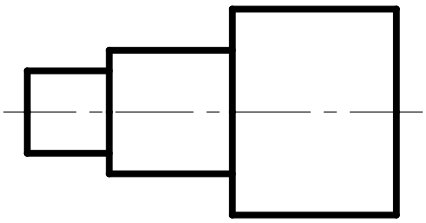
Выполнить упражнение № 88.

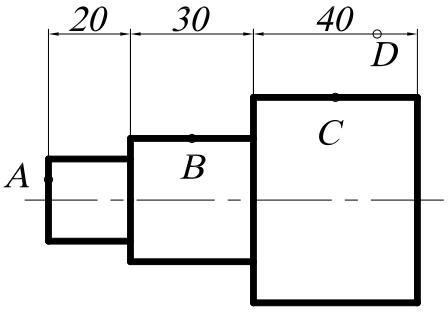
Быстрое нанесение размеров ***№ 88***



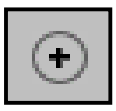
Qdim Падающее меню ***Dimension → Quick Dimension***

Associative dimension priority = Endpoint
Select geometry to dimension: указать точку A
Select geometry to dimension: указать точку B
Select geometry to dimension: указать точку C
Select geometry to dimension: Enter
Specify dimension line position, or
[Continuous/Staggered/Baseline/Ordinate/Radius/Diameter/datumPoint/Edit/seTtings
] <Continuous>: указать точку D





21.10. НАНЕСЕНИЕ МЕТОК ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ИЛИ ДУГИ



– Команда ***Dimcenter*** (Центральная метка) используется для нанесения меток центра выбранной дуги или окружности и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Dimension center*** (Центральная метка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension center*** (Центральная метка) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

В ответ на запрос команды указать графическим курсором объект, для которого необходимо нанести метку.

21.11. РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СТИЛЕЙ



– Команда ***Dimstyle*** (Размерный стиль) обеспечивает работу с размерными стилями с помощью диалогового окна ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей), представленного на рис. 153. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Style…*** (Стиль…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Style*** (Размерный стиль) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

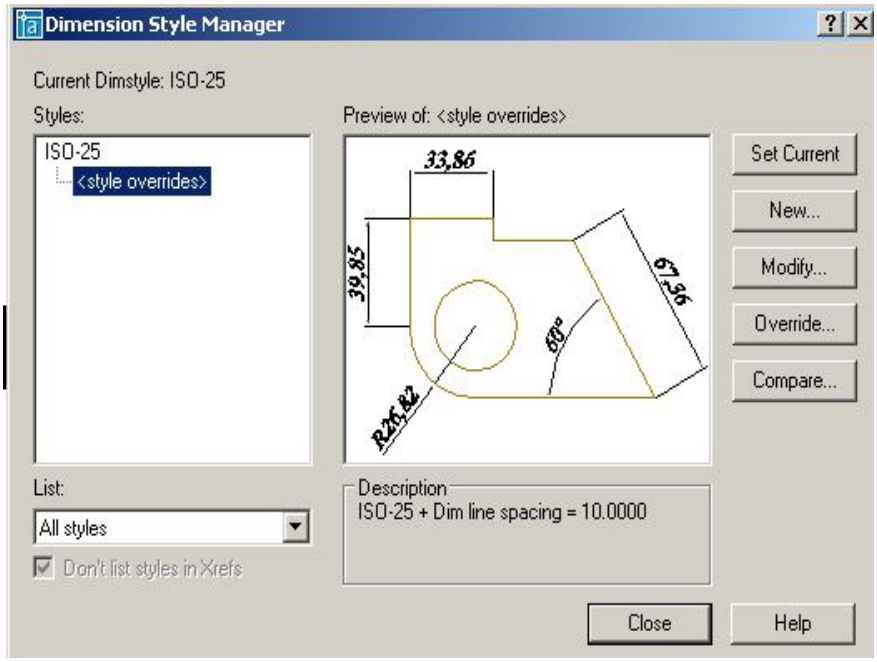


Рис. 153.

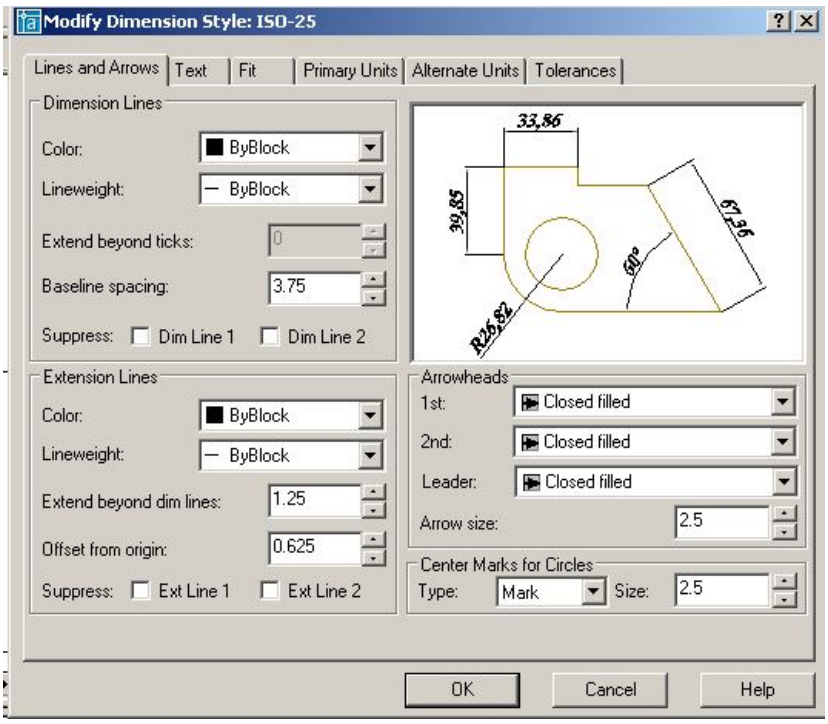


Рис. 154.

Изменение размерного блока происходит при редактировании (модифицировании) текущего размерного стиля или при замене текущего размерного стиля на новый размерный стиль.

Чтобы модифицировать текущий размерный стиль, необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей);
- щелкнуть в открывшемся диалоговом окне на кнопке ***Modify*** (Редактировать);
- заменить значения размерных переменных на новые, используя соответствующие вкладки диалогового окна ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля), представленного на рис. 154;
- щелкнуть на кнопке ОК;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.

После закрытия диалогового окна ***AutoCAD*** автоматически обновит на чертеже размерные блоки, использующие текущий стиль, в соответствии с новыми значениями размерных переменных.

Диалоговое окно ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля) содержит следующие вкладки.

1. ***Lines and Arrows*** (Линии и стрелки) – настройка параметров размерных, выносных, осевых линий и стрелок, содержит четыре поля настроек:

- Настройка размерных линий ***Dimension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond ticks*** (величина выступа размерной линии за выносные линии (в случае, когда вместо стрелок используются засечки), ***Base spacing*** (расстояние между размерными линиями при простановке размеров от одной базы), ***Suppress*** (подавление первой (***Dim Line 1***) или второй (***Dim Line 1***) частей размерной линии.
- Настройка выносных линий ***Extension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond dim lines*** (величина выступа выносных линий за размерную линию), ***Offset from origin*** (отступ начала выносной линии от объекта), ***Suppress*** (подавление первой (***Ext Line 1***) или второй (***Ext Line 1***) выносной линии.
- Настройка размерных стрелок ***Arrowheads*** – ***1 st*** (вид первой стрелки), ***2 nd*** (вид второй стрелки), ***Leader*** (вид стрелки для линии-выноски), ***Arrowsize*** (размер стрелки).
- Настройка маркеров для центра окружности или дуги ***Center Marcs for Circles*** – ***Type*** (тип маркера), ***Size*** (размер).

2. ***Text*** (Текст) – настройка размещения и формата размерных надписей содержит три поля настроек:

- Настройка внешнего вида текста ***Text Appearance*** – ***Text style*** (стиль текста), ***Text color*** (цвет текста), ***Text height*** (высота текста), ***Fraction height scale*** (определение масштаба чисел дробной части относительно размера основного текста при отображении простых дробей***), Draw frame around text*** (отрисовка рамки вокруг размерного текста).
- Расположение размерного текста относительно размерной линии ***Text Placement*** – ***Vertical*** (расположение текста при вертикальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии, разрывая его; ***Above*** – размещает текст над размерной линией; ***Outside*** – размещает текст под размерной линией; ***JIS*** – располагает текст в соответствии с Японским индустриальным стандартом). ***Horizontal*** (расположение текста при горизонтальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии; ***1nd Extention Line*** – размещает текст около первой выносной линии; ***2nd Extention Line*** – размещает текст около второй выносной линии; ***Over 1st Extention Line*** – размещает текст над первой выносной линией; ***Over 2nd Extention Line*** – размещает текст над второй выносной линией). ***Offset from dim line*** – расстояние между текстом и размерной линией.
- Ориентация текста ***Text Alingment*** – ***Horizontal*** (располагается вертикально), ***Alingment with dimension line*** (текст располагается параллельно размерной линии), ***ISO Standart*** (текст располагается параллельно размерной линии, когда он находится между выносными линиями, и горизонтально, когда он находится вне выносных линий).

3. Fit (Выравнивание) – настройка характера размещения стрелок и размерных надписей в стесненных местах чертежа. При нанесении размеров достаточно часто встречаются ситуации, когда не удается разместить размерный текст на обычном месте, поэтому в стиле должно быть определено поведение системы в подобных ситуациях.

- Расположение текста и стрелок при недостатке места для размещения их внутри выносных линий ***Fit Option*** (Вписывать) – ***Either the text or the arrows, whichever fits best*** (автоматически определяется, что лучше разместить внутри выносных линий – текст или стрелки), ***Arrows*** (внутри располагаются стрелки), ***Text*** (внутри располагается текст), ***Both text and arrows*** (внутри располагаются как текст, так и стрелки), ***Always keep text between ext lines*** (всегда размещает текст между выносными линиями), ***Sup-***

press arrows if they don't fit inside the extension lines (подавляет стрелки, если они не вписываются внутрь выносных линий).

- Расположение текста, когда он не может разместиться в месте, предусмотренном по умолчанию ***Text Placement*** (Размещение текста) – ***Beside the dimension line*** (около выносной линии), ***Over the dimension line, with a leader*** (на выноске, выше размерной линии), ***Over the dimension line, without a leader*** (выше размерной линии, без выноски).
- Масштаб для размерных элементов (***Scale for Dimension Features***) – ***Use overall scale off*** (использовать общий масштабный коэффициент для всех размерных элементов), ***Scale dimensions to layout (paperspace)*** (в пространстве листа масштабировать элементы в соответствии с масштабом чертежа в текущем видовом экране.
- Дополнительная настройка ***Fine Tuning*** – ***Place text manually when dimensioning*** (при простановке размеров местоположение текста определяется вручную), ***Always draw dim line between ext lines*** (всегда чертить размерную линию между выносными линиями, даже когда стрелки располагаются снаружи от выносных линий).

4. Вкладка ***Primary Units*** (Основные единицы) – настройка формата основных единиц для размеров, соответствующих линейным и угловым величинам.

- Линейные размеры (***Linear Dimensions***) – ***Unit format*** (единицы измерения), ***Precision*** (точность размерного стиля), ***Fraction format*** (формат дробной части при использовании дробей), ***Decimal separator*** (формат разделителя целой и десятичной части числа), ***Round off*** (округление размерных чисел (1 – округление до целых), ***Prefix*** (префикс, который будет отображаться перед размерным текстом), ***Suffix*** (суффикс, который будет отображаться после размерного текста).
- Масштабы (***Measurement Scale***) – ***Scale factor*** (масштаб значения размерного числа), ***Apply to layout dimensions only*** (масштаб учитывать только в пространстве листа).
- Подавление нуля (***Zero Suppression***) – ***Leading*** (подавление нуля перед запятой), ***Trailing*** (подавление последних нулей в десятичной части).

Настройка единиц угловых размеров ***Angular Dimensions*** (в правой части диалогового окна) производится аналогично.

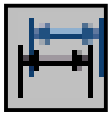
5. Вкладка ***Alternate Units*** (Альтернативные единицы) – параметры настройки в этой вкладке используются в том случае, если будет включен режим простановки размеров альтернативных единиц, то есть если используют метрическую систему и британскую на одном чертеже.

6. Вкладка ***Tolerances*** (Допуски) – настройка параметров формата представления допусков на чертеже.

Для замены текущего размерного стиля на новый размерный стиль необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***;
- выбрать нужный стиль в списке ***Styles***;
- сделать новый стиль текущим, щелкнув на кнопке ***Set Current***;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.





После закрытия диалогового окна все существующие на чертеже размерные блоки не изменятся, а новые будут вычерчиваться в соответствии с новым размерным стилем. Если необходимо заменить стиль существующих размерных блоков на установленный размерный стиль, следует воспользоваться командой выпадающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Update*** (Обновить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Update*** (Обновить размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Затем ввести в командную строку ***all*** и нажать клавишу ***Enter*** или воспользоваться секущей рамкой выбора и с её помощью выбрать все объекты размеров на чертеже. Когда все объекты размеров на экране выделены, нажать клавишу ***Enter***. Тем самым выполнение команды завершится.

22. ЗУМИРОВАНИЕ

В ***AutoCAD*** изменение масштаба выполняется всевозможными модификациями команды ***ZOOM*** (Покажи) из панели инструментов ***Zoom*** (рис. 155).



Рис. 155.

Выполнение этой команды производит тот же эффект, что и настройка объектива с переменным фокусным расстоянием, который используется в теле- и кинокамерах. При зуммировании размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Команды ***Zoom*** могут вызываться из падающего меню ***View*** (Вид) → ***ZOOM*** (Покажи) стандартной панели инструментов. Ниже приводится описание каждой команды.



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Zoom Window*** (Показать Рамка –указание области отображения с использованием рамки. Для этого следует задать два противоположных угла прямоугольной рамки.;



– ***Zoom Dinamic*** – динамическое задание области отображения. Отображает видимую часть чертежа в рамке, представляющего текущий вид. При нажатии клавиши ***Enter*** изображение, заключенное в видовом экране, выводится на видовой экран.



– ***Zoom Scale*** (Показать масштаб) – задание масштабного коэффициента. Используется, если изображение требуется уменьшить или увеличить на точно заданную величину. При этом необходимо задать коэффициент экранного увеличения.



– ***Zoom Center*** (Показать центр) – задание области изображения путем ввода точки центра и высоты в единицах рисунка;



– ***Zoom Object*** (Показать объект) – задание области отображения путем выбора объекта или группы объектов;



– ***Zoom In*** (Увеличить) – увеличение изображения;



– ***Zoom Out*** (Уменьшить) – уменьшение изображения;



– ***Zoom All*** (Показать все) – отображение всей области чертежа или области внутри границ, если заданы границы. Позволяет увидеть на экране весь чертёж;



– ***Zoom Extents*** (Показать границы) – отображение области, которая содержит все примитивы чертежа.

23. ПАНОРАМИРОВАНИЕ



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени. При перемещении курсора по видовому экрану происходит динамическое перемещение изображения. Для активизации команды можно щелкнуть мышью по кнопке ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) стандартной панели инструментов либо выбрать команду из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Pan*** (Панорамировать) → ***Real Time*** (В реальном времени).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Создать шаблон чертежа формата А4 и А3 с основной надписью (рис. 156).

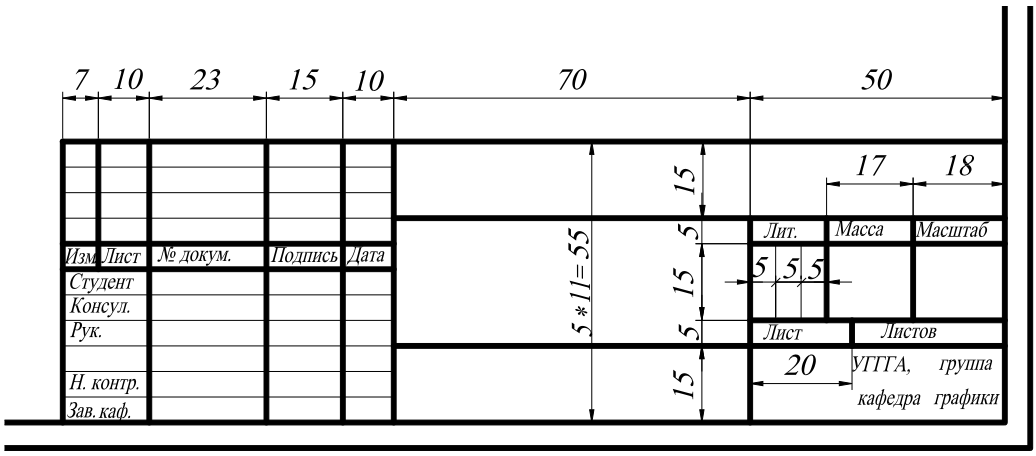


Рис. 156.

2. Выполнить чертёж детали (прил. 1) на формате А3 в масштабе 1:1.

3. По двум заданным изображениям детали (прил. 2) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

4. По двум заданным изображениям детали (прил. 3) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

5. По двум заданным изображениям детали (прил. 4) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

Глава 3
ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ***AutoCAD*** включает в себя достаточно широкий спектр средств трёхмерного моделирования. Они позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Основные типы пространственных моделей, используемых в ***AutoCAD***, можно условно разделить на три группы:

- каркасные;
- модели поверхностей;
- твердотельные.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Построение каркасных моделей в ***AutoCAD*** рассматривается как этап вспомогательных построений для трёхмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и др. В данном случае можно создавать линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые твердотельные модели воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет решать не только компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации.

В данном пособии рассматривается построение каркасных моделей и твердотельных. Кроме создания вышеперечисленных трехмерных моделей рассматриваются средства их редактирования, средства просмотра объемного изображения и визуализации.

2. ЗАДАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Задание координат точек при работе в трехмерном пространстве может производиться с помощью клавиатуры или с помощью графического курсора. При этом необходимо дополнительно указывать координату, определяющую положение точки вдоль оси ***Z***. Точка может быть задана:

- *абсолютными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические);*
- *относительными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические)*.

Цилиндрические и сферические координаты подобны полярным координатам в двумерном пространстве.

1. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x, y, z**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координат ***y*** и ***z***, а также направление (+ или -).

- *Цилиндрические координаты:* **…point: ρ < φ, z**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), специальный символ < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем через запятую – координату точки по оси ***Z***. За положительное направление отсчета угла поворота вектора в плоскости ***XY*** принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***X***.
- *Сферические координаты:* **…point: ρ < φ < ψ**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), а далее через специальные символы < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем угол наклона вектора относительно плоскости ***XY***.

2. Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***X***, ***Y*** и **Z** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую, приращение по оси ординат ***y*** и приращение по оси ***z***.

- *Цилиндрические координаты*: **…point: @ρ<φ, Δ z**.
- *Сферические координаты*: **…point: @ρ < φ < ψ**.

Особенностью задания координат точек с помощью графического курсора при работе в трёхмерном пространстве является то, что по умолчанию все указываемые точки воспринимаются системой как лежащие в плоскости ***XY*** текущей системы координат. Поэтому при указании точек подобным образом следует использовать объектную привязку или соответствующим образом изменять систему координат.

Некоторые типы объектов, например окружности и плоские полилинии, могут создаваться только в плоскостях, параллельных плоскости ***XY*** текущей системы координат. При этом положение плоскости, в которой расположен такой объект, вдоль оси ***Z*** определяется положением первой указанной точки. Так, например, если при создании плоской полилинии в ответ на первый запрос была указана точка с координатой ***Z***, равной 20, то и все остальные точки полилинии будут иметь ту же координату вдоль оси ***Z*** независимо от способа ввода координат и использования режима объектной привязки.

3. ЗАДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

При создании двумерных объектов пользователь, как правило, работает в одной плоскости проекций – ***XY***, и ему зачастую бывает достаточно использовать одну, устанавливаемую по умолчанию, пользовательскую систему координат. Построение трехмерных объектов требует работы и с другими плоскостями проекций. Если учесть, что курсор в ***AutoCAD*** может перемещаться только в плоскости ***XY*** и ей параллельной, то становится понятно, что создание трехмерных моделей при использовании только одной системы координат является трудоемким.

В ***AutoCAD*** существуют две основные системы координат – мировая система координат ***Word Coordinate System WCS*** (МСК) и пользовательская система координат ***User Coordinate System UCS*** (ПСК). Ось ***X*** мировой системы координат направлена горизонтально, ось ***Y*** – вертикально, а ось ***Z*** – проходит перпендикулярно плоскости ***XY***. Основное отличие миро-

вой системы координат ***WCS*** (МСК) от пользовательской системы координат ***UCS*** (ПСК) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна, и она неподвижна. В ***AutoCAD*** можно определять и использовать неограниченное количество пользовательских систем координат ***UCS*** (ПСК).

Вызвать команду ***UCS*** (ПСК) или варианты её исполнения можно из командной строки или из падающего меню ***Tools*** (Сервис). Наиболее удобным представляется вызов команды ***UCS*** (ПСК) из стандартной или плавающей панели инструментов (рис. 157).



Рис. 157.



- Команда ***UCS*** (ПСК) – определение новой пользовательской системы координат. Вызов команды ***USK*** (ПСК);



- ***Display UCS Dialog*** (Диалоговое окно ПСК) – управление имеющимися пользовательскими системами координат из диалогового окна ***UCS*** (рис. 158).

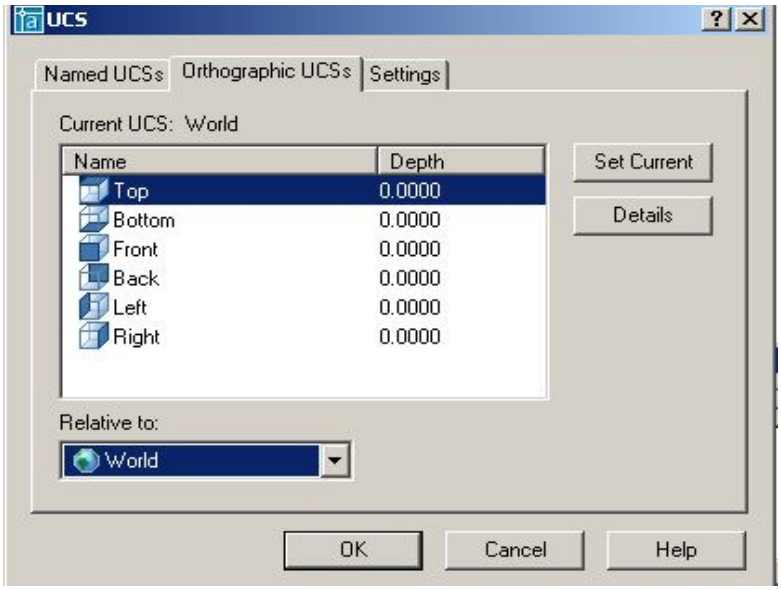


Рис. 158.



- ***UCS Previous*** (Предыдущая ПСК) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



- ***Word UCS*** (МСК) – переход в мировую систему координат;



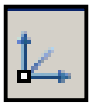
- ***Object UCS*** (ПСК объект) – выравнивание системы координат по существующему объекту, то есть совмещение плоскости ***XY*** новой системы координат с плоскостью существующего двумерного объекта;



- ***Face UCS*** (ПСК на грани) – создание новой ПСК путем указания грани;



- ***View UCS*** (ПСК вид) – создание новой ПСК параллельно текущему виду поворотом вокруг начальной точки ПСК, иначе говоря, параллельно экрану;



- ***Origin UCS*** (ПСК Начало) – создание новой ПСК заданием нового начала координат;



- ***ZAxis Vector UCS*** (ПСК Zось) – создание новой ПСК заданием нового начала координат и точки, определяющей положительное направление оси ***Z***;



- ***3Point UCS*** (ПСК 3 точки) – создание новой ПСК по 3 точкам, последовательно определяющим новое начало координат и направление осей ***X*** и ***Y***;



- ***XAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***X***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***X***;



- ***YAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Y***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Y***;



- ***ZAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Z***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Z***;



- ***Apply UCS*** (Применить ПСК) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

При создании пользовательской системы координат направление её координатных осей удобно определять по правилу правой руки: большой палец показывает направление положительных значений по оси ***X***, указательный – по оси ***Y***, средний по оси ***Z*** (рис. 159). Для определения положительного направления угла поворота следует большой палец правой руки направить в положительном направлении координатной оси, вокруг которой осуществляется вращение. Тогда согнутые пальцы покажут положительное направление угла поворота системы координат (рис. 160).

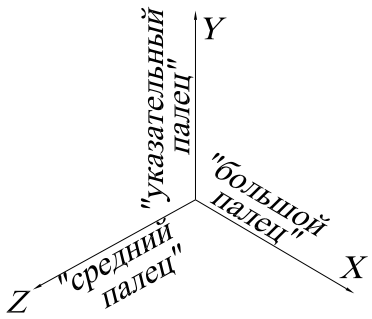


Рис. 159.

Изменение текущей ПСК не влияет на изображение чертежа на экране, если не включена системная переменная ***UCSFOLLOW***. Если ***UCSFOLLOW*** имеет значение 1, то при определении новой ПСК на экране изображается вид в плане новой ПСК.

Выполнить упражнения № 89, 90.

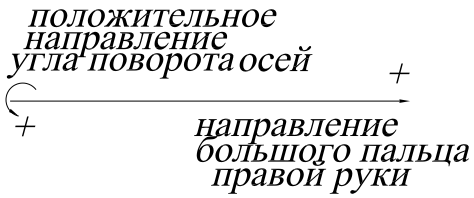
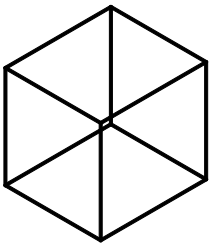
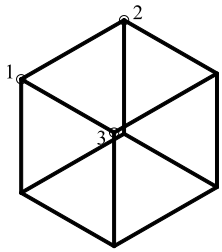
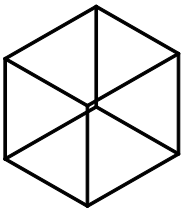
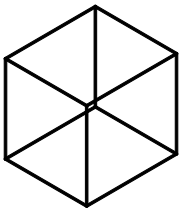


Рис. 160.

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 89
 ***3Point UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ 3 Point***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _3 режим задания ПСК по трём точкам   Specify new origin point <0,0,0>: указать центр ПСК – точку 1   Specify point on positive portion of X-axis <0,0>: указать точку 2 (направление оси 0X)   Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0>: указать точку 3 (направление оси 0Y)
 

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 90
 ***View UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ View***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _v режим, параллельный плоскости текущего вида (в этом режиме можно выполнять любые надписи, как и в двумерном моделировании).
 

4. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

На нижней полке рамки графической зоны находятся корешки вкладок ***Model*** (Модель) и ***Layout*** (Компоновка). Последних может быть несколько, причем каждой очередной присваивается возрастающий номер. На вкладке ***Model*** (Модель) выполняется вся творческая часть работы конструктора. На вкладках ***Layout*** (Компоновка) компонуется представление разработанной модели на виртуальном листе чертежа в виде плоского рисунка, причем одна модель может быть представлена несколькими компоновками на разных вкладках. Переключаясь со вкладки ***Model*** (Модель) на вкладку ***Layout*** (Компоновка), пользователь фактически переходит из трехмерного пространства модели в двухмерное пространство листа, на котором представлена эта модель.

После перехода на очередную вкладку ***Layout*** (Компоновка) можно приступать к компоновке чертеже из элементов модели, созданных в пространстве модели. Компоновка выполняется активизацией команд контекстного меню, которое активизируется щелчком правой кнопки мыши на корешке вкладки ***Layout*** (Компоновка).

Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопки ***MODEL***/***PAPER*** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) в строке состояния.

5. ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

Видовой экран (***Viewport***) – это участок графического экрана, на котором отображается часть пространства модели чертежа. Существует два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся. Неперекрывающиеся видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны могут выводиться только по одному. Перекрывающиеся видовые экраны могут располагаться на экране и перемещаться по нему произвольным образом. Эти экраны могут накладываться друг на друга и печататься одновременно.

5.1. СОЗДАНИЕ НЕПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов. В процессе рисования все изменения, производимые на одном видовом экране, отражаются на остальных. Переключиться с одного видового экрана на другой можно в любой момент, даже в ходе выполнения команды. Границы активного видового экрана выделяются более толстой линией. Активизировать видовые экраны по очереди можно, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+R> или щелкнув мышью на поле видового экрана.

Для создания видовых экранов используется команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН), вызывающая диалоговое окно ***Viewports*** (Видовые экраны), показанное на рис. 161. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид чертежа.



- Команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны).

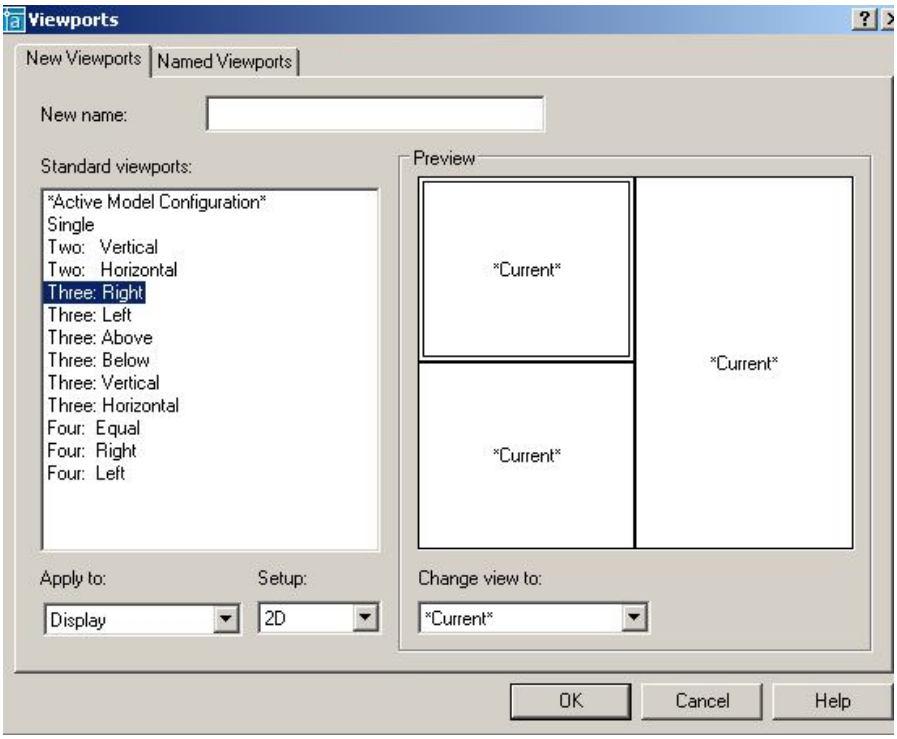


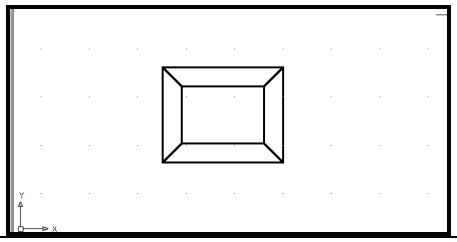
Рис. 161.

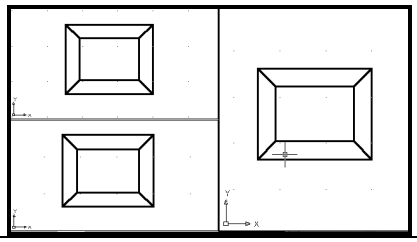
Выполнить упражнение № 91.

Создать три видовых экрана	*№ 91*

VPORTS Падающее меню ***View → Viewports → New Viewports…***

Enter an option [Save/Restore/Delete/Join/SIngle/?/2/3/4] <3>: _3
Enter a configuration option [Horizontal/Vertical/Above/Below/Left/Right] <Right>: Enter
Regenerating model.





6. УСТАНОВКА ВИДОВ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта. Возможно, что изображение объекта будет достаточно информативным на одном виде и нечитаемым – на другом. В любом случае при работе с трехмерными объектами следует установить несколько видовых экранов, например, один – с видом в плане, другой – с видом слева, а третий – с аксонометрическим видом.

Установка направления взгляда производится в начале работы с моделью или в процессе создания модели. ***AutoCAD*** позволяет взглянуть на модель из любой точки пространства, даже изнутри изображаемого объекта. Установку нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

1. ***VPOINT*** (Точка зрения) – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида.
2. ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) – отображает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения).
3. ***PLAN*** (План) – отображает вид в плане пользовательской или мировой системы координат.
4. ***DVIEW*** (Динамический вид) – определяет параллельную проекцию или перспективные виды.
5. ***3DORBIT*** (3-Орбита) – интерактивное отображение видов.

6.1. УСТАНОВКА НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА

Команда ***VPOINT*** (Точка зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***VPOINT*** (Точка зрения) или вводом в командную строку слова ***VPOINT*** с клавиатуры.

В ответ на команду система сообщает справочную информацию:

Current view direction: VIEWDIR=1.0000,-1.0000,1.0000
Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>:

Возможные ответы:

- задать направление взгляда при определении вида, указав на графическом экране произвольную точку;
- нажать клавишу ***Enter***. На экране появляются компас и тройка осей, представляющие проекцию глобуса на плоскости. Центральная точка компаса совпадает с Северным

полюсом (0, 0, 1), внутренняя окружность – с экватором (n, n, 0), а внешняя – с Южным полюсом (0, 0, -1). Угол направления взгляда определяется указанием точки внутри компаса, а угол между направлением взгляда и плоскостью ***XY*** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с точкой зрения на компасе изменяется ориентация тройки осей. Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри окружностей и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат, можно получить требуемый вид.

- ***Rotate*** (Поворот) используется, если необходимо задать направление взгляда при определении вида путем указания.

Удобно также использовать плавающую панель инструментов ***View*** (Вид), содержащую ряд кнопок с типовыми видами объекта (рис. 162).



Рис. 162.

 — ***Named View*** (Именованные виды) – создание и сохранение видов;

 — ***Top View*** (Вид сверху) – установка точки зрения сверху (план, горизонтальная проекция);

 — ***Bottom View*** (Вид снизу) – установка точки зрения снизу;

 — ***Left View*** (Вид слева) – установка точки зрения слева (профильная проекция);

 — ***Right View*** (Вид справа) – установка точки зрения справа;

 — ***Front View*** (Вид спереди) – установка точки зрения спереди (фронтальная проекция);

 — ***Back View*** (Вид сзади) – установка точки зрения сзади;

 — ***SW Isometric View*** (ЮЗ изометрия) – установка юго-западного изометрического вида;

 — ***SE Isometric View*** (ЮВ изометрия) – установка юго-восточного изометрического вида;

 — ***NE Isometric View*** (СВ изометрия) – установка северо-восточного изометрического вида;



— ***NW Isometric View*** (СЗ изометрия) – установка северо-западного изометрического вида;



— ***Camera*** (Камера) – включение и установка положения камеры и цели.

Выполнить упражнение № 92.

Установить направление взгляда в трёх видовых окнах ***№ 92***

Падающее меню ***View → 3D Views***

В верхнем левом видовом окне установить Front (Вид спереди), вначале активизируйте это окно щелчком мыши на поле окна

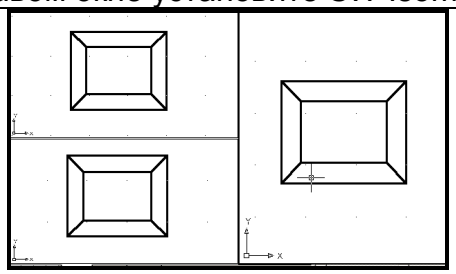


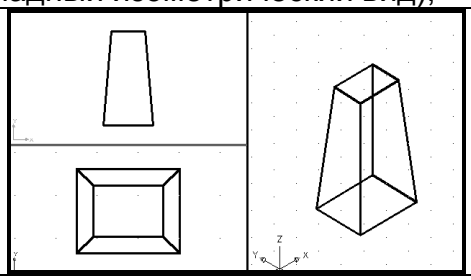
В нижнем левом видовом окне установить Top (Вид сверху), сделав это окно активным.





В правом окне установите SW Isometric (Юго-западный изометрический вид),





6.2. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА

Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

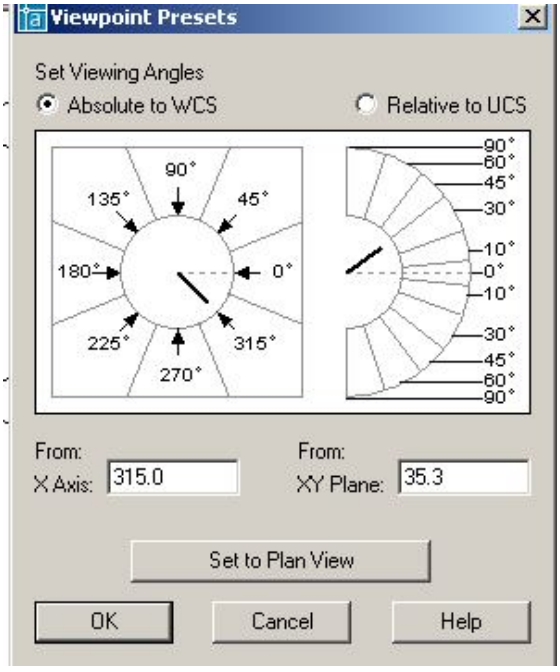


Рис. 163.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения), представленное на рис. 163. Окно содержит следующие элементы управления: две кнопки выбора, графическое поле, два поля ввода и кнопку ***Set to Plan View***.

- Кнопка выбора ***Absolute to WCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно мировой системы координат.
- Кнопка выбора ***Relative to UCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно текущей системы координат.
- Графическое поле позволяет задать направление взгляда при помощи графического курсора.
- Поле ввода ***X axis*** позволяет задать числовое значение угла в плоскости ***XY*** между направлением взгляда и осью ***X***.

- Поле ввода ***XY Plane*** позволяет задать числовое значение угла между направлением взгляда и плоскостью ***XY***.
- Кнопка ***Set to Plan View*** задает направление взгляда, перпендикулярное плоскости ***XY*** текущей системы координат.

Команда ***DVIEW*** (Динамический вид). Установить направление взгляда можно с помощью команды ***DVIEW*** (Динамический вид), предназначенной для получения динамических трехмерных и перспективных видов. Эта команда используется также для зуммирования, панорамирования и вращения видов. Кроме того, с её помощью можно удалять с экрана объекты, расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, а также скрытые линии – при динамическом просмотре объектов. Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью – это линия взгляда или направление взгляда. Имеется возможность при моделировании изменять фокусное расстояние «объектива» камеры от широкоугольного до телеобъектива. После выполнения команды чертеж полностью регенерируется.

6.3. УСТАНОВКА ПЛАНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

PLAN (План) – позволяет получить ортогональную проекцию объектов на плоскость ***XY*** текущей, мировой или пользовательской систем координат. Пользоваться этой командой в пространстве листа недопустимо.

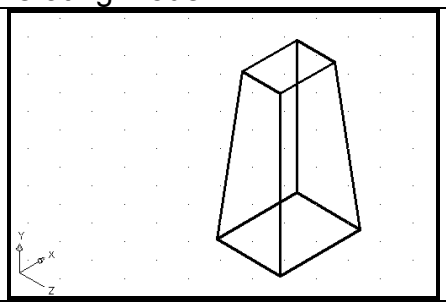
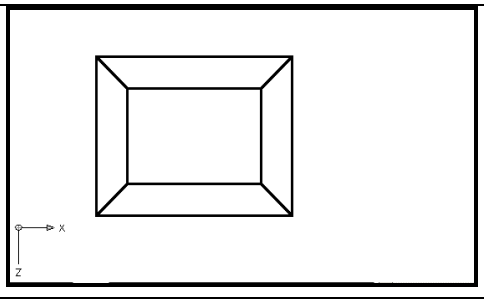
Команда ***PLAN*** (План) → ***Plan View*** (Вид в плане) соответственно пункты ***Current UCS*** (Текущая ПСК), ***World UCS*** (МСК) или ***Names UCS*** (По имени).

Опции команды:

- ***Current UCS*** (Текущая ПСК) – создает изображение текущей ПСК в плане на текущем видовом экране. Используется по умолчанию;
- ***UCS*** (ПСК) – переключает в план предварительно сохраненной ПСК и регенерирует изображение. ***AutoCAD*** запрашивает имя требуемой ПСК;
- ***World*** (Мир) – создает изображение в плане мировой системы координат.

Команда ***PLAN*** (План) изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, вводимые или отображаемые после запуска этой команды, берутся относительно текущей ПСК.

Выполнить упражнения № 93.

Установить вид в плане	***№ 93***
Plan Падающее меню ***View → 3D Views → Plan View → World UCS*** Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: _w Regenerating model.	
	

6.4. УСТАНОВКА ОРТОГОНАЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВИДОВ



Для установки ортогональных и аксонометрических видов служит закладка ***Orthographic & Isometric Views*** (Ортогональные и изометрические виды) диалогового окна ***View*** (Вид), показанного на рис. 164. Это диалоговое окно вызывается вводом в командную строку слова ***VIEW*** с клавиатуры или из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View…*** (3М Виды…). Кроме этого, можно щелкнуть на пиктограмме ***Named Views*** (Именованные виды) плавающей панели инструментов ***View*** (Вид), представленной на рис. 162.

Ортогональный вид, помещаемый на видовой экран, базируется по умолчанию на мировой системе координат. Однако пользователь может установить в качестве базовой любую из имеющихся в диалоговом окне именованных пользовательских систем координат (ПСК). После выбора одной из ПСК необходимо сделать эту систему текущей, то есть нажать кнопку ***Set Current***, в подтверждении, что выбранная ПСК является текущей, рядом с её названием появляется маркер. Нажатием кнопки ***OK AutoCAD*** выводит на экран выбранную пользовательскую систему координат.

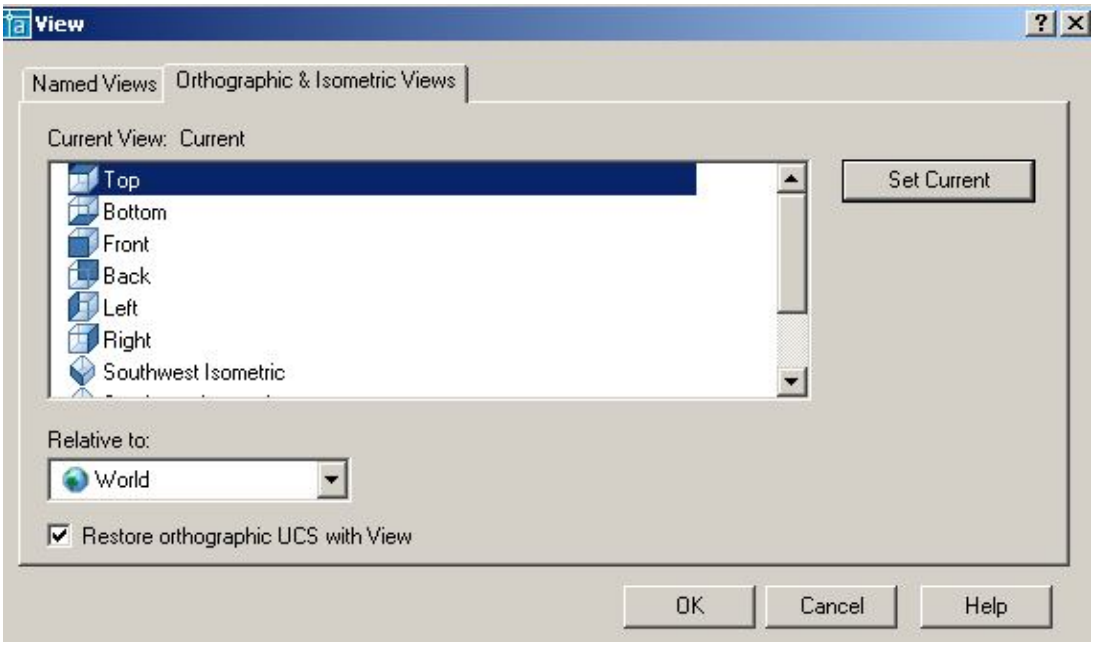


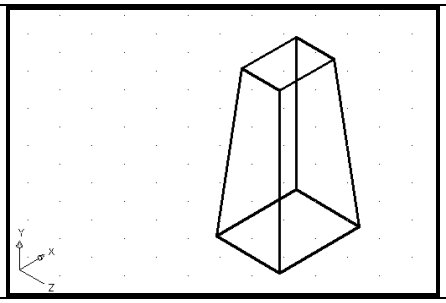
Рис. 164.

6.5. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧКОЙ ВЗГЛЯДА



Команда ***3DORBIT*** (3-орбита) позволяет задать направление взгляда при определении вида и параметры отображения. Вид модели в это время управляется с помощью устройства указания, то есть изменение направления взгляда при определении вида производится путем перемещения мыши при нажатой левой кнопке. С орбиты могут рассматриваться как вся модель, так и её отдельные части. Команда вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D Orbit*** (3М Орбита) или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) стандартной панели инструментов, или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***, или вводом в командную строку слова ***3DORBIT*** с клавиатуры. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Выполнить упражнение № 94.

Установить точку зрения	*№ 94*
 ***3D Orbit*** Падающее меню ***View → 3D Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установить желаемую точку зрения Для выхода из команды нажать Enter.	
	

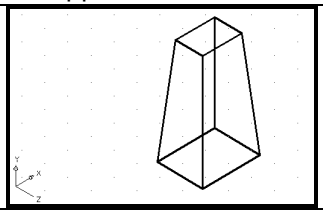
6.6. ДИНАМИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ



Команда ***3DCORBIT*** (3МД Орбита) позволяет просматривать вращающееся изображение объектов в режиме реального времени. Команда вызывается вводом в командную строку слова ***3DCORBIT*** с клавиатуры или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Continuous Orbit*** (3МД Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Вращение изображения объектов задается путем перемещения курсора по графическому полю экрана при нажатой левой кнопке мыши. При этом направление вращения определяется направлением перемещения курсора, а скорость вращения – скоростью перемещения курсора. Вращение изображения начинается после того, как будет отпущена левая кнопка мыши.

Выполнить упражнение № 95.

Установить точку зрения	*№ 95*
 ***3DC Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, задать вращательный момент детали и отпустить кнопку. Для фиксации точки зрения сделать щелчок мышью. Для выхода из команды нажать Enter.	
	

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРКАСОВ

Элементарными трехмерными объектами системы ***AutoCAD*****,** предназначенными, прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд ***LINE*** и ***SPLINE***, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трёхмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату по оси ***Z*** (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки как лежащие на плоскости ***XY*** текущей системы координат. Трех-

мерные полилинии создаются при помощи специальной команды ***3DPOLY***. Эта команда позволяет создавать полилинию, состоящую только из прямолинейных сегментов, поэтому для создания сглаженных линий используют команду ***REDIT*** (Редактирование трехмерных полилиний).

7.1. ТРЕХМЕРНАЯ ПОЛИЛИНИЯ

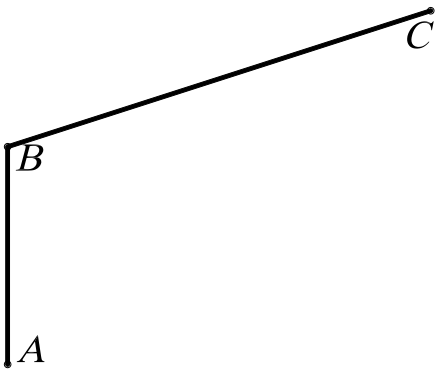


Команда ***3DPOLY*** (3М ПЛиния) – построение трехмерной полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***3Dpoly*** (3М ПЛиния), щелчком мыши по пиктограмме ***3Dpoly*** (3М ПЛиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать) или вводом в командную строку слова ***3DPOLY*** с клавиатуры

Опции команды:

- ***Undo*** (Отмена) – используется для отмены создания последнего отрезка;
- ***Close*** (Замкнуть) – используется для замыкания построенной полилинии и завершения работы с командой.

Выполнить упражнение № 96.

Построить трехмерную полилинию	***№ 96***
 ***3D Polyline*** Падающее меню ***Draw*** → ***3D Polyline*** Specify start point of polyline: 100,100,0 Specify endpoint of line or [Undo]: @0,0,80 Specify endpoint of line or [Undo]: @90,90,50 Specify endpoint of line or [Close/Undo]:	
	

7.2. СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОЛИЛИНИИ



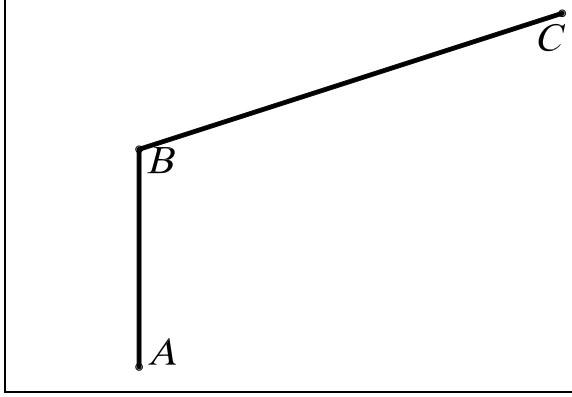
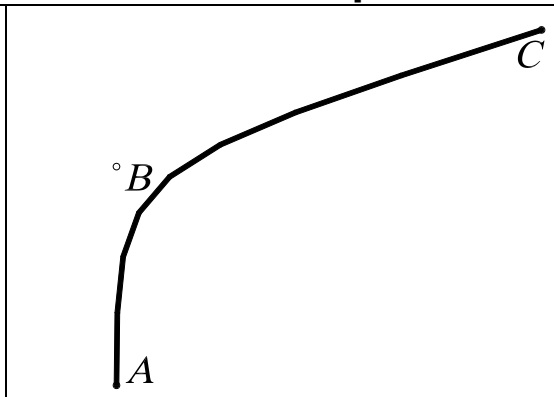
- ***PEDIT*** (Изменить полилинию) позволяет редактировать трехмерные полилинии и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Object*** (Объект) →***Polyline*** (Полилиния), щелчком мыши по пиктограмме ***Pedit*** (Изменить полилинию) панели инструментов ***Modify II*** (Редактировать II) или вводом в командную строку слова ***PEDIT*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Multiple*** (Много) – используется, если необходимо одинаковым образом отредактировать несколько полилиний; в этом случае система потребует указать эти полилинии;

- ***Close*** (Замкнуть) – используется, если необходимо замкнуть полилинию, при этом система добавляет сегмент, соединяющий начальную и конечную точки полилинии; если выбранная полилиния замкнута, то в списке параметров вариант ***Close*** заменяется вариантом ***Open***;
- ***Open*** (Разомкнуть) – используется, если необходимо разомкнуть полилинию, при этом система удаляет сегмент, соединяющий конечную и начальную точки;
- ***Edit vertex*** (Редактировать вершину) – используется для редактирования вершин полилинии. Дальнейшая работа в режиме редактирования вершин производится так же, как и в случае редактирования плоской полилинии;
- ***Spline curve*** (Сгладить) – используется для преобразования полилинии в гладкую с использованием аппарата B-сплайнов, при этом данная кривая в общем случае не приходит через вершины исходной полилинии;
- ***Decurve*** (Отменить сглаживание) – используется для отмены преобразования полилинии в гладкую кривую;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего изменения.

Выполнить упражнение № 97

Сгладить трехмерную полилинию	***№ 97***
	***PEDIT*** Падающее меню ***Modify → Object→ Polyline*** Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: s режим сглаживания полилинии Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: Enter
	

8. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Команды построения твердотельных объектов (примитивов) запускаются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) или из плавающей панели инструментов ***Solids*** (Тела), представленной на рис. 165.

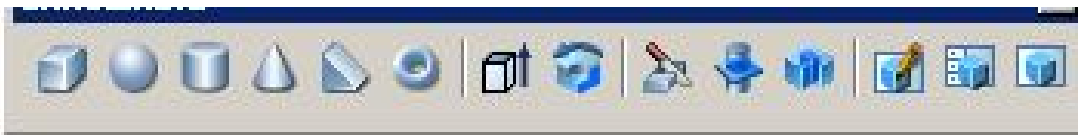


Рис. 165.

При создании твердотельных примитивов используется три основных способа:

1. Стандартные библиотечные тела: ***Box*** (Ящик), ***Wedge*** (Клин), ***Cone*** (Конус), ***Cylinder*** (Цилиндр), ***Sphere*** (Шар), ***Torus*** (Тор). Задание количества изолиний при создании стандартных (библиотечных) тел вращения выполняется системной переменной ***ISOLINES*** (по умолчанию количество изолиний равно четырем). Для увеличения количества в командную строку вводится слово ***ISOLINES*** с клавиатуры, а затем нужное количество.

2. Тела пользователя (примитивы заданной формы) создаются путем выдавливания, осуществляемого командой ***Extrude*** (Выдавить), или вращения – командой ***Revolve*** (Вращать) – двумерного объекта (плоского контура) ***Region***.

3. Тела, созданные комбинированием нескольких тел, с использованием команд ***Union*** (Объединение), ***Subtract*** (Вычитание), ***Intersect*** (Пересечение), которые запускаются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) или из плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

9. СТАНДАРТНЫЕ ТЕЛА

9.1. ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД

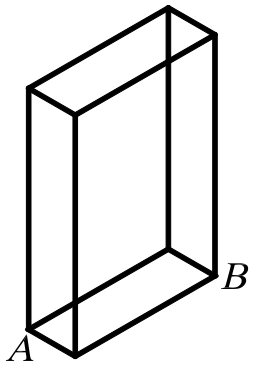


– Команда ***Box*** (Ящик) – формирование твердотельного параллелепипеда (ящика, куба) с ребрами, параллельными осям текущей системы координат, то есть основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей ПСК. Команда ***Box*** (Ящик) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Box*** (Ящик) или щелчком мыши по пиктограмме ***Box*** (Ящик) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Center*** (Центр) – определяет параллелепипед с помощью указания его центральной точки;
- ***Cube*** (Куб) – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- ***Length*** (Длина) – создает параллелепипед с заданными длиной (по оси X), шириной (по оси Y) и высотой (по оси Z) текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 98.

Построить параллелепипед	***№ 98***
 ***Box*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Box***	
Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: 100,100 указать первый угол A основания параллелепипеда	
Specify corner or [Cube/Length]: 120,160 указать второй угол B основания параллелепипеда	
Specify height: 90 высота параллелепипеда	
	

9.2. КЛИН



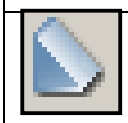
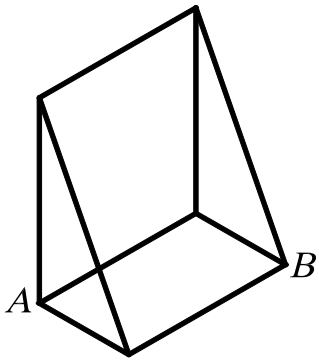
– Команда ***Wedge*** (Клин) – построение прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости ***XY*** текущей системы координат. Команда ***Wedge*** (Клин) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Wedge*** (Клин) или щелчком мыши по пиктограмме ***Wedge*** (Клин) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Основание клина всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной.

Опции команды:

- ***CEnter*** (Центр клина) – точка пересечения диагоналей наклонной грани клина;
- ***Cube*** (Куб) – используется для построения призмы, вписанной в куб;
- ***Length*** (Длина) – используется для задания длин сторон нижней грани клина.

Выполнить упражнение № 99.

Построить клин (призму)	***№ 99***
 ***Wedge*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Wedge*** Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: 150,130 указать точку A Specify corner or [Cube/Length]: 190,200 указать точку B Specify height: 80 высота.	
	

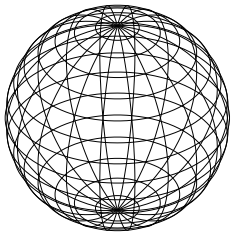
9.3. СФЕРА



– Команда ***Sphere*** (Сфера) – построение твердотельного шара (сферы), вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Sphere*** (Сфера) или щелчком мыши по пиктограмме ***Sphere*** (Сфера) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Сфера задается центром и радиусом (или диаметром), то есть при необходимости задания сферы центром и диаметром в командную строку ввести ***D*** (***Diameter)***. Ось вращения шара параллельна оси ***Z*** текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 100. Перед построением сферы, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить сферу	*№ 100*
	***Sphere*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Sphere*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of sphere <0,0,0>: 100,100,70 указать центр сферы Specify radius of sphere or [Diameter]: 50 величина радиуса
	

9.4. КОНУС



– Команда ***Cone*** (Конус) – построение твердотельного конуса, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cone*** (Конус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cone*** (Конус) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Eliptical*** (Эллиптический) – используется для построения эллиптического конуса;
- ***Axis endpoint*** (Конечная точка оси) – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точками длину одной оси и половину другой оси, как при построении эллипса. Выбор этой опции осуществляется автоматически при указании координат точки;
- ***Center*** (Центр) – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значение радиуса по каждой из осей эллипса;
- ***Apex*** (Вершина) – определяет высоту и ориентацию конуса, для этого нужно любым известным способом задать положение вершины конуса;
- ***Height*** (Высота) – устанавливает только высоту конуса, но не ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке «+» высота откладывается в сторону положительного значения оси ***Z***, при знаке «-» - в сторону отрицательного значения оси ***Z***, то есть строится нижняя или верхняя полупола конуса;
- ***Center point*** (Центральная точка) – создает круговое основание;
- ***Radius*** (Радиус) – позволяет задать круговое основание конуса, для чего нужно ввести центр и радиус основания;
- ***Diameter*** (Диаметр) – используется, если необходимо задать диаметр основания конуса.

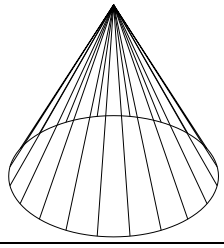
Выполнить упражнения № 101, 102.

Перед построением конуса, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить круговой конус ***№ 101***



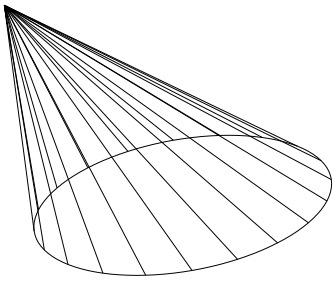
Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cone or [Diameter]: 45 радиус основания
Specify height of cone or [Apex]: 90 высота



Построить эллиптический конус ***№ 102***



Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: E
режим эллиптического конуса
Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: 100,100 указать первую точку первой оси эллипса (основания).
Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: 190,200 указать вторую точку первой оси эллипса (основания).
Specify length of other axis for base of cone: 30 указать длину половины второй оси эллипса (основания).
Specify height of cone or [Apex]: A режим для задания вершины конуса
Specify apex point: 110,100,90 координаты вершины конуса



9.5. ЦИЛИНДР



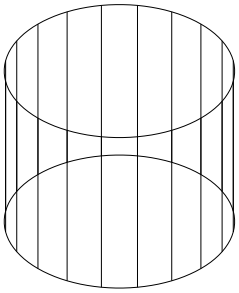
– Команда ***Cylinder*** (Цилиндр) – построение твердотельного цилиндра, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cylinder*** (Цилиндр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cylinder*** (Цилиндр) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды ***Cylinder*** (Цилиндр) аналогичны опциям команды ***Cone*** (Конус). Ось цилиндра параллельна оси ***Z*** текущей системы координат. В данной команде опция ***Apex*** (Вершина) называется ***Center of other end*** (центр другого основания).

Выполнить упражнение № 103.

Построить цилиндр	***№ 103***

Cylinder Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cylinder***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 50 радиус основания
Specify height of cylinder or [Center of other end]: 80 высота



9.6. ТОР



– Команда ***Torus*** (Тор) – построение твердотельного тора, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Torus*** (Тор) или щелчком мыши по пиктограмме ***Torus*** (Тор) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

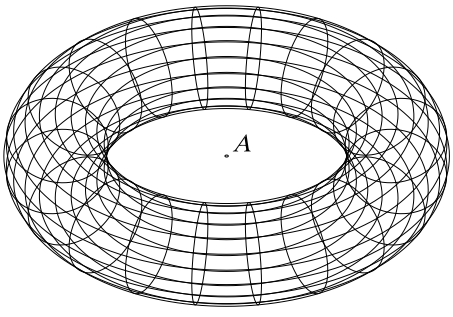
Тор (круговое кольцо) или открытый тор образуется при вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр. У открытого тора различают внутреннюю часть – глобоид и внешнюю. Если окружность пересекает ось тора, то дуга окружности описывает поверхность, напоминающую форму мяча для регби, которая называется закрытым тором. У закрытого тора различают: тор-«яблоко» и тор-«веретено».

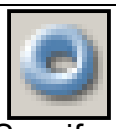
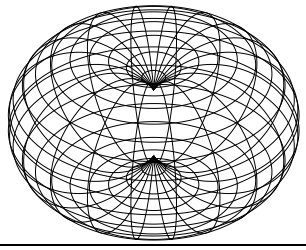
Для построения тора необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса образующей окружности-трубы (***Tube***) и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра образующей окружности-трубы (***Tube***).

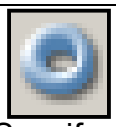
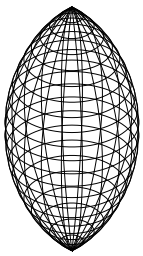
Выполнить упражнения № 104 - 106.

Построить открытый тор	***№ 104***

Torus Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора – точка А
Specify radius of torus or [Diameter]: 100 указать радиус тора
Specify radius of tube or [Diameter]: 30 указать радиус образующей окружности-трубы



Построить тор-«яблоко»	*№ 105*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: 60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 70 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Построить тор-«веретено»	*№ 106*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: -60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 90 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Радиус тора можно задавать отрицательным значением, но тогда значение радиуса образующей окружности должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора, то есть в этом случае получается закрытый тор. Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема).

10. ТЕЛА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

10.1. ВЫДАВЛЕННОЕ ТЕЛО

 – Команда ***Extrude*** (Выдавить) – позволяет создавать твердотельные объекты путем «выдавливания» плоского контура (добавляя высоту). Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опция команды:

- ***Path*** (Траектория) – используется для «выдавливания» объекта вдоль направляющей траектории.
- ***Taper angle*** (Угол конусности) – используется для задания угла конусности создаваемого тела, то есть угла между направлением выдавливания и образующими боковых поверхностей тела.

Исходными объектами для «выдавливания» могут являться плоские грани (примитивы ***3D Faces***), замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). «Выдавливание» объекта происходит перпендикулярно плос-

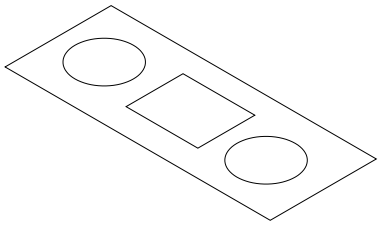
кости ***XY*** текущей системы координат. Объектами-направляющими, вдоль которых может производиться «выдавливание», могут служить отрезки, окружности, дуги окружностей, эллипсы, дуги эллипсов, полилинии или сплайны. При «выдавливании» контура вдоль направляющей угол его наклона относительно направляющей остается постоянным. При создании твердых тел исходные контуры удаляются.

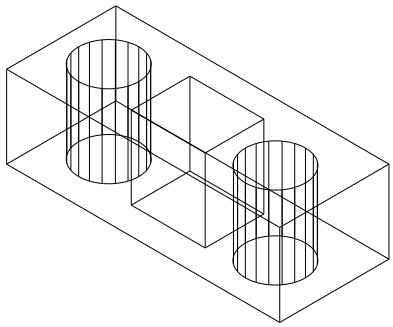
Выполнить упражнения № 107 – 110. Перед выполнением упражнений создайте плоские контуры типа ***Region*** или ***Pline***, ***3D Polyline***.

Построить выдавленное тело ***№ 107***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: Enter угол конусности равен нулю.

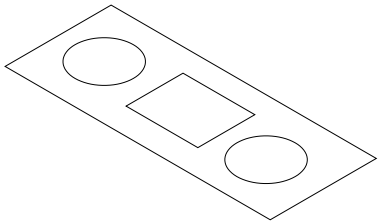


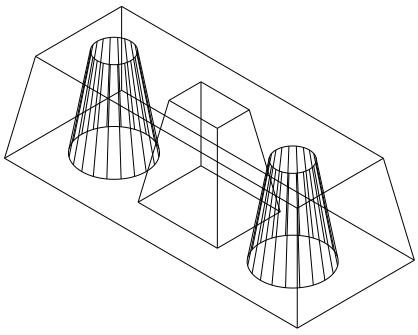


Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности ***№ 108***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: 10 угол конусности.





Значение угла конусности «выдавливаемого» тела должно лежать в пределах от -90^0 до $+90^0$, причем это значение не должно задавать создание самопересекающегося тела.

Построить выдавленное тело вдоль траектории полилинии ***№ 109***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

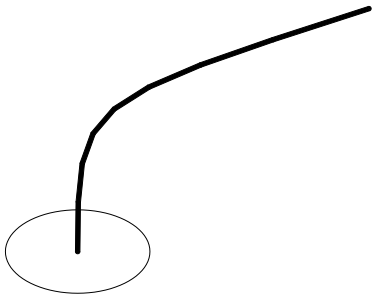
Current wire frame density: ISOLINES=20

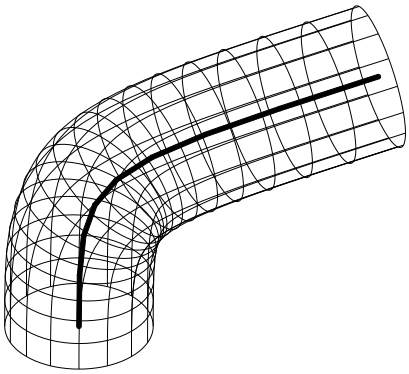
Select objects: указать на окружность

Select objects: Enter

Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: указать на полилинию





Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности, вдоль траектории полилинии ***№ 110***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects: указать на окружность

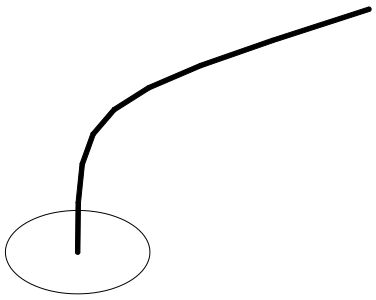
Select objects: Enter

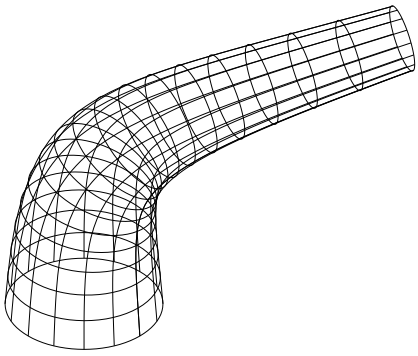
Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: T задать угол конусности

Specify angle of taper for extrusion <0>: 5 значение угла конусности

Select extrusion path: указать на полилинию.





10.2. ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ



– Команда ***Revolve*** (Вращать) – позволяет создавать твердотельные объекты путем вращения плоского контура. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Revolve*** (Вращать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Revolve*** (Вращать) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

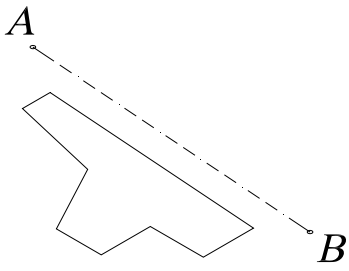
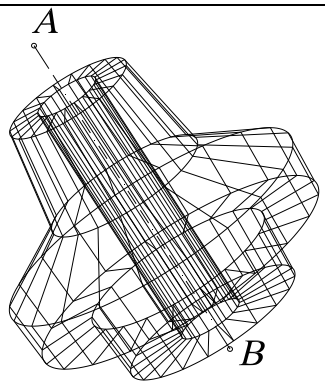
Исходными объектами для вращения могут служить замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). Объектами, задающими направление оси вращения, могут служить отрезки и плоские полилинии. В

последнем случае за ось вращения принимается линия, проходящая через начальную и конечную точки полилинии. При создании твердых тел вращения исходные контуры удаляются.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания оси, определяемой некоторым объектом, то есть необходимо указать объект, который определяет ось вращения;
- ***X (axis)*** (X ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью X текущей системы координат;
- ***Y (axis)*** (Y ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью Y текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 111.

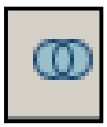
Построить тело вращения	***№ 111***
 ***Revolve*** Падающее меню ***Draw → Solids → Revolve*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Select objects: указать плоский контур Select objects: Enter Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: указать точку A на оси вращения Specify endpoint of axis: указать точку B на оси вращения Specify angle of revolution <360>: Enter угол поворота контура на 360^0. Установить точку зрения командой 3D Orbit.	
	

11. ТЕЛА, СОЗДАННЫЕ КОМБИНИРОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Для создания тел из базовых твердотельных примитивов в ***AutoCAD*** имеются команды, осуществляющие операции теории множеств:

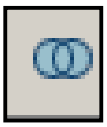
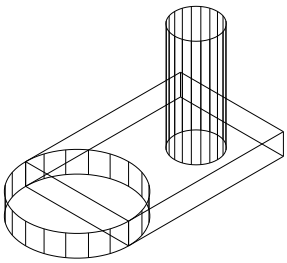
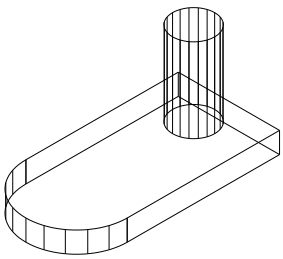
1. ***Union*** (Объединение) – создает сложный твердотельный объект путем объединения нескольких объектов;
2. ***Subtract*** (Вычитание) – позволяет создать новые область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов. Например, эту команду можно использовать для получения сквозных цилиндрических отверстий в деталях путем вычитания цилиндров;
3. ***Intersect*** (Пересечение) – позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов.

11.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Union*** (Объединение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

Выполнить упражнение № 112.

Построить тело путем объединения заданных тел	***№ 112***
 ***Union*** Падающее меню ***Modify → Solids Editing → Union*** Select objects: указать точку на одном цилиндре Select objects: указать точку на втором цилиндре Select objects: указать точку на параллелепипеде Select objects: Enter	
	

Если указанные пользователем твердотельные объекты не пересекаются и не касаются друг друга, то система выполнит формальное объединение этих тел. При этом вновь созданный объект будет восприниматься системой как единое целое, хотя в физическом смысле такой объект будет являться набором отдельных невзаимосвязанных тел.

11.2. ВЫЧИТАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

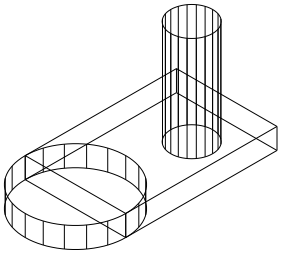
Вычитаемые объекты после выполнения команды удаляются. Если исходное и вычитаемое тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Subtract*** (Вычитание) будет просто удалено вычитаемое тело. Необходимо помнить, что после завершения указания исходных объектов, из которых необходимо исключить другие объекты, нужно нажать клавишу ***Enter***.

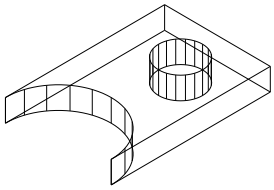
Выполнить упражнение № 113.

Построить тело путем вычитания заданных тел	*№ 113*

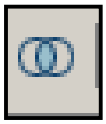


Subtract Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Subtract***
Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: указать точку на параллелепипеде
Select objects: Enter
Select solids and regions to subtract ..
Select objects: указать один цилиндр
Select objects: указать второй цилиндр
Select objects: Enter





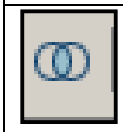
11.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



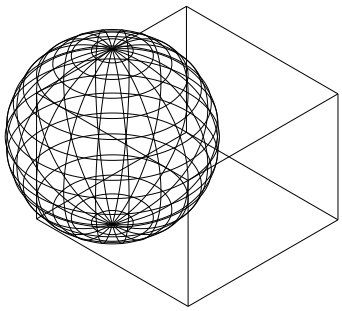
– Команда ***Intersect*** (Пересечение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Intersect*** (Пересечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Intersect*** (Пересечение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

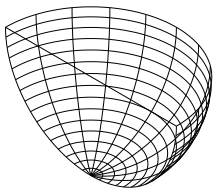
Выполнить упражнение № 114.

Построить тело путем пересечения заданных тел	*№ 114*



Intersect
Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Intersect***
Select objects: выбрать сферу, указав на её любую точку
Select objects: выбрать параллелепипед, указав на любую его точку
Select objects: Enter





Все исходные тела, на основе которых создается новый объект, удаляются. Если исходные тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Intersect*** (Пересечение) эти тела будут просто удалены.

12. ОБЩИЕ СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как ***Properties*** (Свойства), ***Copy*** (Копировать), ***Erase*** (Удалить), ***Explode*** (Взорвать), ***Move*** (Переместить), ***OOPS*** (Восстанавливает уничтоженные командой ***Erase*** объекты), ***Redo*** (Отменяет действие одной предыдущей команды: ***Undo*** или ***U***), ***Scale*** (Масштабировать), ***Undo*** (Отменяет действие нескольких команд), а также средство редактирования ***Grips*** («Ручки»). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при плоском черчении. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, например, команды поворота, создания массива объектов, зеркальное отображение, снятие фаски, скругления, которые имеют рад особенностей в трехмерном моделировании. Ниже рассматриваются эти команды.

12.1. ПОВОРОТ ВОКРУГ ОСИ

В двумерном пространстве команда ***Rotate*** (Повернуть) производит поворот объекта вокруг указанной точки, при этом направление поворота определяется текущей пользовательской системой координат.

При использовании этой команды применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости ***XY*** текущей системы координат. Ось поворота может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (***X***, ***Y***, ***Z***), текущего направления взгляда.

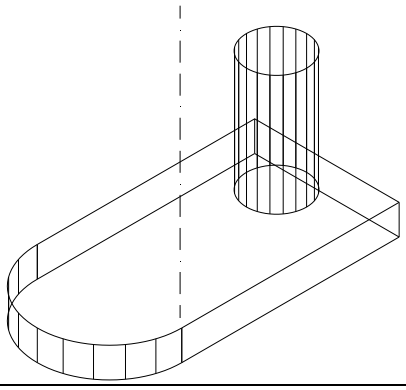
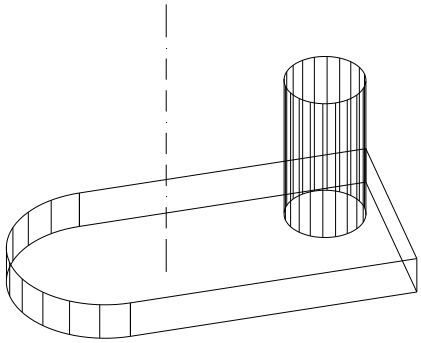
Команда ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) поворачивает объекты относительно произвольно направленной оси. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Rotate3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***View*** (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через заданною точку, то есть ось перпендикулярна плоскости экрана;
- ***Xaxis*** (X ось), ***Yaxis*** (Y ось), ***Zaxis*** (Z ось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно осей ***X***, ***Y***, ***Z*** и проходящей через заданную точку;
- ***2point*** (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки;
- ***Reference*** (Относительно) – используется для задания относительного угла поворота.

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы. Положительное направление вращения будет совпадать с направлением, указываемым согнутыми пальцами. Если ось задается двумя точками, то вторая точка указывает положительное направление оси.

Выполнить упражнение № 115.

Повернуть тело вокруг оси	***№ 115***
Rotate3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Rotate3D*** Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 Select objects: выбрать объект, который нужно повернуть Select objects: Enter Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: указать верхнюю точку на оси (начало оси) Specify second point on axis: указать нижнюю точку на оси (направление «+» оси) Specify rotation angle or [Reference]: 30 угол положительный, так как положительное направление оси вниз, а положительный угол определяется по правилу правой руки.	
	

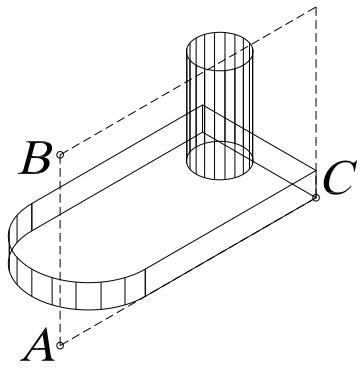
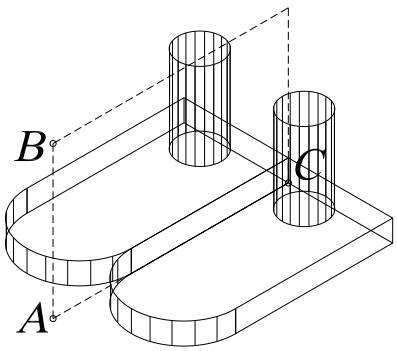
12.2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ (ПЛОСКОСТНАЯ СИММЕТРИЯ)

Команда ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Mirror3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***Zaxis*** (Z ось) – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – отображение относительно плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

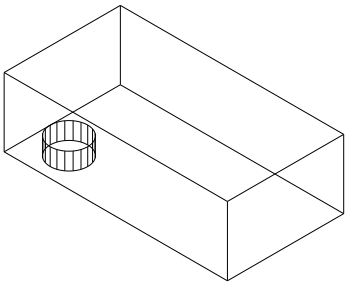
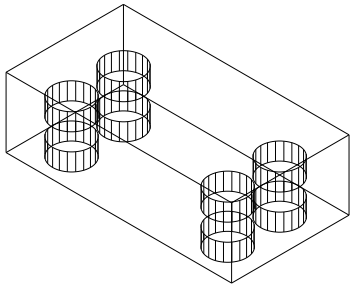
Выполнить упражнение № 116.

Построить плоскостную симметрию объекта	***№ 116***
Mirror3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Mirror3D*** Select objects: выбрать объект Select objects: Enter Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on mirror plane: указать точку B Specify third point on mirror plane: указать точку C Delete source objects? [Yes/No] <N>: не удалять исходный объект, если нужно удалить, то выбрать <Y>.	
	

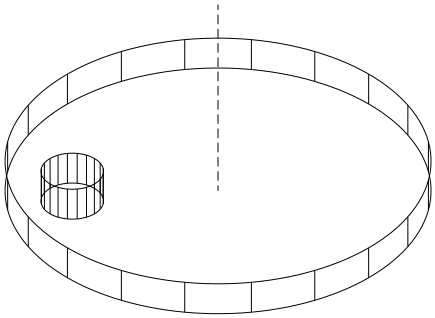
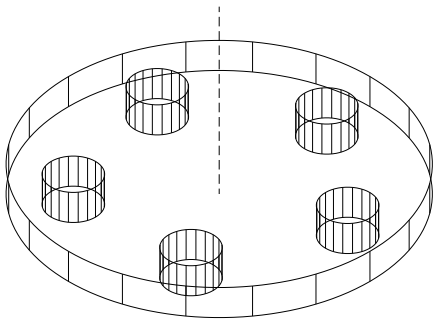
12.3. РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ МАССИВОМ

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) **→** ***3D Operation*** (3М операции) **→** ***3DAarray*** (3М Массив) или вводом в командную строку слова ***3DAarray*** с клавиатуры.

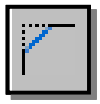
Выполнить упражнения № 117, 118.

Создать прямоугольный массив	***№ 117***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 ввести число рядов (вдоль оси Y) Enter the number of columns (|||) <1>: 2 ввести число столбцов (вдоль оси X) Enter the number of levels (...) <1>: 2 ввести число уровней (вдоль оси Z) Specify the distance between rows (---): 30 расстояние между рядами Specify the distance between columns (|||): 90 расстояние между столбцами Specify the distance between levels (...): 20 расстояние между уровнями	
	

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) отличается от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, тем, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается количество уровней (задается вдоль оси ***Z*** от плоскости ***XY***), а при создании кругового (полярного) массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой задаются в ответ на запросы команды.

Создать полярный массив	***№ 118***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>:P полярный массив Enter the number of items in the array: 5 число элементов массива Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: задать угол для построения Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: поворачивать элементы массива вокруг оси Specify center point of array: указать первую точку, лежащую на оси массива Specify second point on axis of rotation: указать вторую точку, лежащую на оси массива	
	

12.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ



— Команда ***Chamfer*** (Фаска) позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) на пересечениях граней твердого тела, как и в двумерном пространстве. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

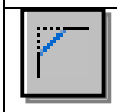
Опции команды:

- ***OK (current)*** (Да (текущая)) – используется для задания в качестве базовой текущей гран тела (при выборе, подсвеченной на графическом экране);
- ***Next*** (Следующая) – используется для выбора в качестве текущей соседней грани тела;
- ***Loop*** (Петля) – используется для задания создания фасок по всем ребрам базовой грани;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер.

При создании фасок между гранями твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

Выполнить упражнения № 119, 120. При выполнении упражнения № 119 создать тело, используя команду ***Subtract*** (Вычитание).

Снять фаску с ребра параллелепипеда ***№ 119***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(NOTRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A

Base surface selection... для выбора базовой поверхности

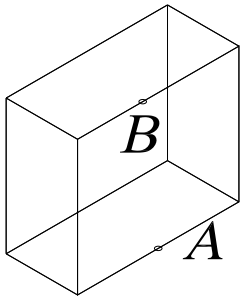
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

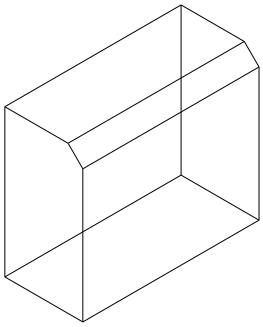
Specify base surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на другой поверхности

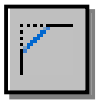
Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





Снять фаску с ребра трехмерного тела ***№ 120***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 40.0000, Dist2 = 40.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A верхней грани объекта

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: N режим выбора соседней грани (если на графическом экране при выборе подсвечивается другая грань)

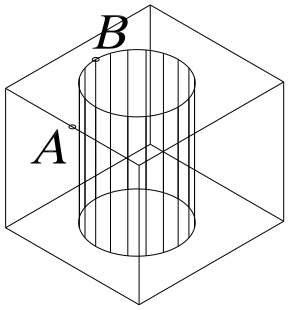
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

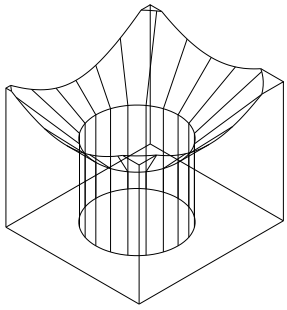
Specify base surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на другой поверхности

Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





12.5. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ ГРАНЕЙ



— Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Опции команды ***Fillet*** (Сопряжение):

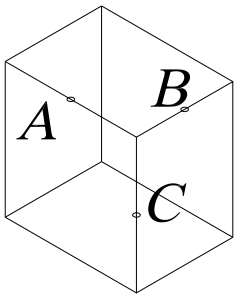
- ***Chain*** (Цепь) – используется для задания скруглений ребер, образующих цепочку;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер;
- ***Radius*** (Радиус) – используется для задания нового радиуса скругления.

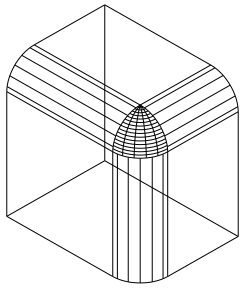
Выполнить упражнения № 121, 122.

Построить сопряжения граней трехмерного тела ***№ 121***

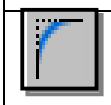


Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее скругляемое ребро – точка A
Enter fillet radius: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка B
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка C
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter
3 edge(s) selected for fillet.

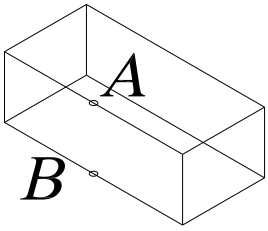


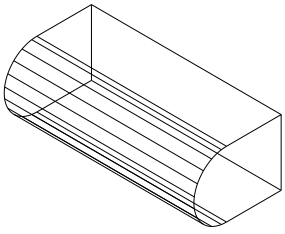


Построить сопряжение грани трехмерного тела ***№ 122***



Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее ребро (точка A)
Enter fillet radius <10.0000>: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать верхнее ребро (точка B)
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter





При создании скруглений ребер твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

12.6. ПОСТРОЕНИЕ СЕЧЕНИЙ



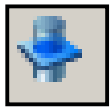
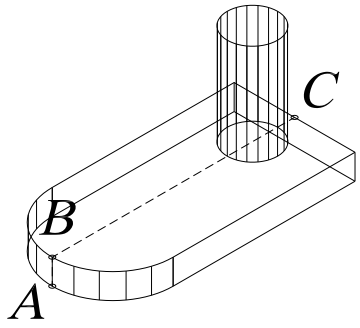
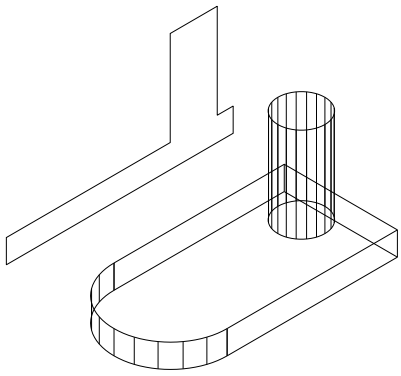
– Команда ***Section*** (Сечение) – позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Section*** (Сечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Section*** (Сечение) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – сечение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

В результате выполнения команды создаются объекты типа ***Region***. При применении к этим объектам команды ***Explode*** они разбиваются на отдельные линии, дуги или окружности.

Выполнить упражнение № 123.

Построить сечение трехмерного тела	***№ 123***
 ***Section*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Section*** Select objects: указать объект Select objects: Enter Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on plane: указать точку B Specify third point on plane: указать точку C Переместить полученное сечение.	
	

12.7. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ



– Команда ***Slice*** (Разрез) – позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Slice*** (Разрез) или щелчком мыши по пиктограмме

Slice (Разрез) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – разрез относительно плоскости, проходящей через три заданные точки;
- ***keep Both sides*** (сохранить Обе стороны) – оставляет обе части разрезанного тела.

Выполнить упражнение № 124.

Построить разрез трехмерного тела ***№ 124***



Slice Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Slice***

Select objects: указать объект

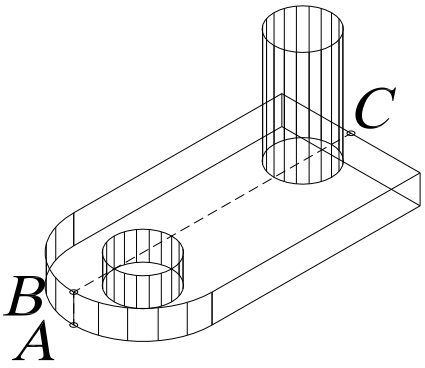
Select objects: Enter

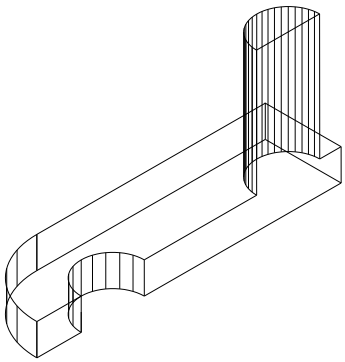
Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A

Specify second point on plane: указать точку B

Specify third point on plane: указать точку C

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: указать курсором точку той части тела, которую надо оставить.





13. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГРАНЕЙ, РЕБЕР, ТЕЛ

Команда ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов) используется для выполнения следующих возможных действий: выдавливание, перенос, поворот, смещение, изменение формы тела путем наклона, удаление, копирование, изменение цвета. Команды вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

При вызове команды на первый запрос необходимо ввести опцию редактирования тел:

- ***Face*** (Грань) – используется для перехода в режим редактирования граней твердого тела;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для перехода в режим редактирования ребер твердого тела;
- ***Body*** (Тело) – используется для редактирования общих свойств тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего результата редактирования;
- ***eXit*** (Выход) – используется для завершения работы с командой.

13.1. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАНЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Face*** (Грань), которая вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Extrude*** (Выдавить) – используется для изменения формы тела путем «выдавливания» одной из граней;
- ***Move*** (Переместить) – используется для изменения формы тела путем переноса его граней;
- ***Rotate*** (Поворот) – используется для изменения формы тела путем поворота его граней;
- ***Offset*** (Сместить) – используется для изменения формы тела путем эквидистантного смещения его граней на определенное расстояние;
- ***Taper*** (Сузить) – используется для изменения формы тела путем наклона его граней;
- ***Delete*** (Удалить) – используется для изменения формы тела путем удаления его отдельных граней;
- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания поверхности, повторяющей конфигурацию граней тела;
- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета граней тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования граней;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов).

Выполнить упражнения № 125- 132.

Выдавить грань трехмерного тела ***№ 125***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A (R используется для исключения грани из набора выбранных граней)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

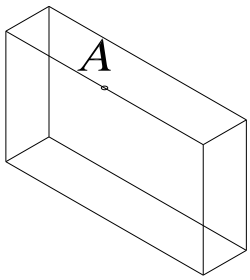
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

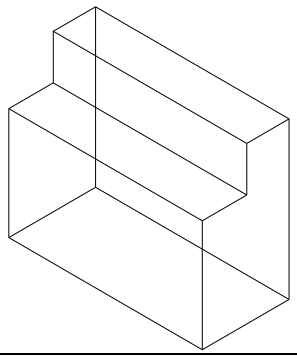
Specify angle of taper for extrusion <0>: угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Enter

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Выдавить грань трехмерного тела ***№ 126***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A на передней грани параллелепипеда

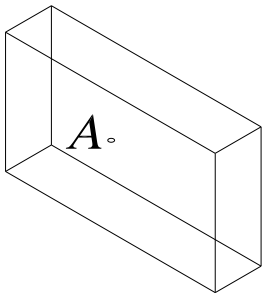
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

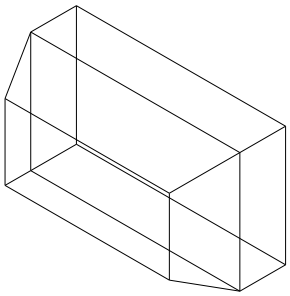
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

Specify angle of taper for extrusion <0>: 25 угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

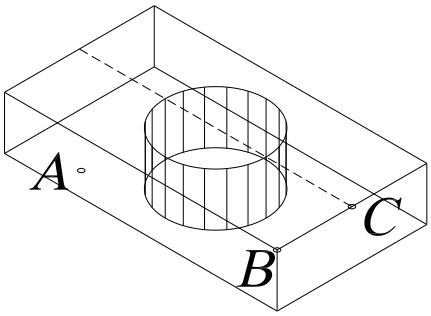


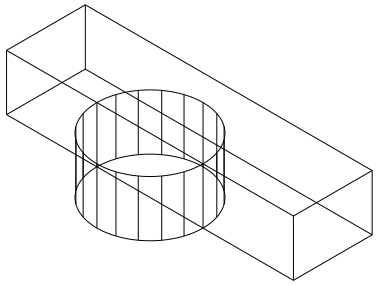


Переместить грань трехмерного тела	*№ 127*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Move faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face грань
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _move
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

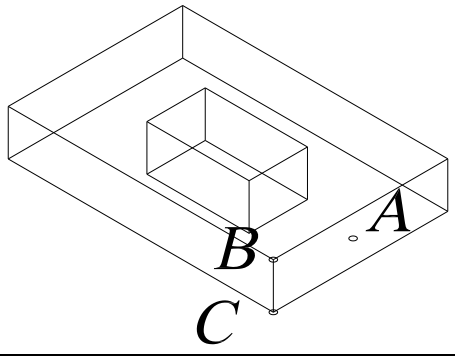


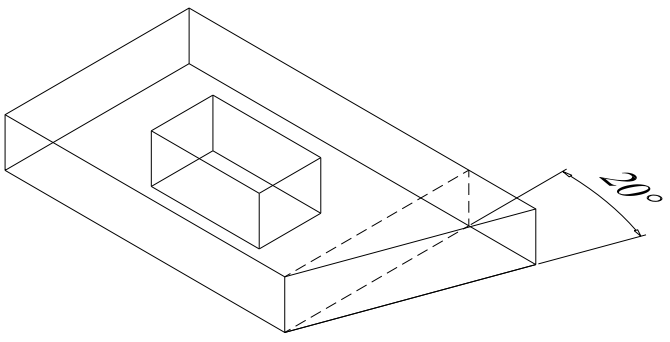


Повернуть грань трехмерного тела	*№ 128*

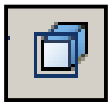


Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Rotate faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _rotate
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: точка B
Specify the second point on the rotation axis: точка C на оси поворота
Specify a rotation angle or [Reference]: 20 угол поворота
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



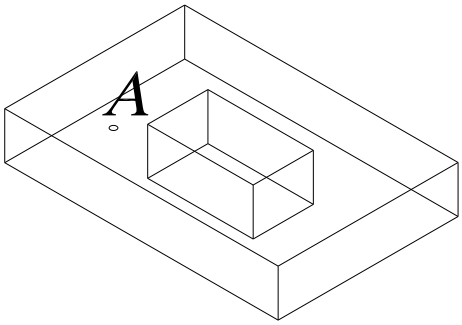


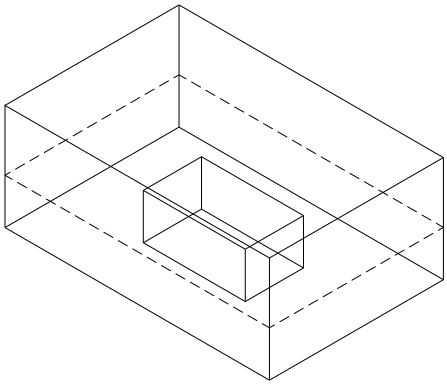
Сместить грань трехмерного тела *№ 129*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Offset faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _offset
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the offset distance: 20 величина смещения
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



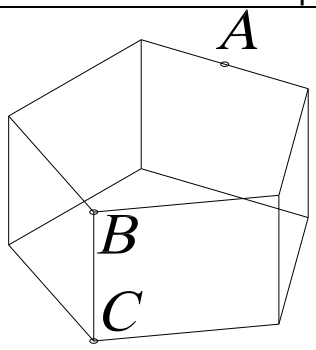


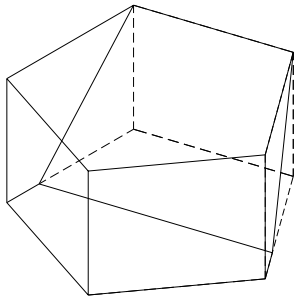
Наклонить грань трехмерного тела *№ 130*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Taper faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _taper
Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the base point: указать базовую точку B
Specify another point along the axis of tapering: указать точку C на оси
Specify the taper angle: 40 угол наклона грани
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

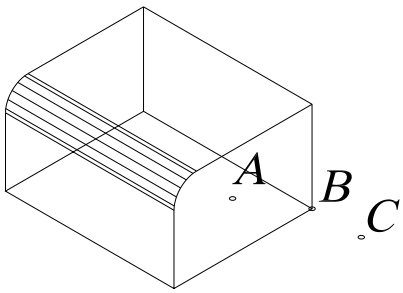


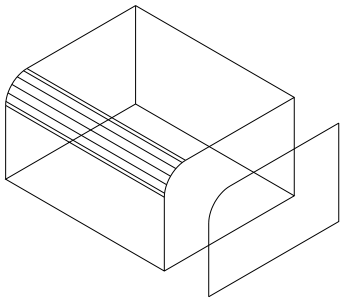


Скопировать грань трехмерного тела	*№ 131*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Copy faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _copy
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать базовую точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

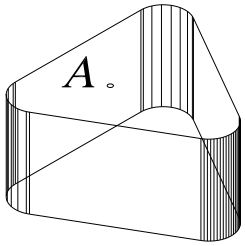


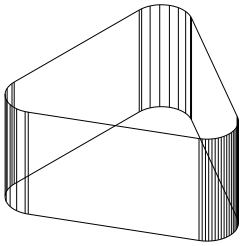


Изменить цвет грани трехмерного тела	*№ 132*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ CoLor faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _color
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





13.2. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ РЕБЕР ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Edge*** (Ребро), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:



- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания объектов, повторяющих конфигурацию ребер тела (дальнейшие действия аналогичны выполнению команды ***Copy*** в двумерном пространстве);



- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета ребер тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования ребер;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

13.3. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ОБЩИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Body*** (Тело), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Imprint*** (Вписать 0 – используется для построения линий пересечения тела с другими объектами (Yes (Да) – используется, если после построения линии пересечения объект, которому эта линия соответствует, должен быть удален; No (Нет) – используется, если удалять объект не надо);
- ***seParate solids*** (или ***P***) (Разделить) – используется для разделения на самостоятельные тела объектов, которые воспринимаются системой как единые тела, но физически ими на являются (например, тела, полученные в результате действия команды ***Subtract*** (Вычитание) или ***Union*** (Объединение);
- ***Shell*** (Оболочка) – используется для формирования твердотельной оболочки на основе указанного тела, то есть создает эквидистантные поверхности;
- ***cLean*** (или ***L***) (Очистить) – используется для удаления с поверхности тела, указанного пользователем, всех линий пересечения этого тела с другими объектами;
- ***Check*** (Проверить) – используется для перевода твердотельного объекта, указанного пользователем, в формат ***ACIS***, имеющий более широкие возможности по вычислению формы тел сложной конфигурации;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования свойств тела;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

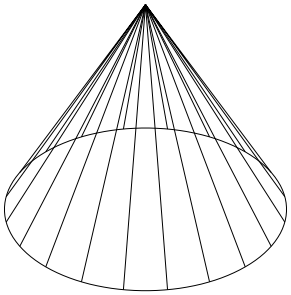
Выполнить упражнение № 133.

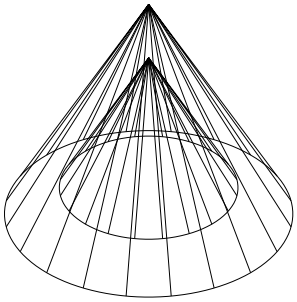
Создать оболочку трехмерного тела	*№ 133*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Shall***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _body
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid: указать тело (указать на теле произвольную точку)
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: Enter
Enter the shell offset distance: 10 толщина оболочки
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: Esc





14. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим построение на примере создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 166. Ниже описана лишь одна из возможных последовательностей моделирования данного изделия.

1. Создать новый рисунок с помощью команды ***NEW*** (НОВЫЙ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл) → ***New***…(Новый…), или щелчком по пиктограмме ***New*** (Новый) стандартной панели инструментов.

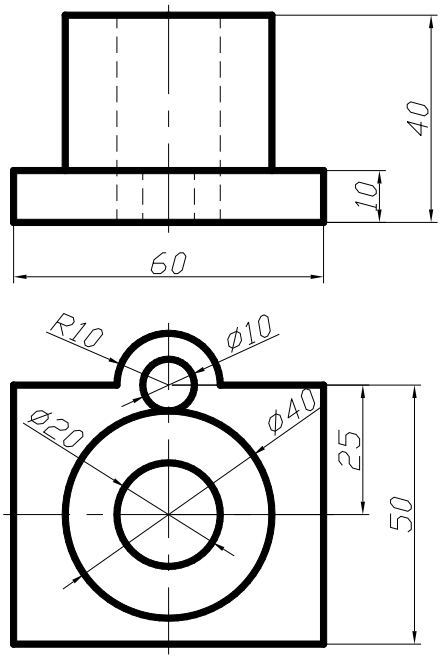


Рис. 166.

2. Для вызова мастера подготовки в диалоговом окне ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка) выбрать пиктограмму ***Use a Wizard*** (Вызов мастера). Далее в списке ***Select a Wizard:*** (Выберите Мастера:) выбрать ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка).

3. В диалоговом окне ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка) при определении области черчения ***Area*** (Площадь) установить размеры чертежа 210x297 (формат А4).

4. Щелчком мыши на кнопке ***GRID*** (Сетка) в строке состояния (или клавишей ***F7***) включить отображение сетки на графическом экране.

5. Отобразить всю область чертежа на экране командой ***Zoom*** (Показать), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Zoom*** (Показать) → ***All*** (Все), или щелчком по пиктограмме ***Zoom All*** (Показать все) стандартной панели инструментов.

6. Сохранить рисунок с помощью команды

QSAVE (БСОХРАНИТЬ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл)→***Save*** (Сохранить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Save*** (Сохранить) стандартной панели инструментов.

7. Установить значение системной переменной ***ISOLINES***, равное 10, что соответствует количеству образующих линий, отображаемых на кривых поверхностях.
8. Создать три видовых экрана с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны), см. упражнение № 90.
9. Установить направление взгляда в трех видовых экранах, см. упражнение 91. Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.
10. С помощью команд ***Pline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность) создать горизонтальную проекцию детали.
11. Используя команду ***Extrude*** (Выдавить), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела), «выдавить» полученную горизонтальную проекцию на соответствующие величины.
12. Выполнить логические преобразования. Объединить параллелепипед и внешний большой цилиндр с помощью команды ***Union*** (Объединение), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел). Затем из полученного тела вычесть внутренний большой и маленький цилиндры с помощью команды ***Subtract*** (Вычитание). Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).
13. Подавить невидимые линии командой ***HIDE*** (СКРЫТЬ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)→***Hide*** (Скрыть линии) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть линии) плавающей панели инструментов ***Render*** (Тонировать).
14. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
15. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа)→***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
16. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
17. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка)→***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).

Для получения блока, которым можно воспользоваться при создании любых чертежей в ***AutoCAD***, применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК). Она загружает окно ***White Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 167, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

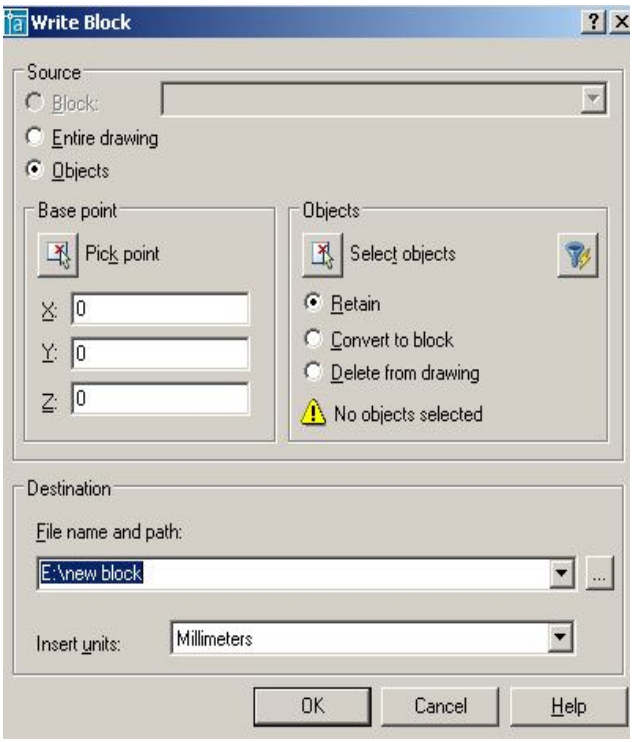


Рис. 167.

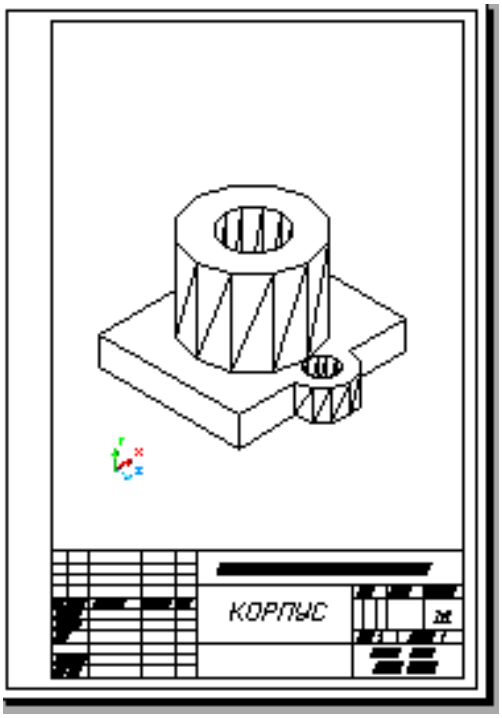


Рис. 168.

18. Создать на листе видовой экран с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***Single*** (1 Вид), а затем указать мышью на графическом экране первый угол видового экрана и второй угол видового экрана.

19. Установить изометрический вид, для чего нужно «войти» в пространство модели (щелкнув два раза клавишей внутри полученной рамки). Затем отредактировать вид, используя команду ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

20. Удалить рамку видового экрана, для этого необходимо выделить рамку, щелкнув клавишей на ней, и «заморозить» слой ***VPORTS*** (этот слой автоматически создается при работе с видовыми окнами).

21. В пространстве листа заполнить основную надпись. Для выхода в пространство листа нужно щелкнуть два раза клавишей за пределами видового окна. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 168.

15. ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ. СОЗДАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



Команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) автоматизирует процесс создания *перекрывающихся видовых экранов* и ортогональных проекций – проекций на взаимно перпендикулярные плоскости. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***UCS*** (ПСК – пользовательская система координат) – создает вид, параллельный плоскости ***XY*** пользовательской системы координат, которую требуется указать в последующем запросе.

- ***Ortho*** (Ортогональный) – создает вид, перпендикулярный существующему виду, то есть создает ортогональные проекции;
- ***Auxiliary*** (Вспомогательный) – создает дополнительный наклонный вид относительно существующего вида, то есть получаемый на плоскости, непараллельный основным плоскостям проекций;
- ***Section*** (Сечение) – служит для формирования разрезов.

Для каждого создаваемого командой ***SOLVIEW*** (Настройка вида) видового экрана автоматически создается несколько новых слоев. Эти слои имеют имя, совпадающее с именем видового экрана, к которому добавляются расширения, состоящие из трех букв:

- ***DIM*** – слой для размеров;
- ***HAT*** – слой штриховки (только при построении разрезов);
- ***HID*** – слой невидимых линий;
- ***VIS*** – слой видимых линий.

Эти слои можно использовать только для работы с видами, созданными системой ***AutoCAD***. Помимо указанных слоев команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) создает слой VPORTS, на котором размещается общая информация о всех видовых экранах, созданных командой, например, рамки, ограничивающие видовые экраны (если этот слой заморозить, то рамки станут невидимыми).

Замечания:

- Задачи моделирования, такие, как создание и редактирование геометрических объектов, обычно выполняются на вкладке графического поля экрана ***Model*** (Модель). Задачи оформления чертежа, такие, как создание и размещение проекций, проведение осей симметрии, нанесение условных обозначений, выполняются на вкладке графического поля экрана ***Layout*** (Лист). Размеры обычно проставляются на вкладке ***Model*** (Модель).
- На вкладке ***Layout*** (Лист) можно работать как в пространстве модели, так и в пространстве листа. Для того чтобы сделать текущим пространство модели, необходимо поместить курсор мыши в нужный видовой экран и дважды щелкнуть левой клавишей. Для перехода в пространство листа надо переместить указатель за границы видовых экранов и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. Можно также переключаться из пространства модели в пространство листа при помощи кнопки в строке состояния.

После созданных плавающих видовых экранов выполняется команда ***SOLDRAW*** (Настройка рисования), которая формирует плоские изображения видов и разрезов в плавающих видовых экранах. При этом строятся видимые и невидимые линии, создающие очерки и ребра тела, а в разрезах выполняется штриховка по установленному шаблону. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку. В ответ на последовательность запросов ***Select object:*** следует указать рамки всех видовых экранов.



ПРИМЕР. Построить твердотельную модель и создать на основании построенной твердотельной модели детали (рис. 166) следующие проекции: фронтальный вид, горизонтальный и профильный разрез.

Создается твердотельная модель (описание построения см. в предыдущем параграфе). Затем используют следующий алгоритм.

1. Установить пользовательскую систему координат (ПСК) параллельно главному виду детали. Для этого необходимо воспользоваться командой ***UCS*** (ПСК), вызвав её из падающего меню ***Tools*** (Сервис) → ***New UCS*** (Новая ПСК) → ***3 Point*** (3 Точки) или из стандартной панели инструментов ***UCS*** (ПСК).

2. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
3. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа) → ***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
4. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
5. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка) → ***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).
6. Создать на чертеже видовые экраны со следующими видами: видом спереди, видом сверху и профильным разрезом, используя команду ***SOLVIEW*** (Настройка вида), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

1) *Получение главного вида – фронтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U
Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>: Enter
Enter view scale <1>: указать масштаб
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Front – ввести имя формируемого вида

2) *Получение вида сверху – горизонтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O ортогональный режим
Specify side of viewport to project: указать верхнюю границу видового экрана главного вида
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Top – ввести имя формируемого вида

3) *Получение профильного разреза:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S – сечение
Specify first point of cutting plane: _cen – указать на горизонтальной проекции первую точку режущей плоскости при помощи объектной привязки – центр окружности
Specify second point of cutting plane: @0,0,60 – указать на главном виде вторую точку режущей плоскости при помощи относительных координат
Specify side to view from: указать на виде сверху сторону, которая остается на изображении.
Enter view scale <1>: Enter
Specify view center: указать центр вида
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Section – ввести имя формируемого вида
Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: Enter – завершить работу.

В результате получается изображение, представленное на рис. 169.

7. Выполняют команду ***SOLDRAW*** (Настройка рисования) для формирования в каждом видовом экране плоских изображений. При этом на разрез наносится штриховка (по образцу ***Angle***); все невидимые линии в каждом видовом экране помещаются на слои с суффиксом ***HID*** (<имя>-***HID***), а видимые – на слои с суффиксом ***VIS***. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку.

1. Меняют шаблон штриховки. Для этого переходят в пространство модели, выделяют видовой экран «разрез», затем щелчком левой клавиши мыши выделяют штриховку и вызывают контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В контекстном меню выбирают команду ***HATCHEDIT*** (Редактирование штриховки) и в раскрывшемся диалоговом окне выбирают шаблон штриховки ***ANSI31***.
2. Удаляют невидимые линии на всех проекциях, кроме вида спереди. Для этого «замораживают» соответствующие слои.
3. В пространстве листа наносят оси симметрии.
4. Удаляют рамки видовых экранов, для чего «замораживают» слой ***VPORTS***.
5. На слоях ***VIS*** устанавливают толщину 0,3 мм.
6. В пространстве модели «размораживают и устанавливают текущим слой видового экрана, содержащего вид спереди, с суффиксом DIM, и проставляют необходимые размеры.
7. В пространстве листа заполняют основную надпись. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 170.

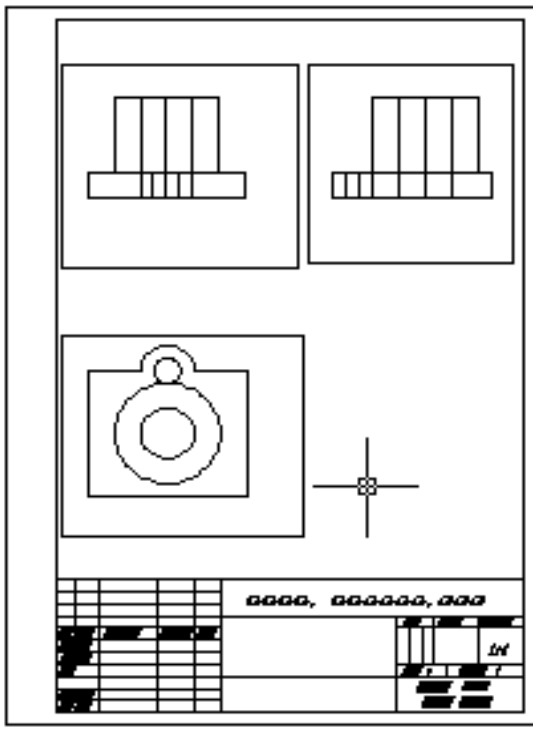


Рис. 169.

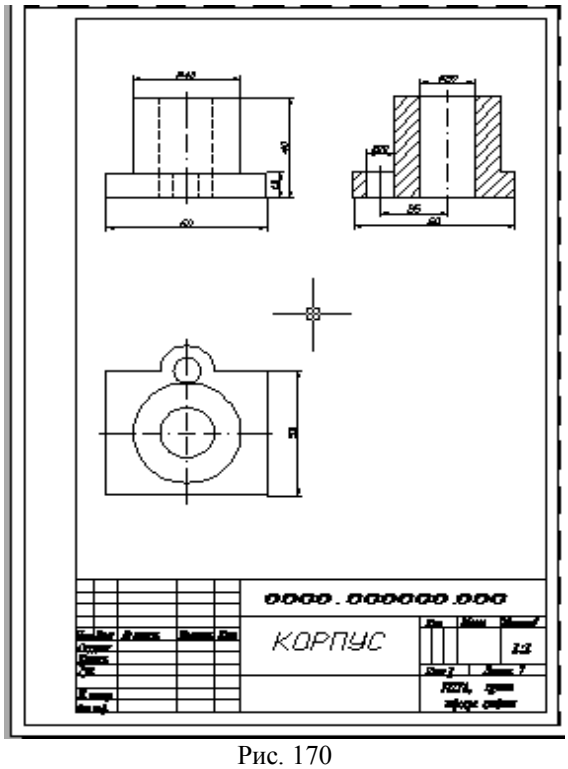


Рис. 170

16. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В процессе создания трёхмерной модели какого-либо изделия пользователь имеет дело с *каркасным* представлением модели. Все грани моделируемого объекта прозрачны, а потому на экране отображаются как видимые, так и невидимые ребра и изолинии криволинейных поверхностей. Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя разнообразные средства, позволяющие получить изображение трёхмерного объекта, близкое к ре-

альному. По степени сложности выполняемого преобразования и соответственно по качеству результата получаемые с помощью этих средств представления объекта на экране можно разделить на три группы:

- изображения со *скрытием невидимых линий и поверхностей* (***HIDE***);
- раскрашенные изображения *с нанесением теней* (***SHADE***);
- тонированные изображения с учетом характеристик материала, из которого «создан» объект, характеристик источников освещения и их расположения (***RENDER***).

16.1. УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ



Сложные трёхмерные объекты часто оказываются перегруженными множеством линий, что затрудняет чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) позволяет подавить скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Hide*** (Скрыть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть) плавающей панели инструментов ***RENDER*** (ТОНИРОВАТЬ).

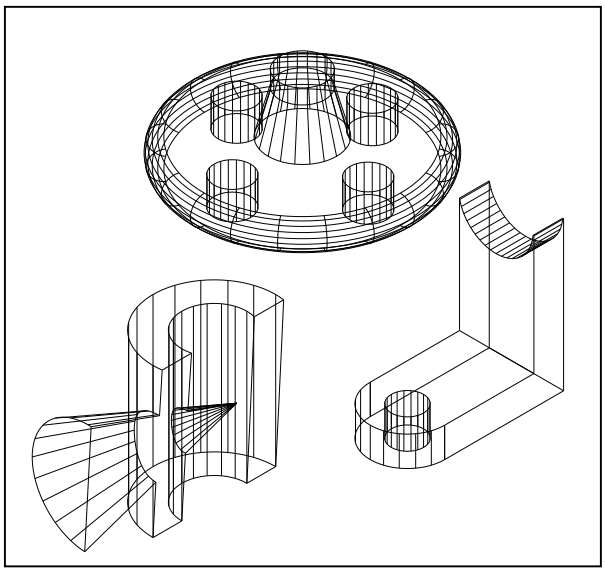
Выполнить упражнение № 134.

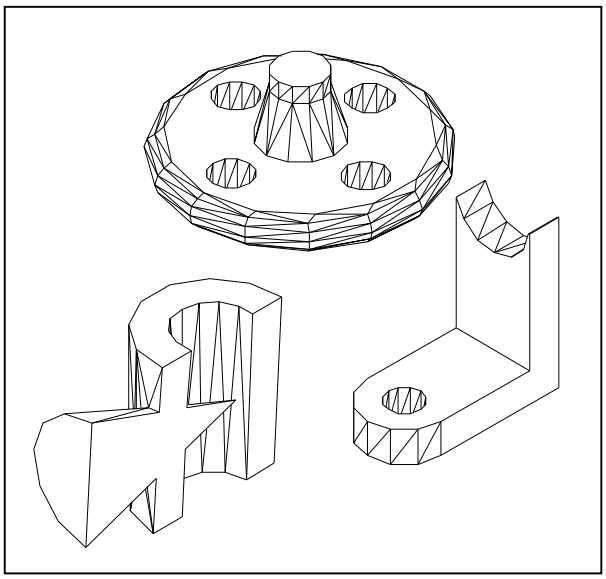
Удалить невидимые линии ***№ 134***



HIDE

Падающее меню ***VIEW → HIDE***





16.2. РАСКРАШИВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Раскрашивание – это упрощённая версия тонирования в ***AutoCAD***. Раскрашивание используется, когда необходимо быстро получить наглядное представление модели, особенно включающей пространственные объекты с поверхностями. При этом предусматривается наличие одного источника света, который автоматически размещается позади камеры. Для выполнения раскрашивания выберите в меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Shade*** (Раскрашивание) или введите в командную строку команду ***SHADEMODE***. Ниже перечислены опции этой команды.

- ***2D wireframe*** (2М каркас). Отображение объектов в привычной каркасной модели без всякого раскрашивания;
- ***3D wireframe*** (3М каркас). Отображение объектов в виде каркасной модели, но вместе с трёхмерной пиктограммой ПСК;
- ***Hidden*** (Срыть). Эквивалентна выполнению команды **HIDE**;
- ***Flat Shaded*** (Без тени).Формирование «плоской» без полутонов заливки областей, ограниченных контурами граней. При этом не учитывается ориентация граней, а соответственно и изменение вследствие этого их освещённости;
- ***Gouraud shaded*** (Гуро). Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями. В результате создаётся реалистичное представление объекта, подчёркивающее его криволинейную пространственную форму;
- ***Flat Shaded, Edges On*** (Без тени с кромками). Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер. Именно этот вариант рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов;
- ***Gouraud shaded, Edges On*** (Гуро с кромками). Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления рёбер. Этот вариант также рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов.

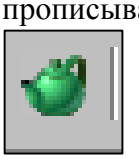
16.3. ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Панель инструментов RENDER (Тонировать) (рис.171).



Рис. 171.

Плавность тонированных тел с криволинейными поверхностями регулирует системная переменная ***FACETRES***. Она связана с точностью аппроксимации, заданной в команде ***VIEWRES*** (НАСТРВИД). Если значение системной переменной ***FACETRES*** равно 1, степень аппроксимации криволинейных поверхностей тел равна степени аппроксимации окружностей, дуг и эллипсов. Если этой переменной присвоить значение 2, точность аппроксимации для тел будет вдвое выше, чем для окружностей, дуг и эллипсов и т. д. Значение ***FACETRES*** по умолчанию равно 0.5. Диапазон допустимых значений – от 0.01 до 10. Для изменения значения ***FACETRES*** в командной строке прописывается слово ***FACETRES***↵ / прописывается числовое значение от 0.01 до 10.



Диалоговое окно ***RENDER*** (Тонировать) загружается командой ***RENDER*** (Тонировать), которая вызывается из падающего меню Падающее меню ***View*** (Вид)⇒ ***Render…*** (Тонировать…) ⇒ ***Render*** (Тонировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов.

Вывод тонированного изображения определяется в области ***Destination*** (Место назначения), для чего нужно выбрать одно из трёх значений раскрывающегося списка:

- ***Viewport*** (Видовой экран) – вывод изображения в видовой экран;
- ***Render Window*** (Окно) – отдельное окно ***Render***;
- ***File*** (Файл) – в файл.

Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя три вида тонирования:

- ***Render*** (Упрощенное) - тонирование без добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Данный режим предоставляет наименьшие возможности на-

стройки и моделирования различных эффектов визуализации, но позволяет быстрее всего получить результаты;

- ***Photo Real*** (Фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также моделировать различные эффекты при отображении теней;
- ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме обратной трассировки световых лучей для регенерации отражения, преломления и точного определения освещённости.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске команды тонирования: ***RENDER*** (Тонировать), ***SCENE*** (СЦЕНА), ***LIGHT*** (СВЕТ), ***RMAT*** (МАТЕРИАЛ), ***MATLIB*** (Библиотека Материалов), ***BACKGROUND*** (ФОН) и др.

Выполнить упражнение № 135.

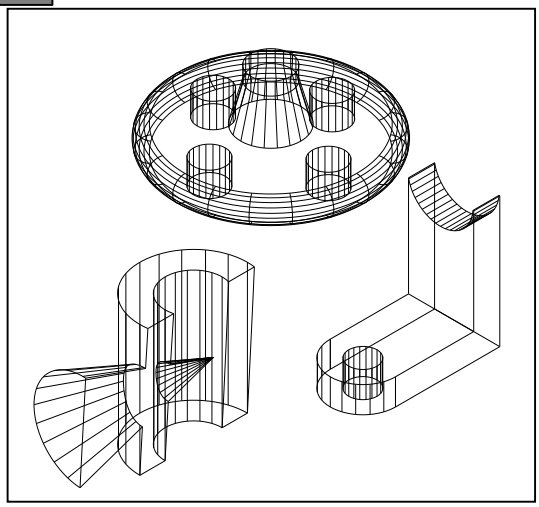
Тонировать объекты ***№ 135***

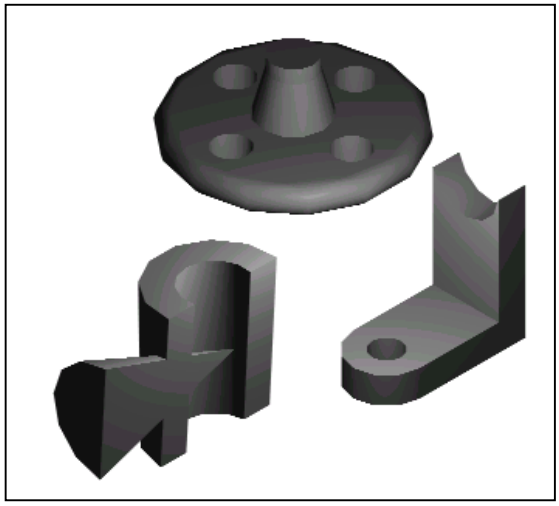


RENDER

Падающее меню ***VIEW → RENDER → RENDER***

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.4. ВКЛЮЧЕНИЕ ФОНА В ИЗОБРАЖЕНИЕ СЦЕНЫ

В ***AutoCAD*** имеется несколько функций для добавления фона в создаваемую сцену. В качестве фона можно выбрать изображение неба, добавить элементы ландшафта и др., вызываемой командой ***BACKGROUND*** (ФОН).



Команда ***BACKGROUND*** (ФОН) загружается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render…***(Тонировать…)⇒***Background*** (Фон) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. Существуют четыре типа фона, которые выбираются соответствующими переключениями:

- ***Solid*** (Сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов;
- ***Gradient*** (Переход). Фон содержит до трёх цветов, плавно переходящих друг в друга;
- ***Image*** (Изображение) – фон в виде растровой картинки. Эту картинку можно изменять по размеру и положению, а также можно размножить по прямоугольной сетке, заполняя весь фон;
- ***Merge*** (Слияние). Позволяет использовать в качестве фона текущее изображение на экране ***AutoCAD***. Это имеет смысл в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана. В результате формируется совмещённое изображение тонированного объекта и нетонированного фона.

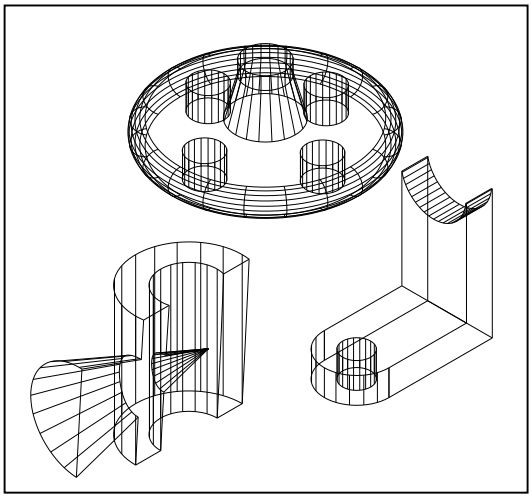
Выполнить упражнение № 136.

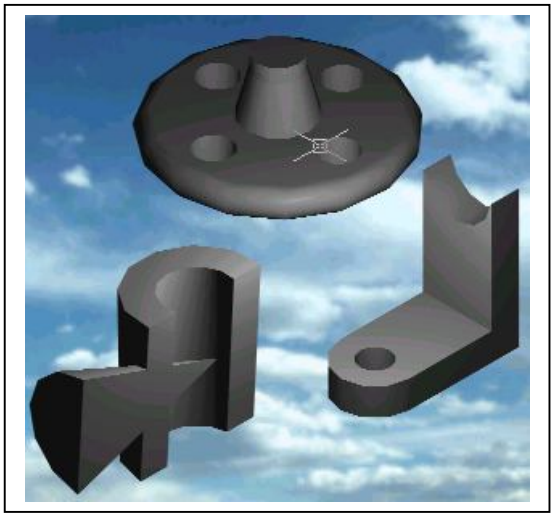
Тонировать объекты с установкой тона ***№ 136***



BACKGROUND

Падающее меню ***VIEW → RENDER → BACKGROUND***
В диалоговом окне BACKGROUND установить режим Image.
В области Image в поле Name ввести имя файла sky.tga
или найти другой файл, нажав кнопку Find File (Найти файл)
В диалоговом окне Render нажать кнопку Render

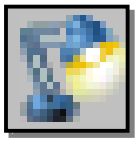




16.5. НАСТРОЙКА ОСВЕЩЕНИЯ

При настройке процесса тонирования по умолчанию ***AutoCAD*** использует один источник света позади камеры. Однако это редко бывает достаточно. В ***AutoCAD*** имеется четыре вида источника света: рассеянный свет (***Ambient light***) и направленные источники света трёх типов:

- ***Point light*** (Точечный источник) – это аналог обычной электрической лампочки. Свет проходит из определённой точки в пространстве модели и распространяется по всем направлениям. Точечный свет рассеивается, то есть его интенсивность уменьшается по мере удаления от источника;
- ***Distance light*** (Удалённый источник) – соответствует солнечному освещению. Источник расположен очень далеко, поэтому световой поток предполагается параллельным, и не учитывается спад интенсивности;
- ***Spotlight*** (Прожектор) – отличается от точечного источника света тем, что создаёт направленный световой поток. Поэтому для прожектора указывается не только его расположение, но и положение целевой точки – два набора координат вместо одного. Кроме того, прожектор имеет более яркий центр вместо одного.



Формирование новых и модификация уже созданных источников света осуществляются командой ***LIGHT*** (СВЕТ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Light*** (Свет) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Lights*** (Источники света) (рис. 172).

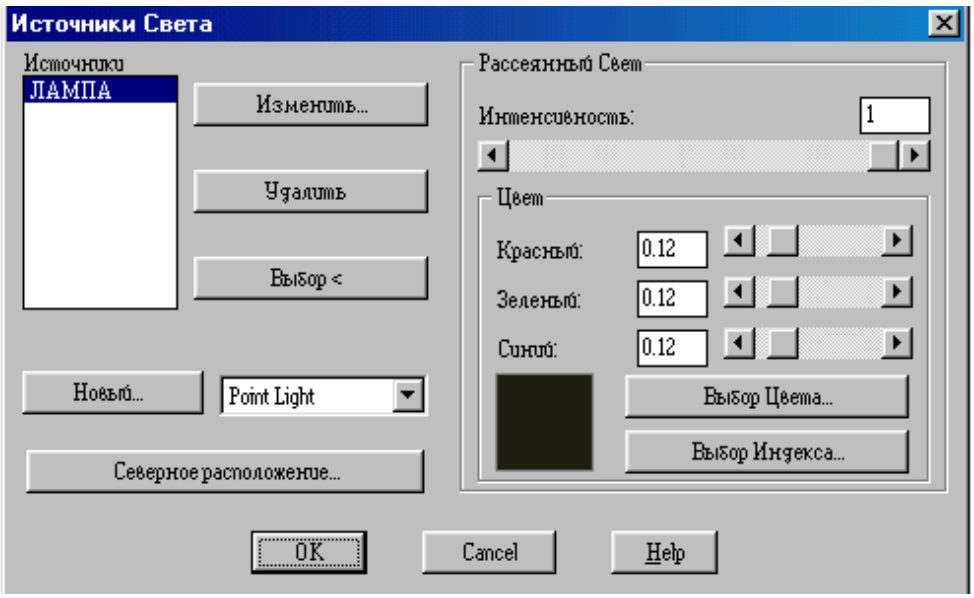


Рис. 172.

Выполнить упражнение № 137.

Создание точечного источника света ***№ 137***



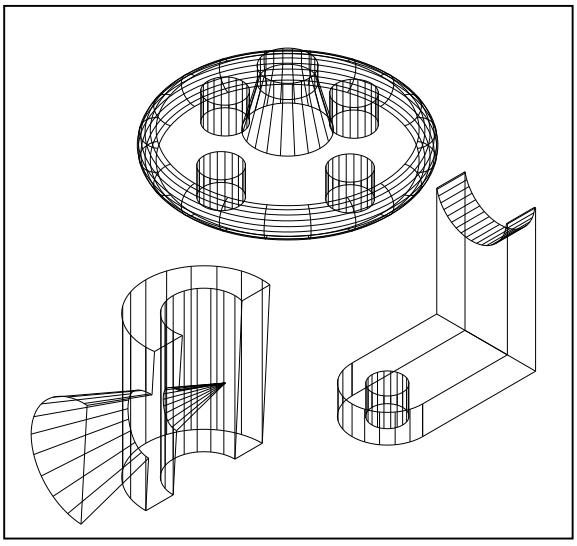
LIGHT Падающее меню ***VIEW → RENDER → LIGHT***

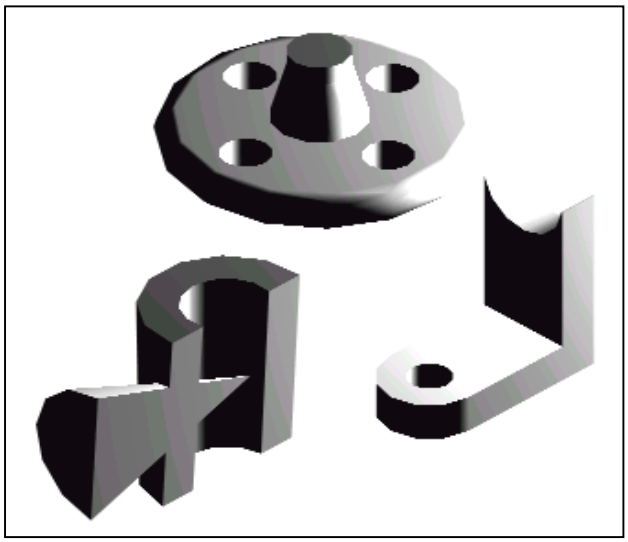
В диалоговом окне Lights (Источники света) выбрать Point Light и нажать кнопку New (Новый).

В поле Name диалогового окна New Point Light ввести имя источника света (можно создать несколько источников) и нажать кнопку Показать/Изменить, ОК (на экране появятся точечные объекты, показывающие нахождение созданных источников света).

Курсором мыши можно изменить местонахождение источников света, ОК

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.6. ТЕНИ

Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) и отключается при тонировании флажком-выключателем ***Shadows*** (С тенями). В режиме ***Render*** (Упрощенное) свет проходит сквозь поверхности, не создавая теней.

Тени бывают трёх типов: объёмные, карты теней и тени трассировки луча. Настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне источника света любого типа, например, в диалоговом окне ***New Point Light*** (Новый точечный источник света). Для этого необходимо в области ***Shadows:*** (Тени:) установить флажок ***Shadows On*** (Включить) и щелкнуть по кнопке ***Shadows Options…***(Параметры теней…). В раскрывшемся окне ***Shadows Options…***(Параметры теней…) включенный флажок ***Shadows Volumes/Raytrace*** (Объёмные тени/Тени трассировки луча) устанавливает тени для режима ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и режима ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча).

16.7. РАБОТА С МАТЕРИАЛАМИ

В ***AutoCAD*** под материалами понимаются оптические свойства отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.



Команда **RMAT** (Материал) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Materials…***(Материал…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Materials*** (Материалы) (рис. 173).

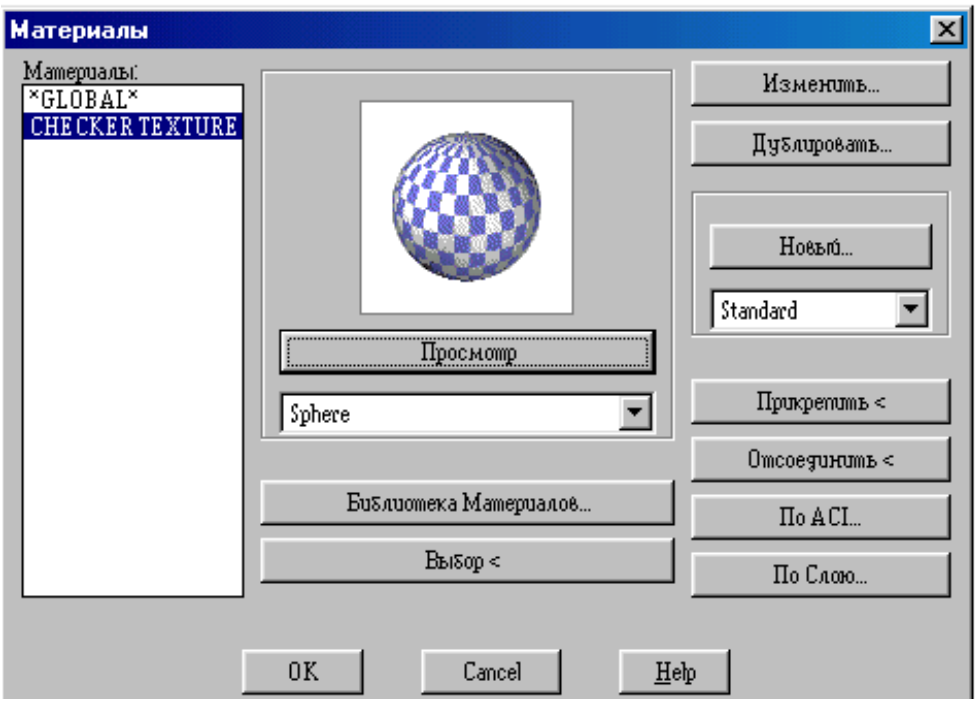


Рис. 173.

Выполнить упражнение № 138.

Тонировать объекты с установкой материала ***№ 138***



RMAT Падающее меню ***VIEW → RENDER → MATERIALS***

В диалоговом окне MATERIALS (Материалы) выбрать кнопку Materials Library (Библиотека материалов).

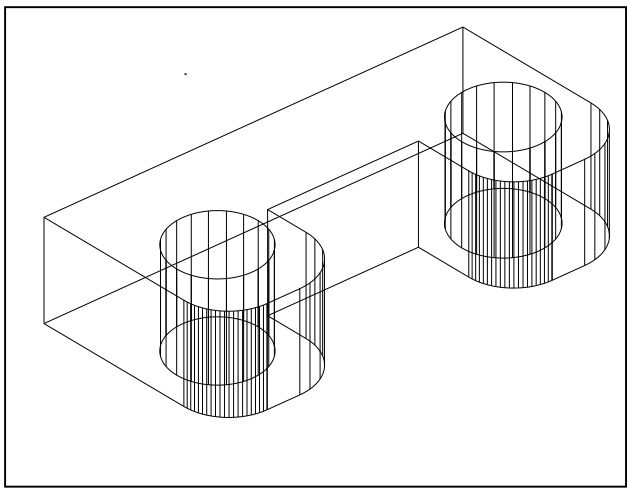
В диалоговом окне Materials Library (Библиотека материалов) в области Current Library (Текущая библиотека) подобрать материал:CHECER TEXTURE, просматривая его в окне Preview.

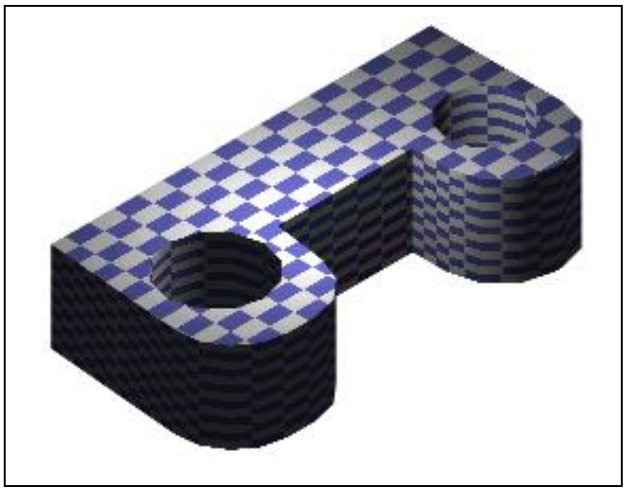
Импортировать материал в область Current Drawing (Текущий рисунок), нажав кнопку <-Import.

В диалоговом окне MATERIALS выбрать кнопку Attach< (Присвоить).

Выбрать объект.

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить твердотельную модель заданной детали (прил. 5).

2. Построить твердотельную модель заданной детали, согласно своему варианту (прил. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов и общим правилам черчения с применением компьютерных технологий.

Скорость, точность и легкость, с которыми создаются модели проектируемых изделий, широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения плоских изображений этих изделий (видов, разрезов, сечений), ассоциативно связанных с моделями, - все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Но при этом не следует забывать о законах формирования геометрических моделей, теория которых излагается в начертательной геометрии.

Многообразие систем информационных технологий требует от специалиста умения применять свои знания при решении конкретной задачи, компонентами которых являются: умение осознать, формулировать и творчески решать задачи; умение ориентироваться в многообразии программных продуктов, существующих на сегодняшний день; чётко представлять возможности и характеристики того или иного пакета прикладных программ; умение выбрать наиболее оптимальный путь из предложенных для решения конкретной задачи; умение быстро перестраиваться при смене программного обеспечения.

Как показывает анализ действий специалистов на предприятиях различного профиля, можно быть прекрасным программистом, владеющим средствами вычислительной техники и совершенно не представляющим, как формируется модель изделия. И наоборот, можно быть специалистом в своей предметной области и не учитывать специфических особенностей использования вычислительной техники и программных средств.

Однако геометрическая теория моделирования позволяет объединить знания для раскрытия возможностей применения определённых алгоритмов и взаимодействия их с различными пакетами прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы сечения. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

Романычева Э. Т., Соколова Т. Ю. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000: Учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2001. 656 с.

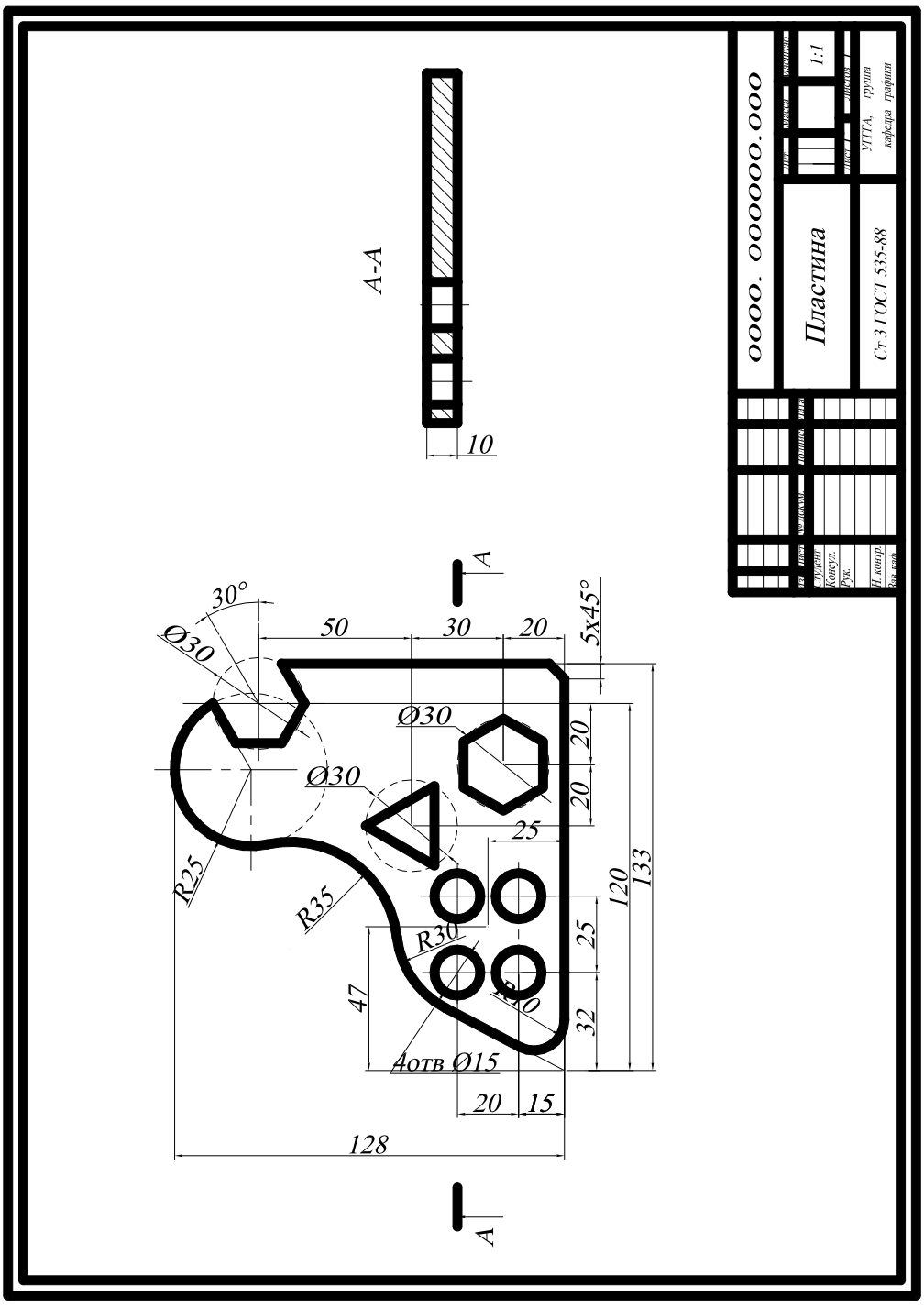
Шангина Е.И. Инженерная графика. Теория и приложения: Учебно-методическое пособие (допущено УМО РФ в области горного дела). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 256 с., ил.

Федоренков А. П., Басов К. А., Кимаев А. М. AutoCAD 2000: Практический курс. М.: Издательство «ДЕСС», 2000. 528 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

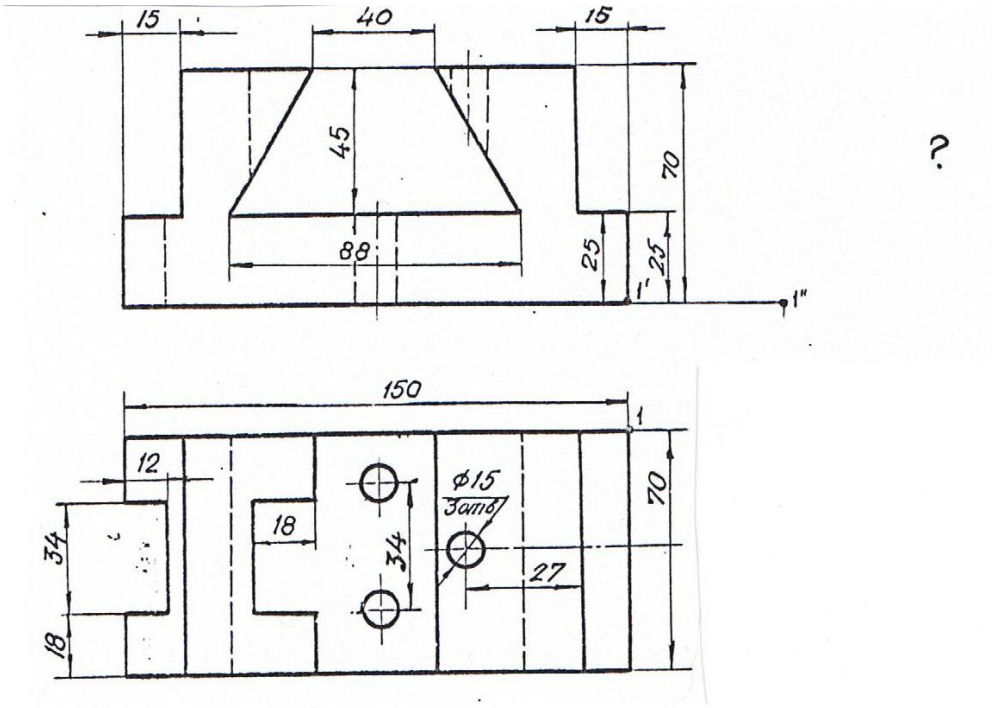
Приложение 1

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

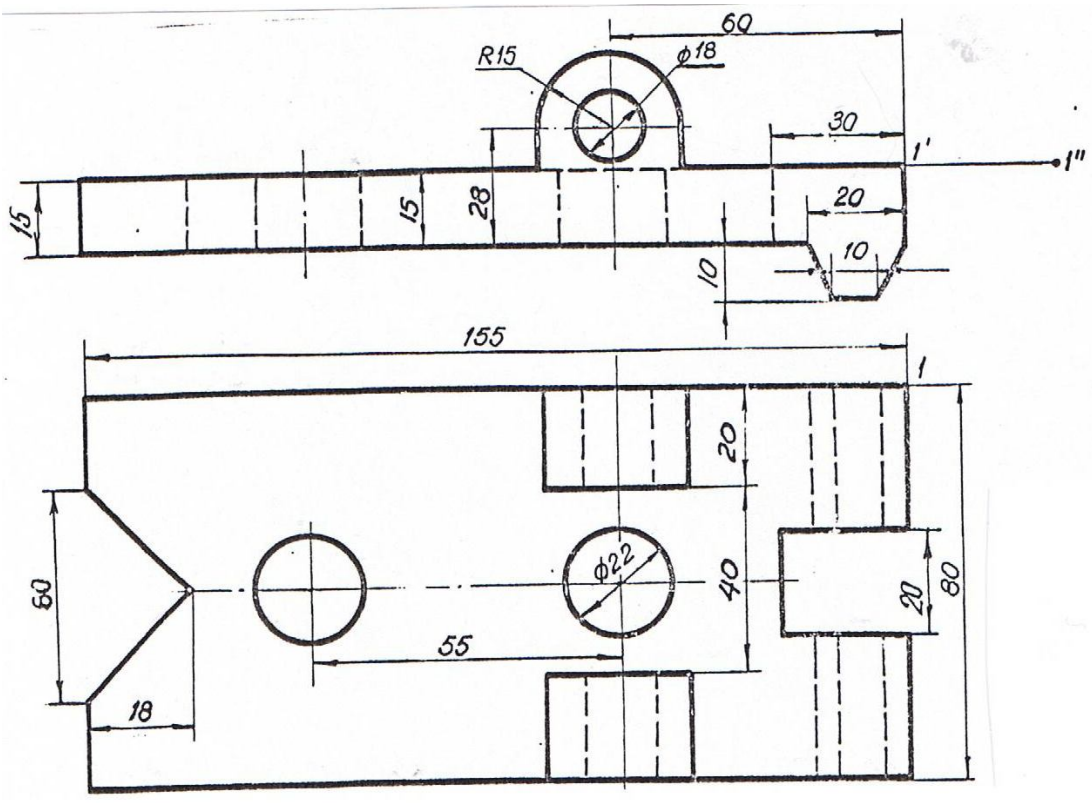


Приложение 2

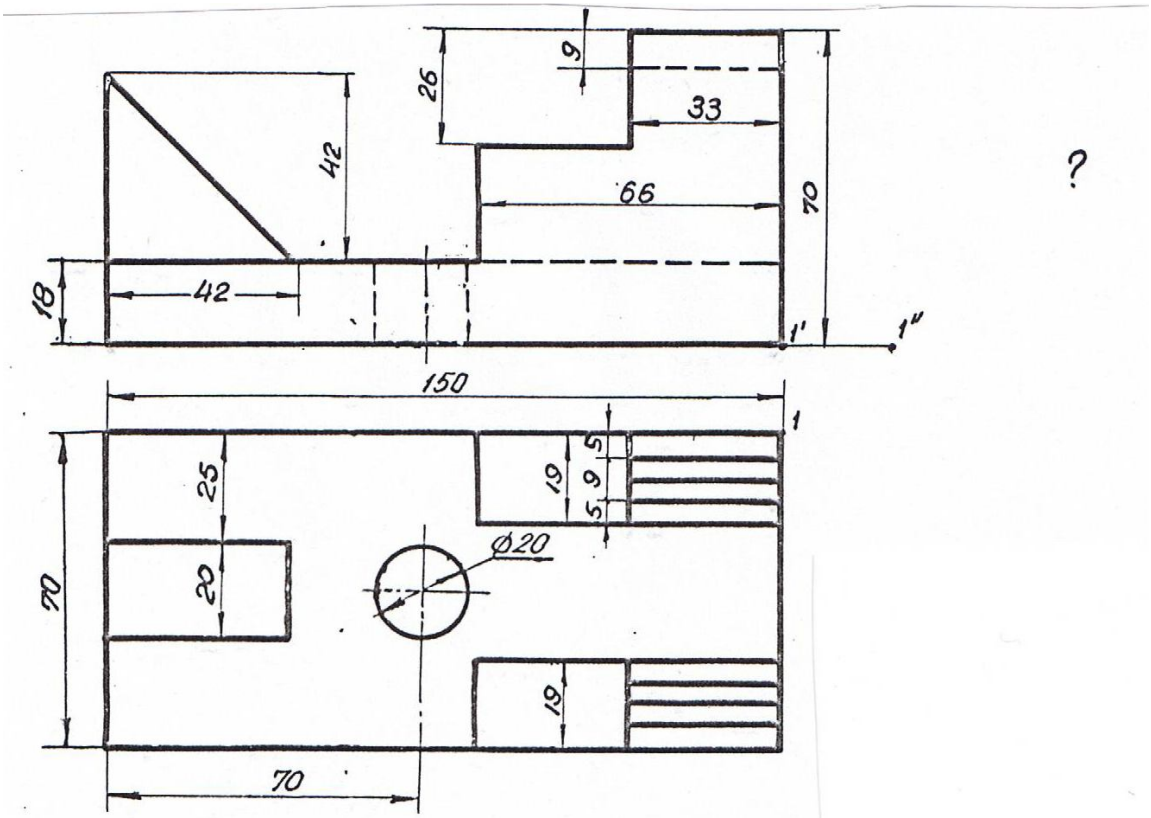
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1



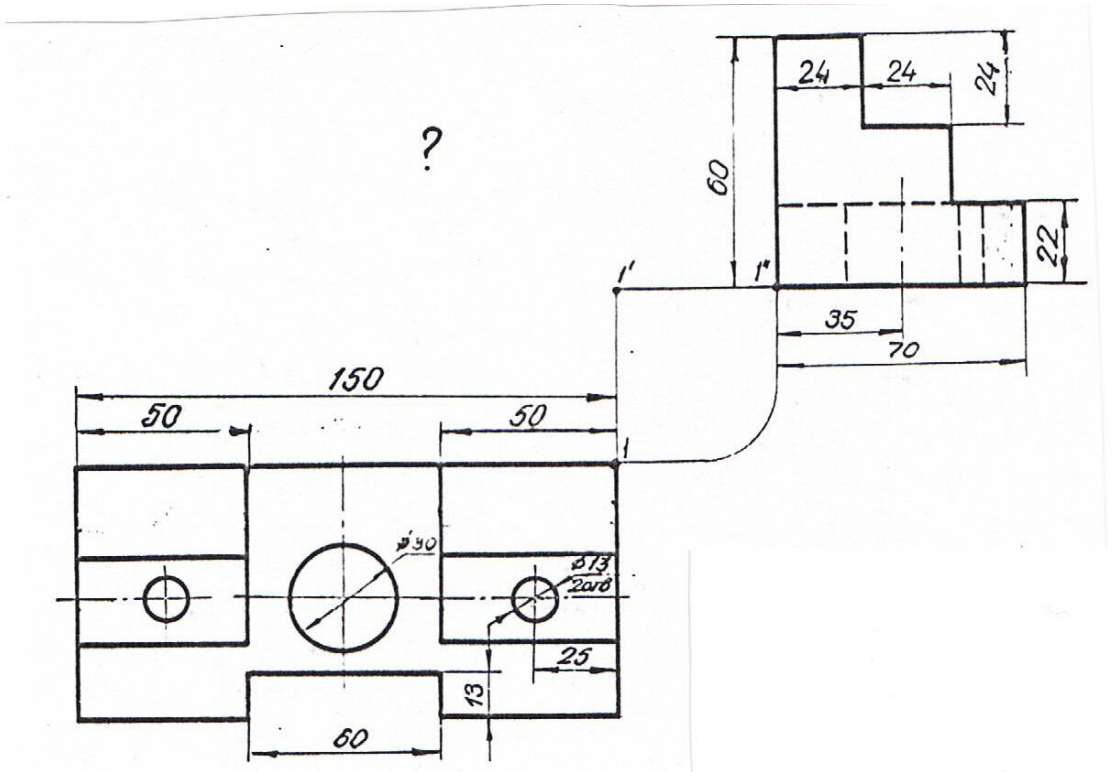
Вариант 1. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и половину профильного разреза.



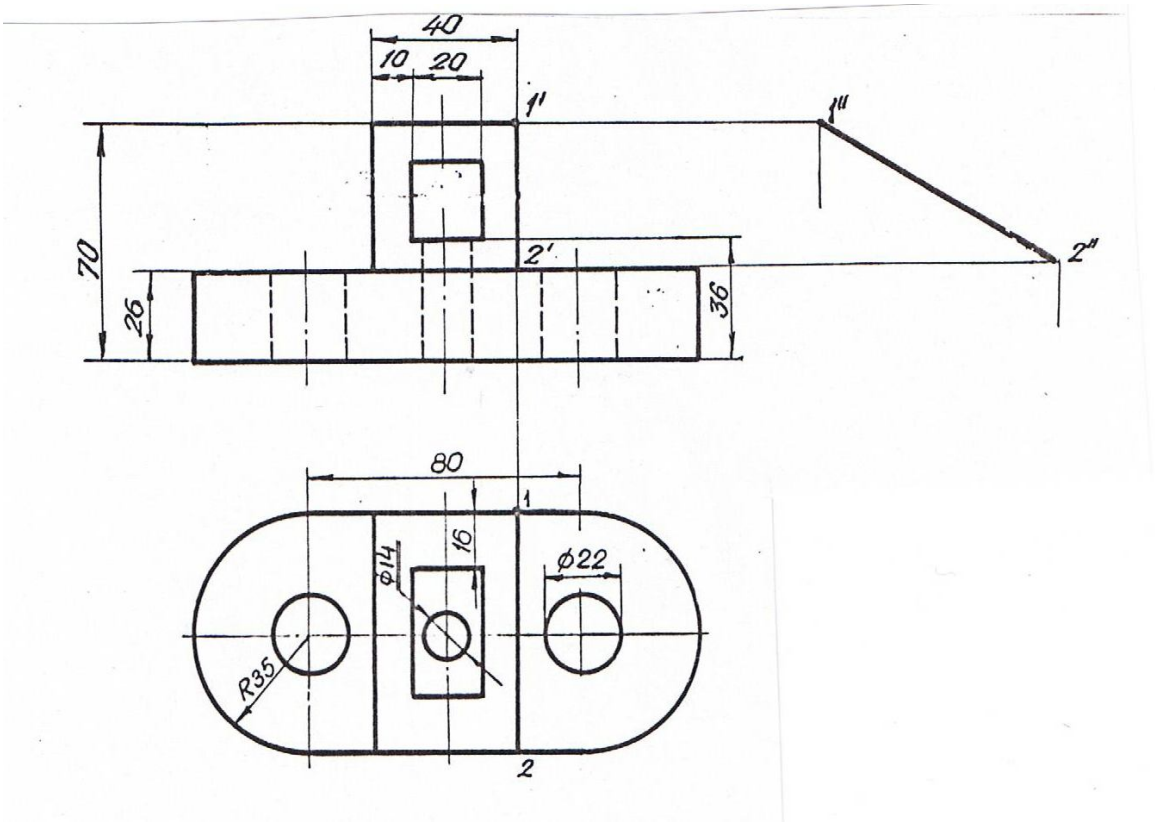
Вариант 2. Вычертить накладку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



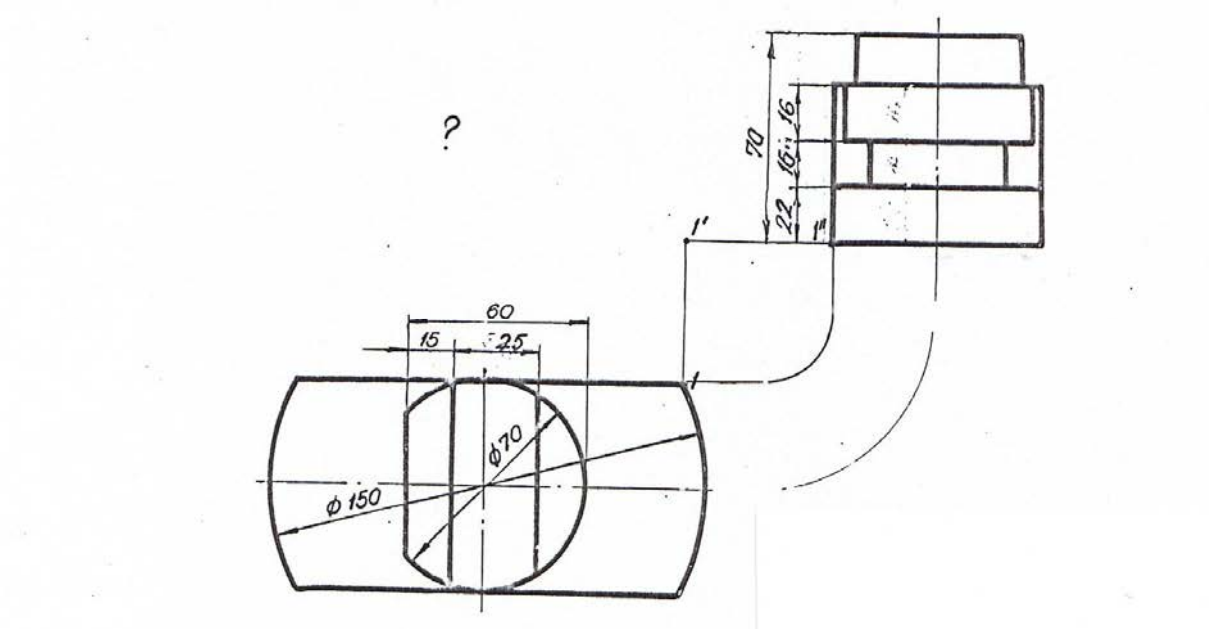
Вариант 3. Вычертить ограничитель в масштабе 1:1 и достроить вид слева. Выполнить половину профильного разреза



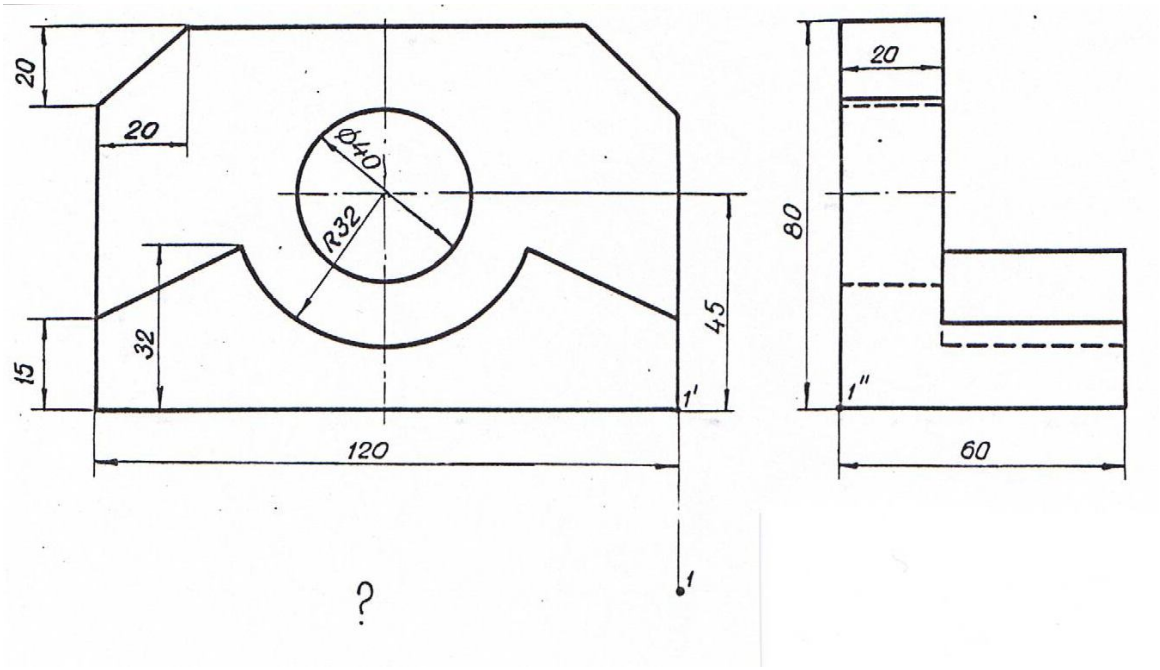
Вариант 4. Вычертить подкладку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и профильный разрезы.



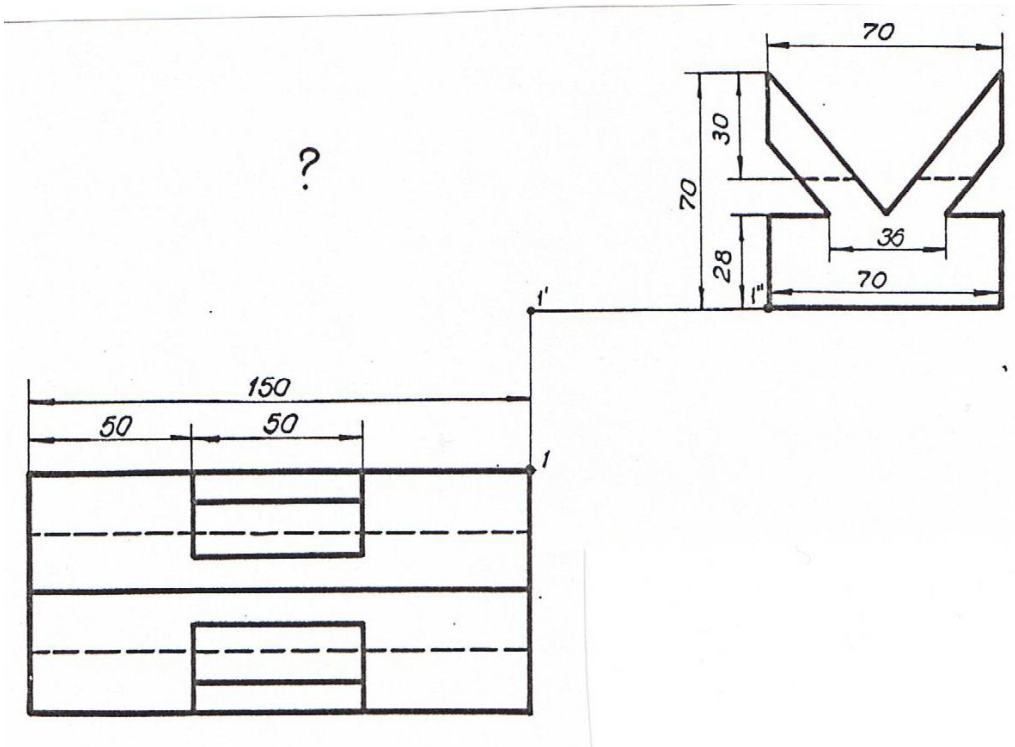
Вариант 5. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



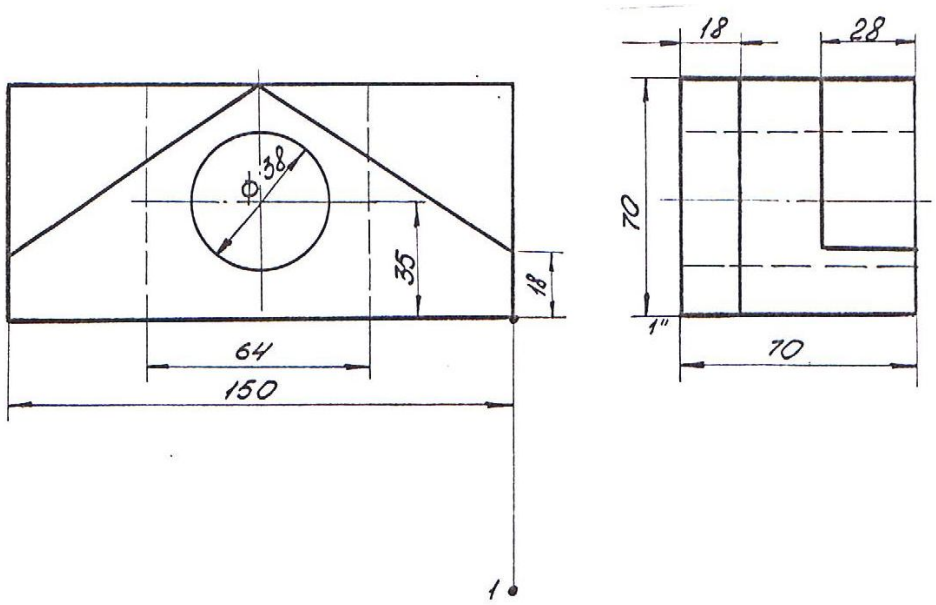
Вариант 6. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.



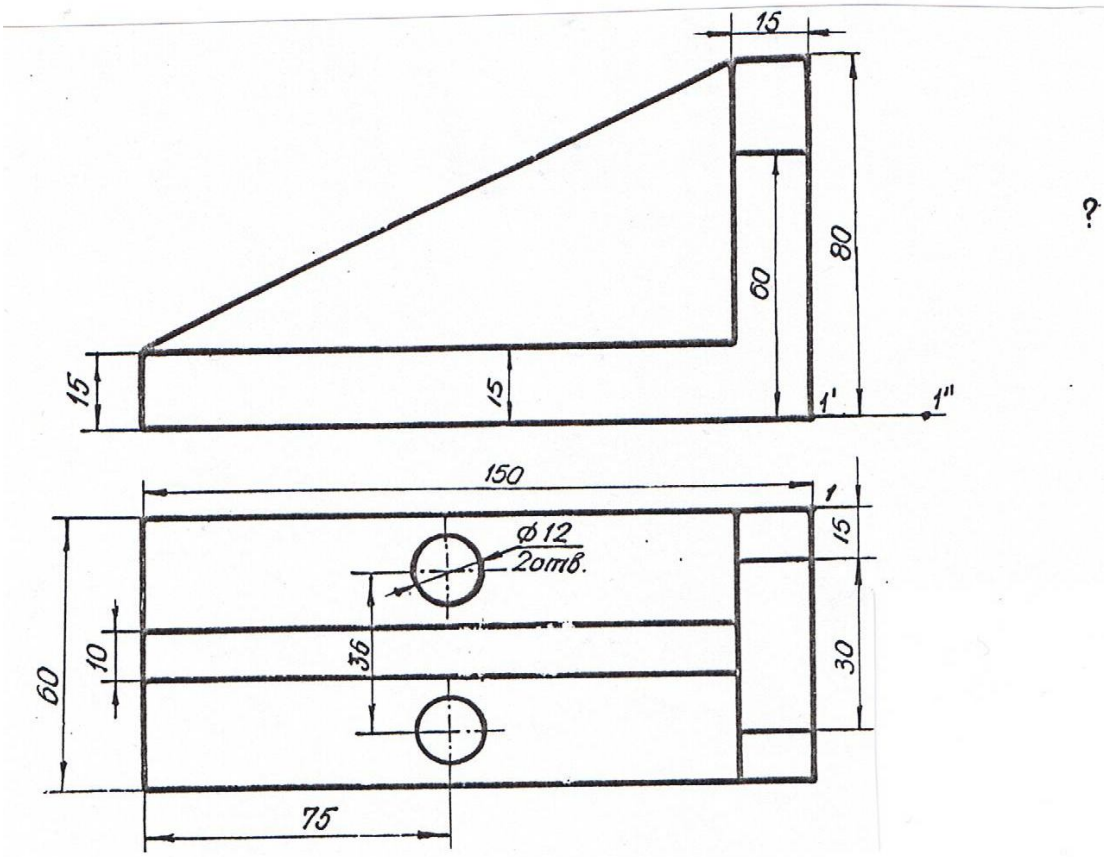
Вариант 7. Вычертить кулачок в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.



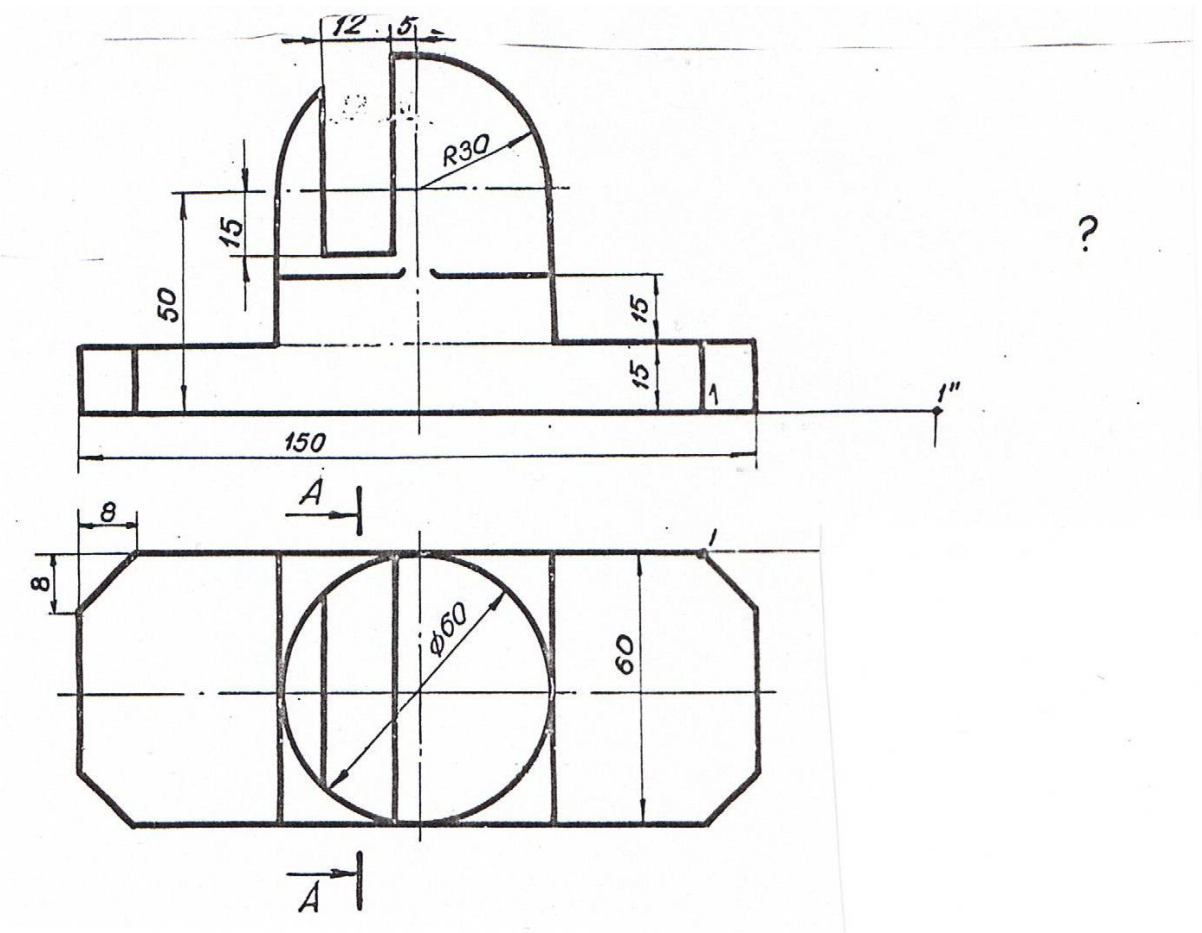
Вариант 8. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить главный вид.



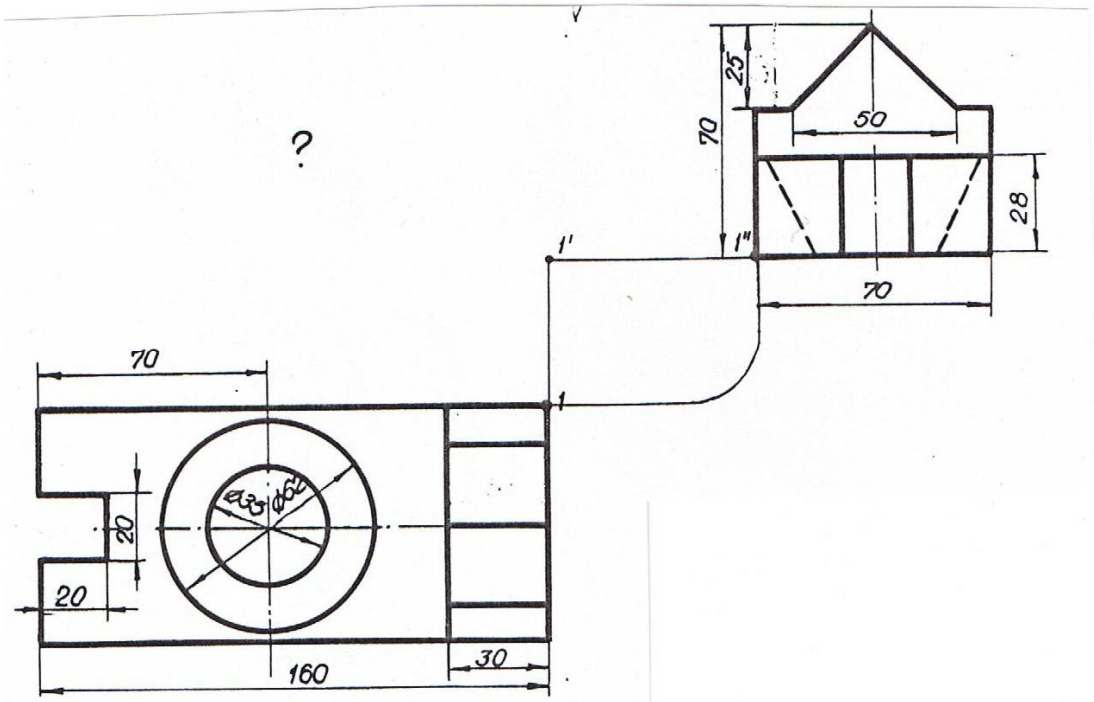
Вариант 9. Вычертить вкладыш в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Выполнить горизонтальный разрез.



Вариант 10. Вычертить угольник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез.



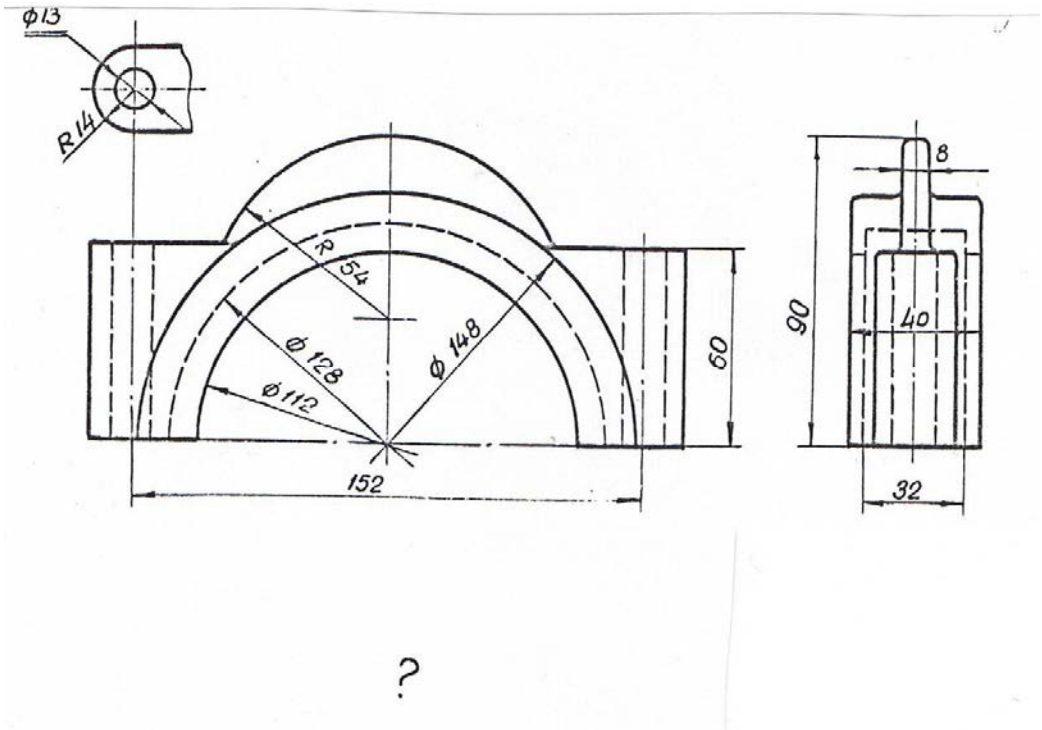
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить половину разреза А-А.



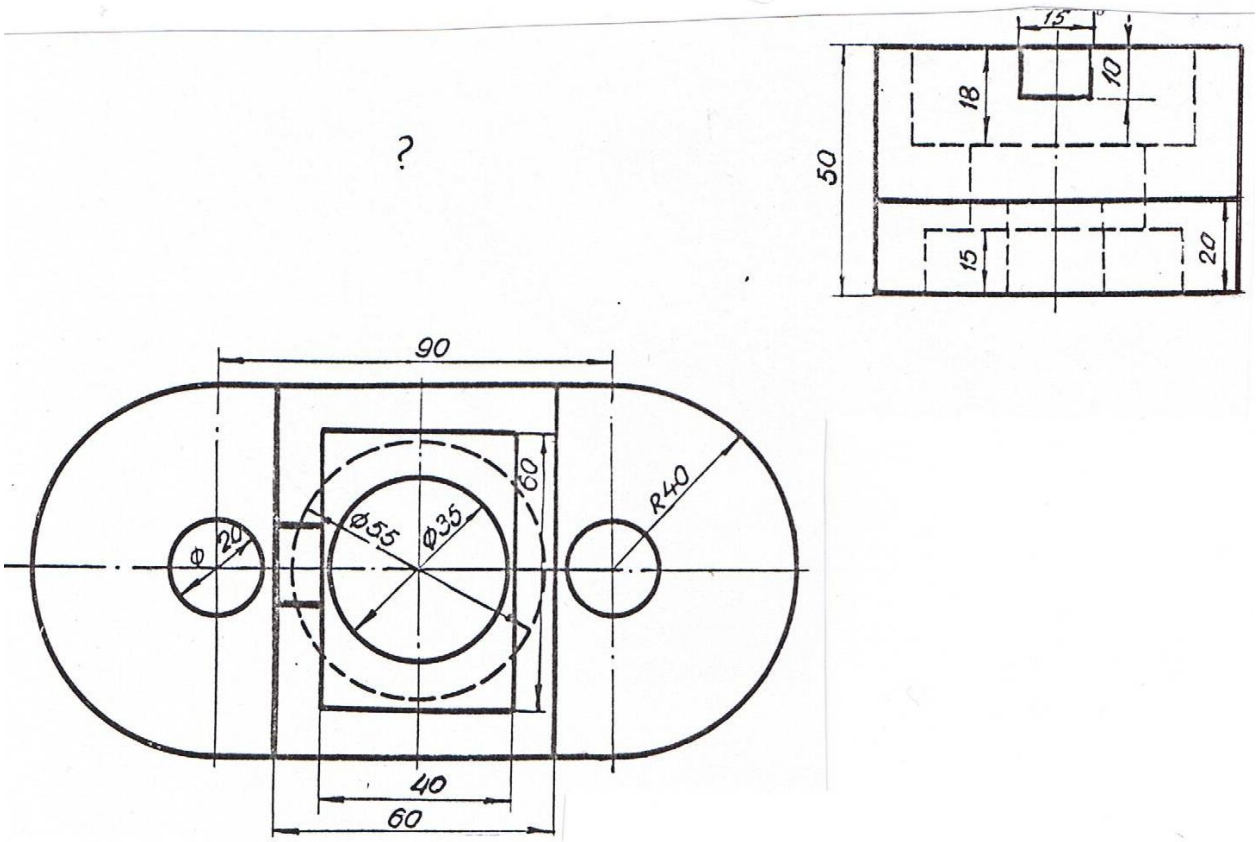
Вариант 12. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину профильного разреза.

Приложение 3

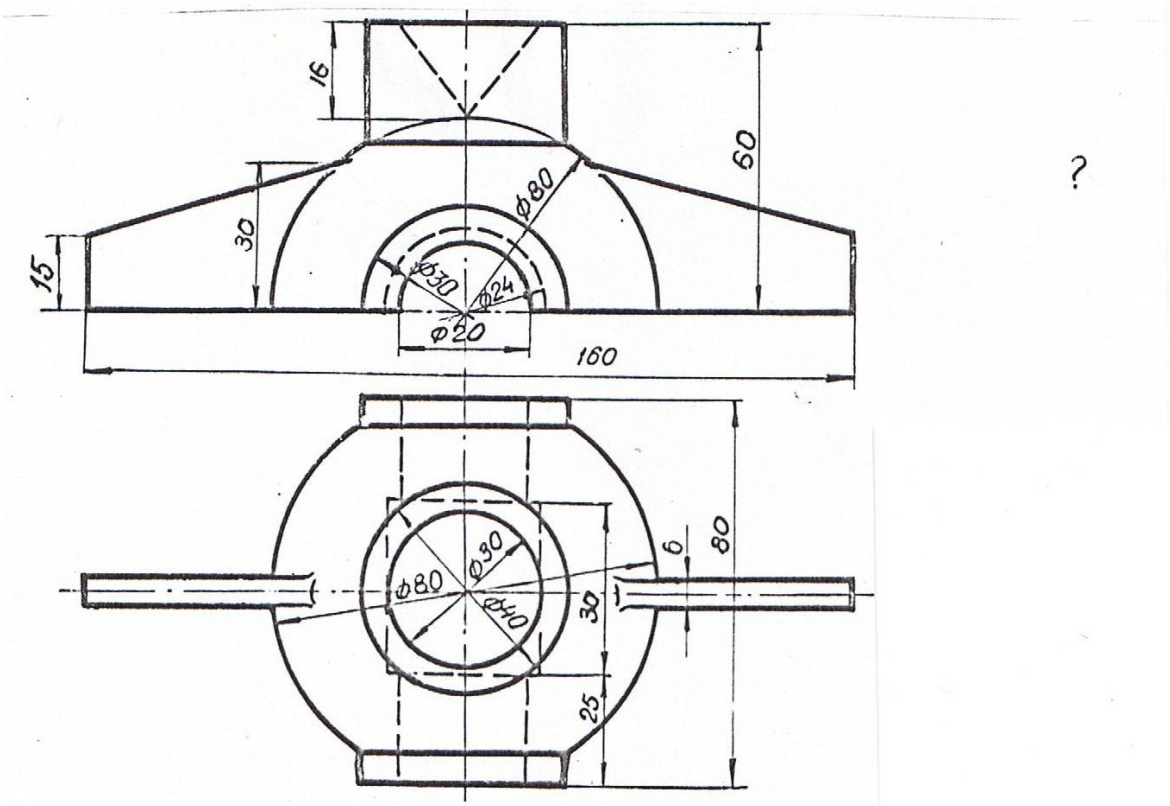
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2



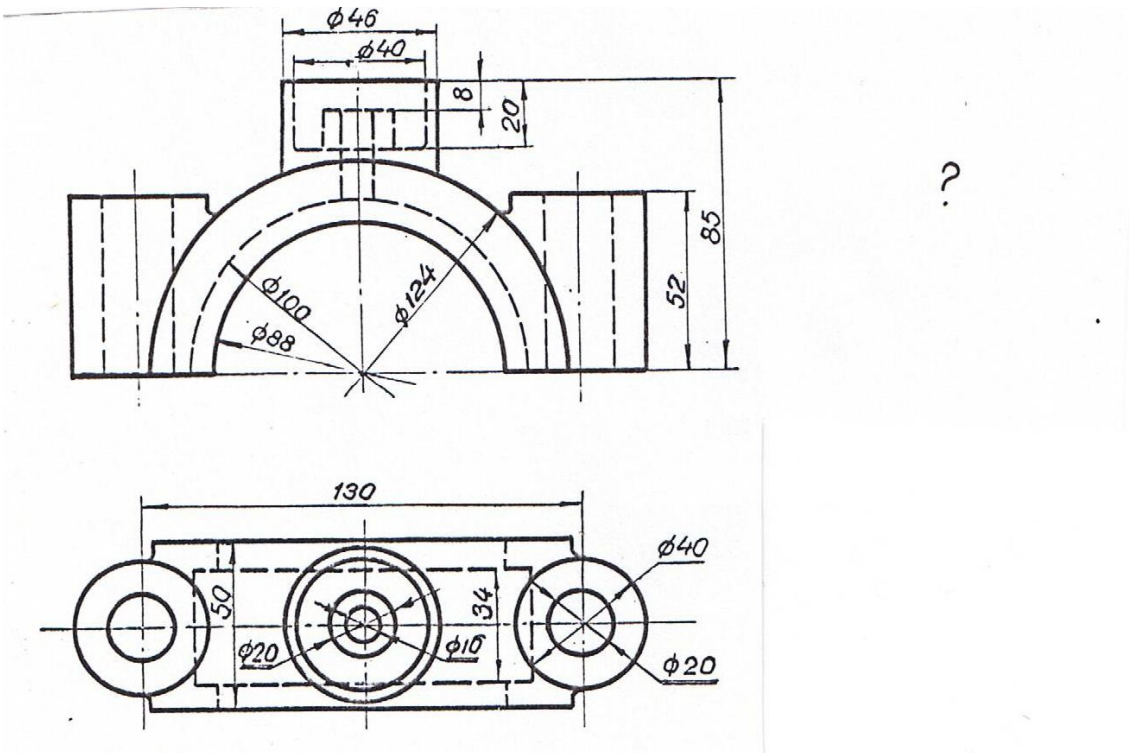
Вариант 1. Вычертить корпус бугеля в масштабе 1:1, достроить вид сверху, сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



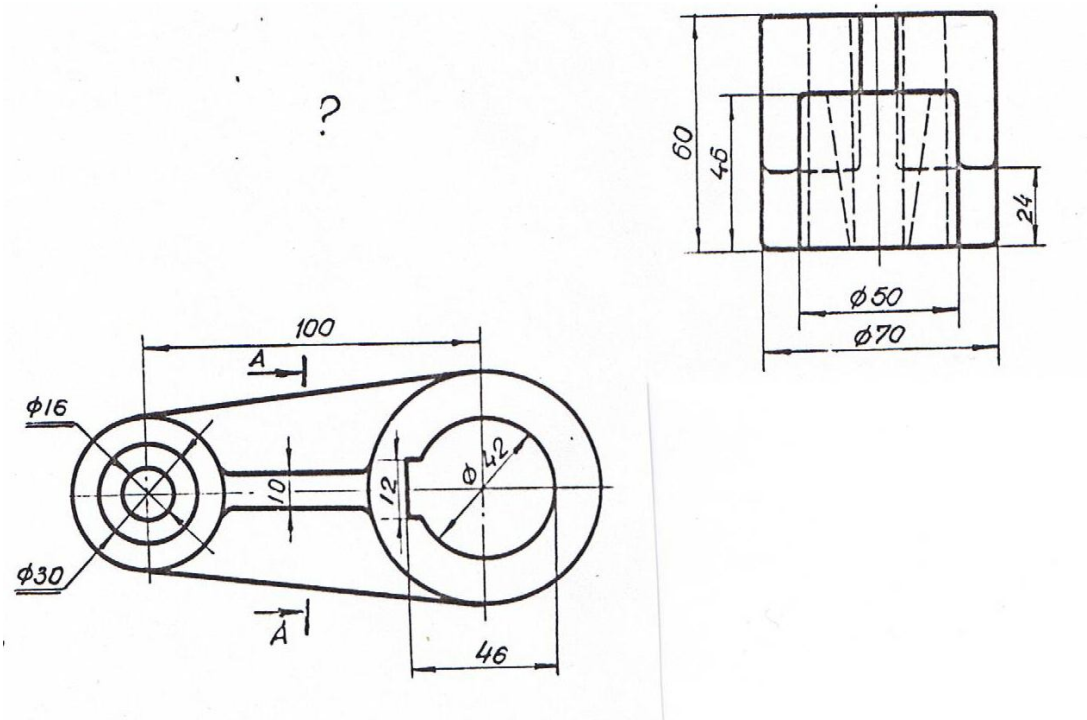
Вариант 2. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и половину профильного разрезов.



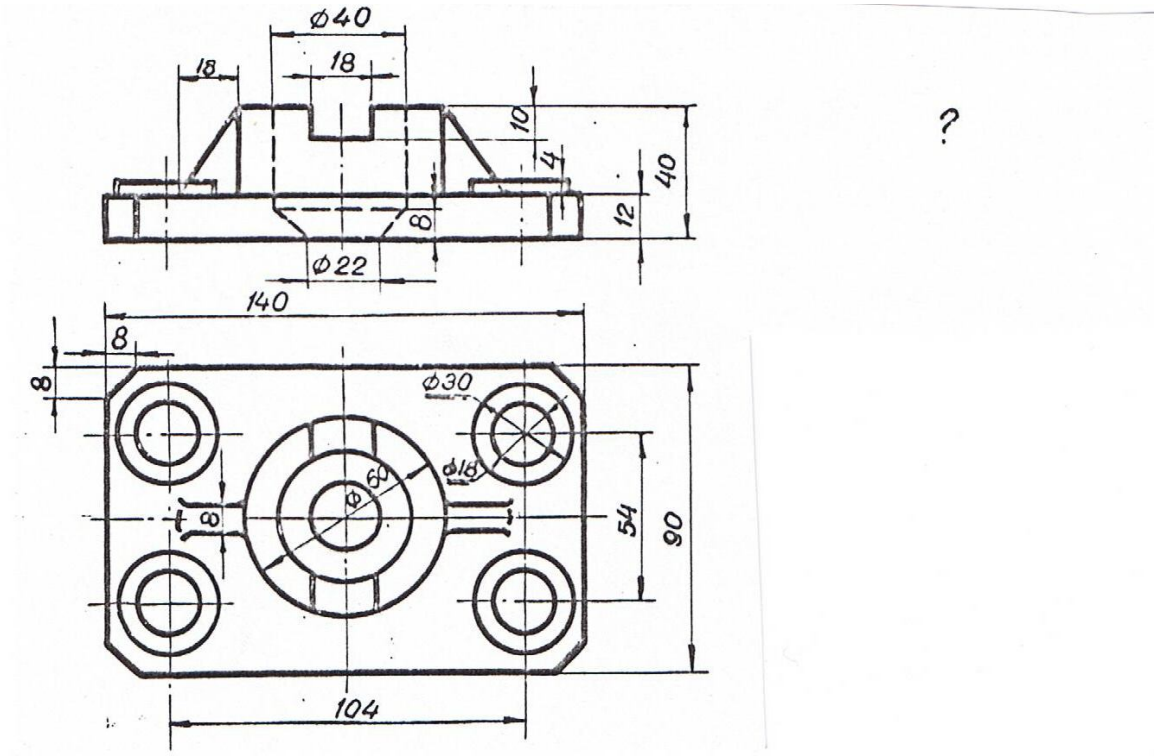
Вариант 3. Вычертить крышку в масштабе 1:1, достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



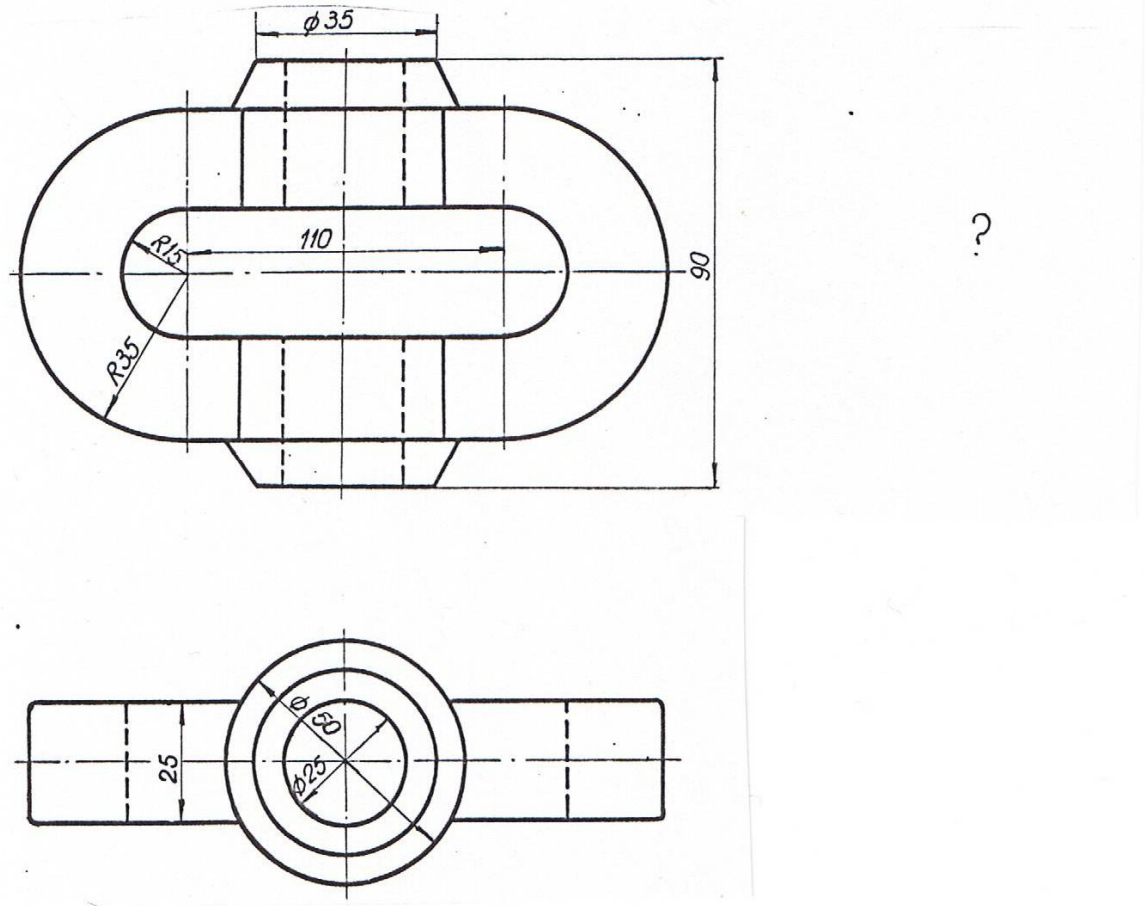
Вариант 4.Вычертить крышку подшипника в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



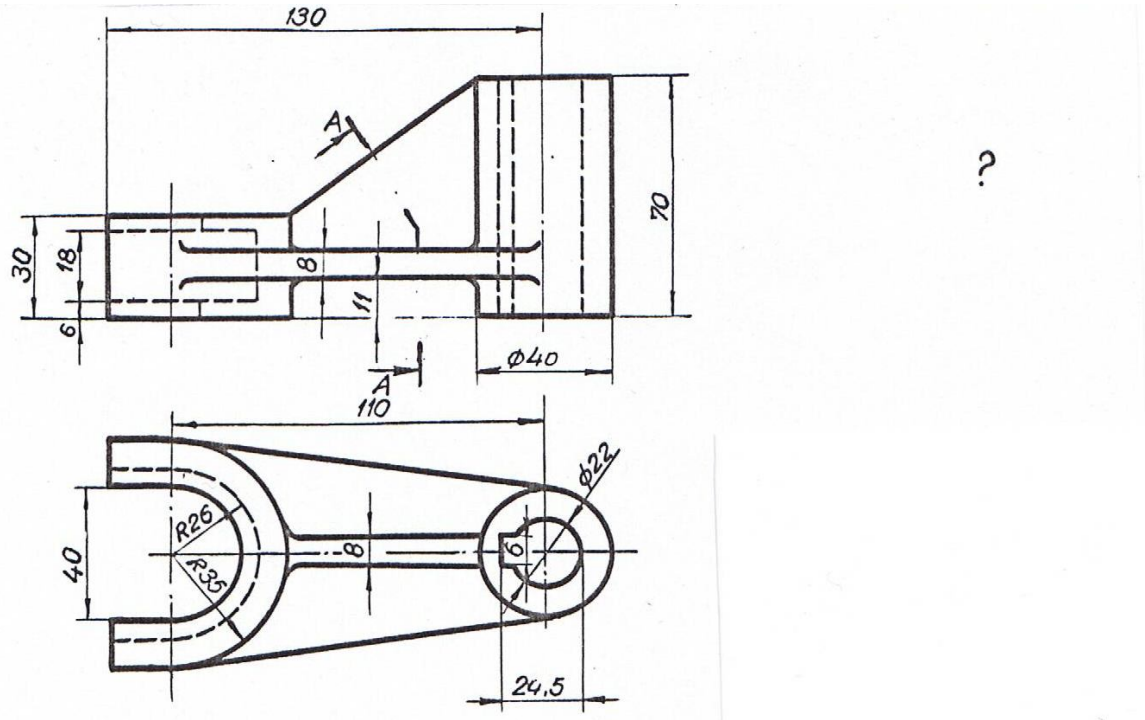
Вариант 5. Вычертить шатун в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



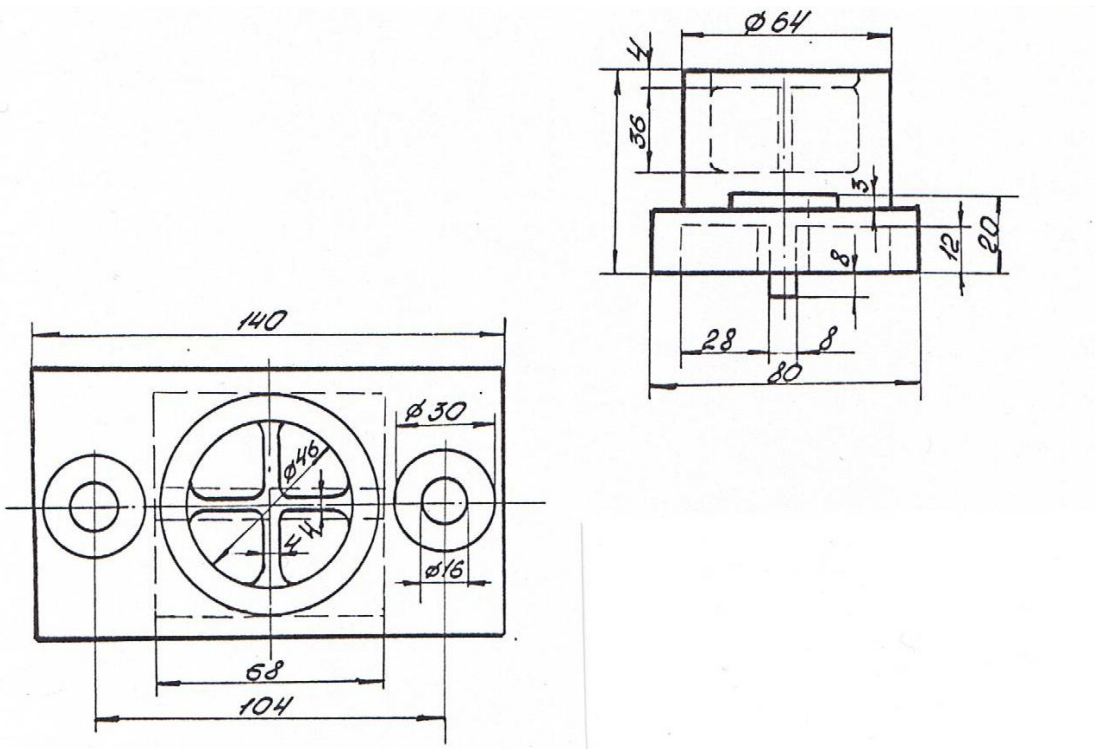
Вариант 6. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать ступенчатый фронтальный разрез и половину профильного разреза.



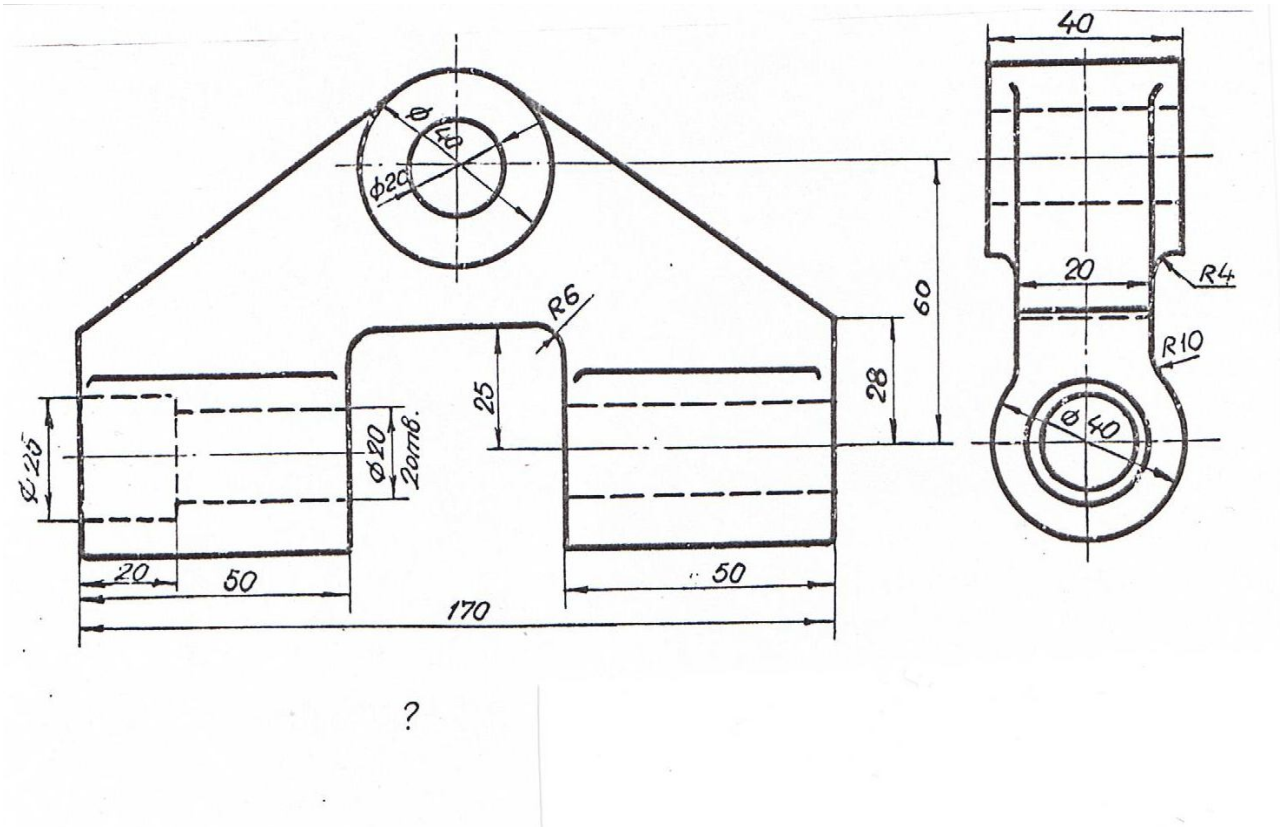
Вариант 7. Вычертить петлю в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину профильного и половину горизонтального разрезов.



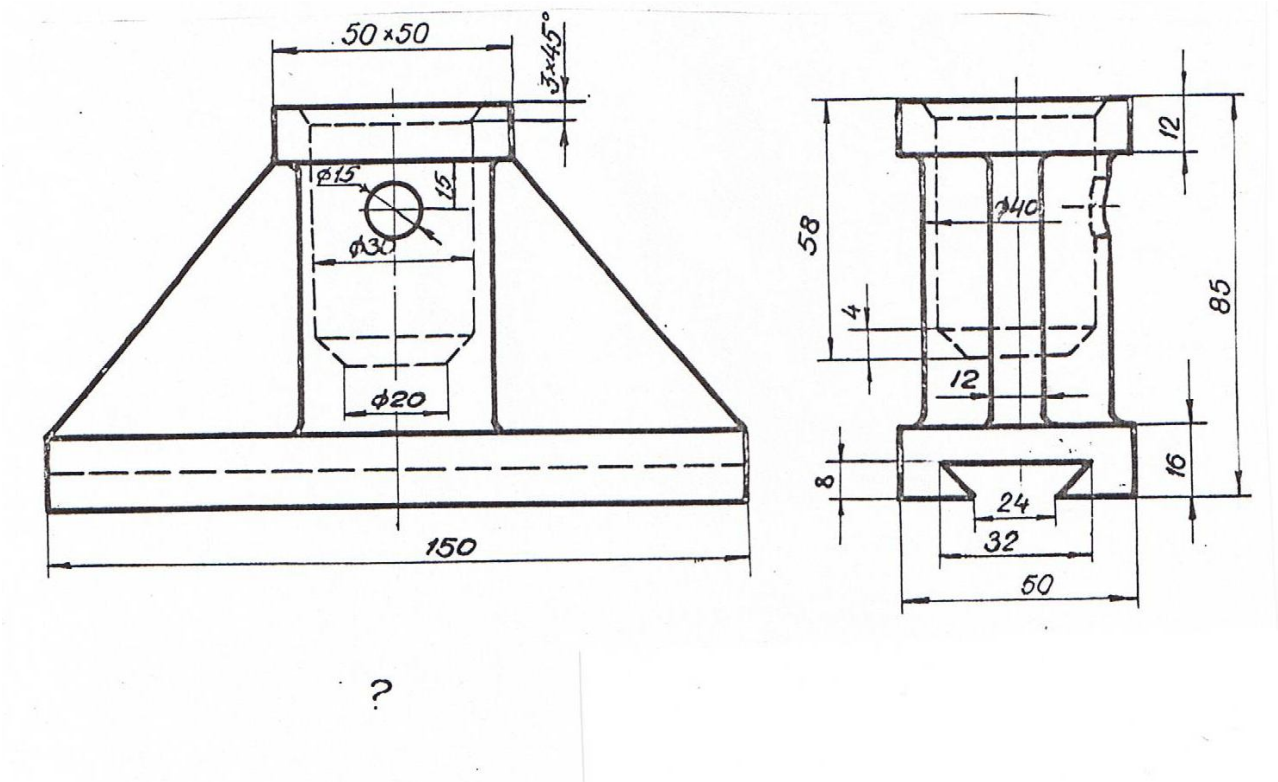
Вариант 8. Вычертить вилку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



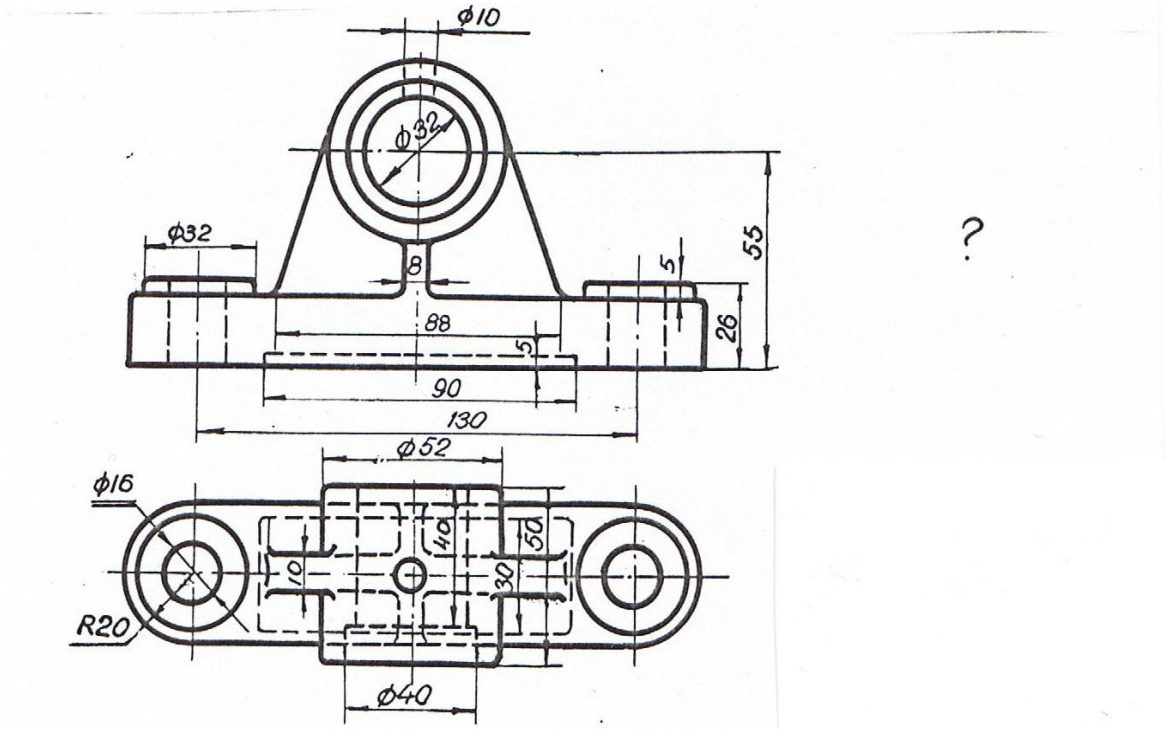
Вариант 9. Вычертить подпятник в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



Вариант 10. Вычертить шарнир в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.



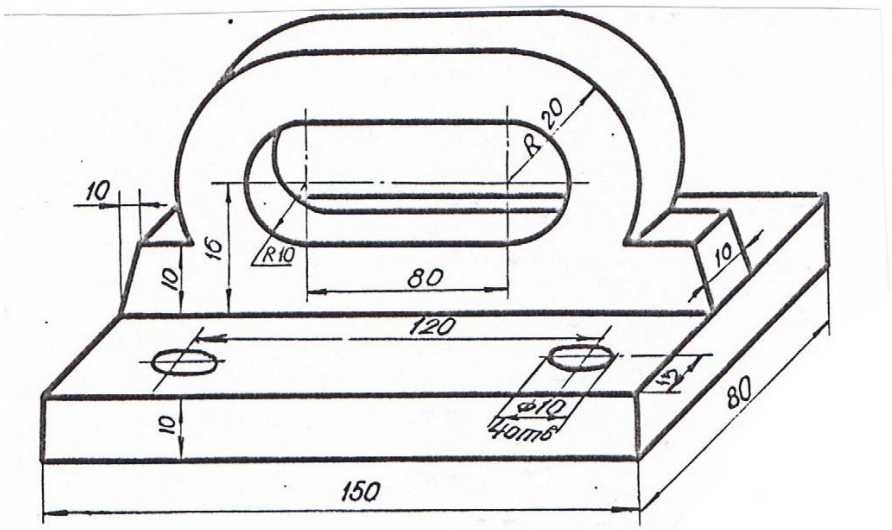
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать половину фронтального разреза и местный профильный.



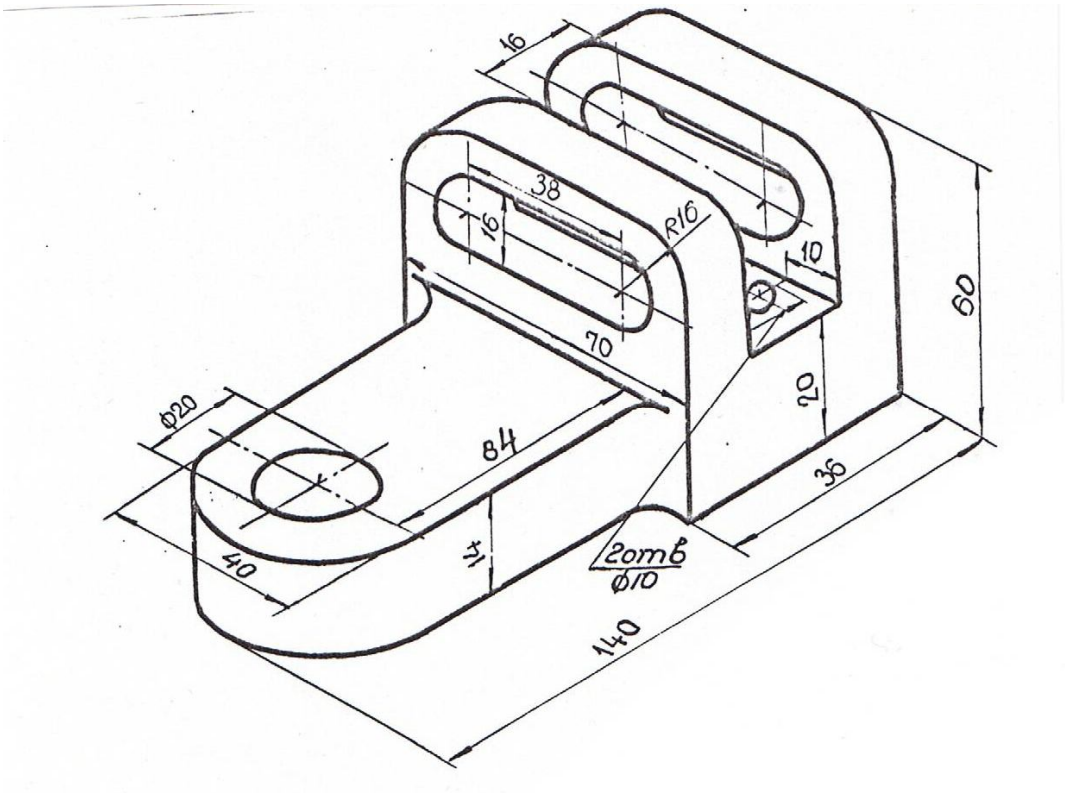
Вариант 12. Вычертить подшипник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.

Приложение 4

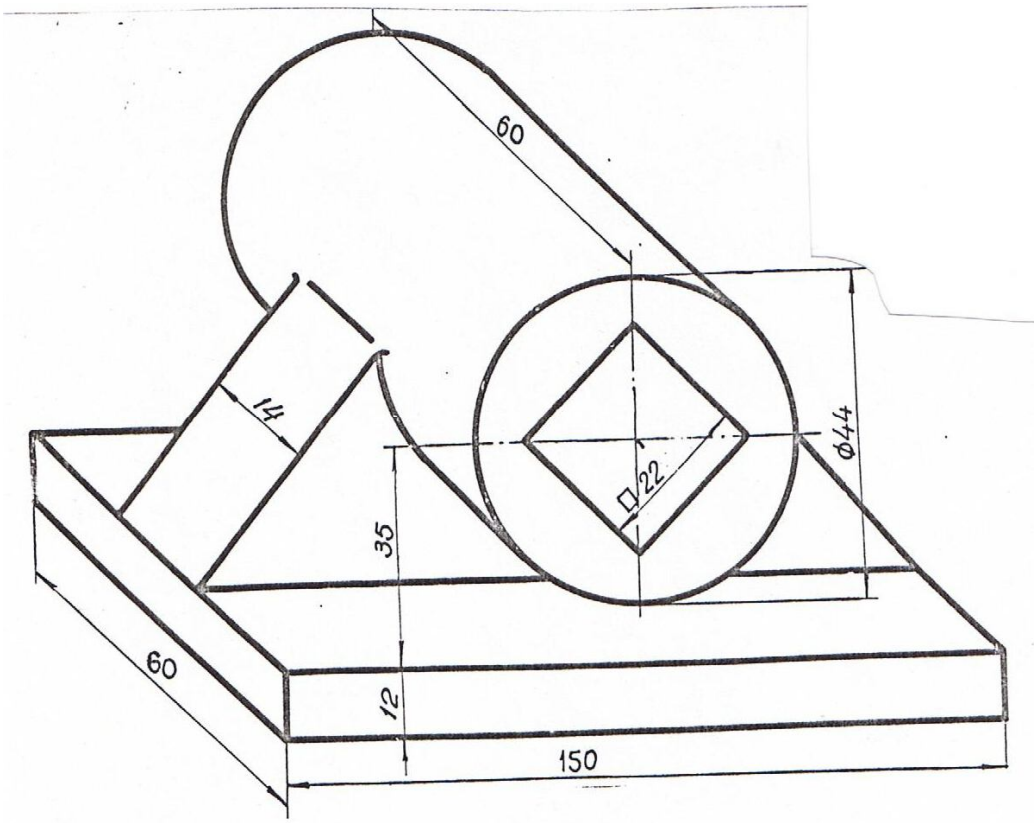
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3



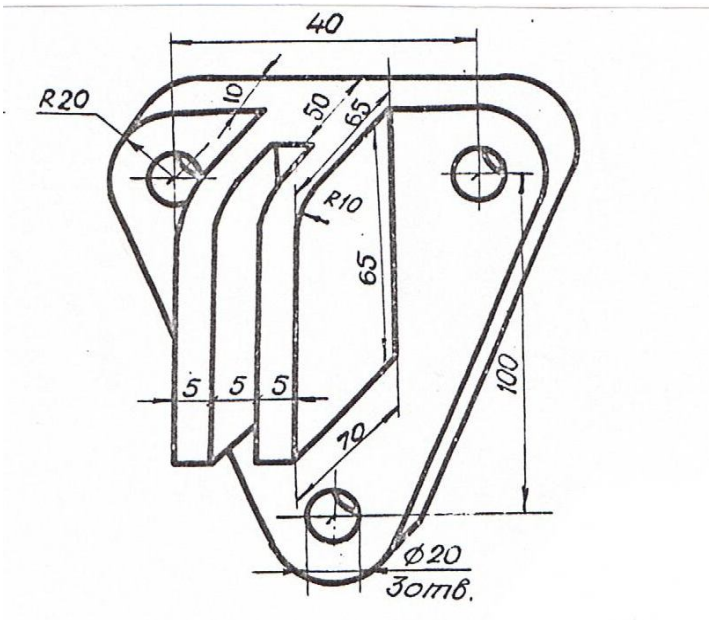
Вариант 1. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать ступенчатый профильный разрез.



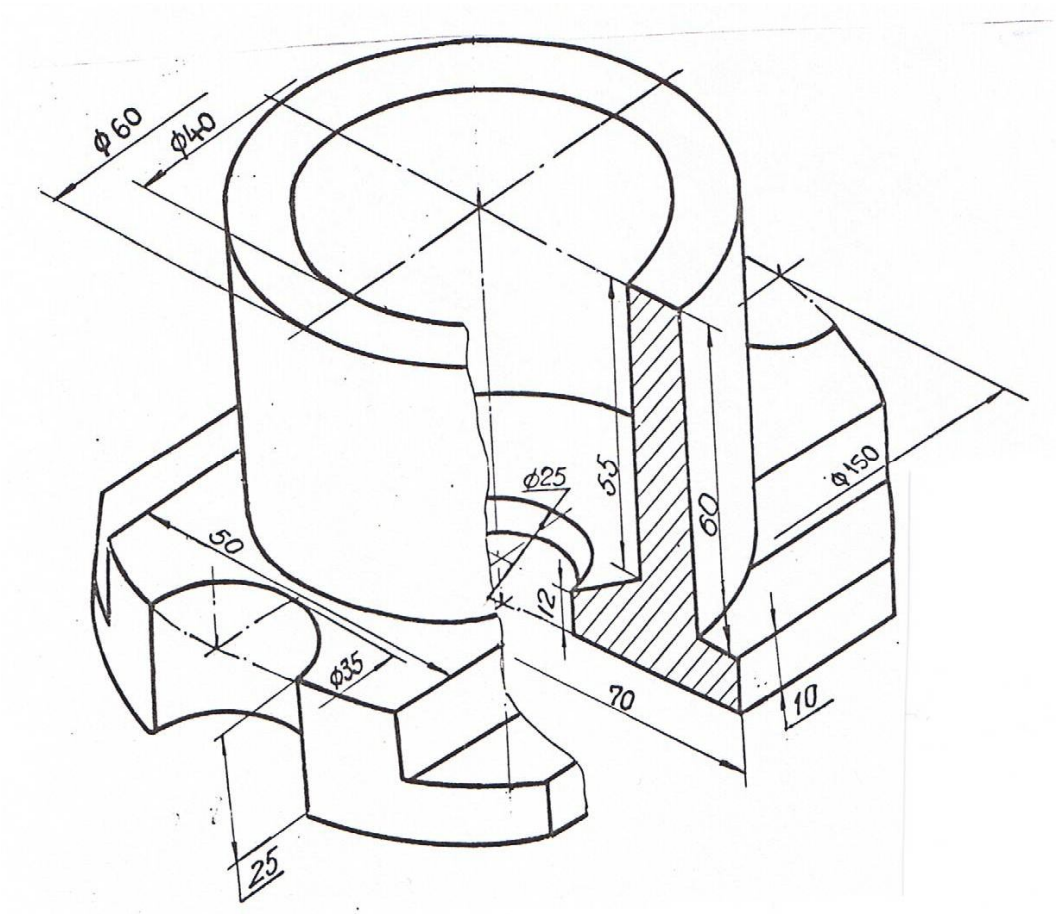
Вариант 2. Вычертить в трех ортогональных проекциях скобу в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



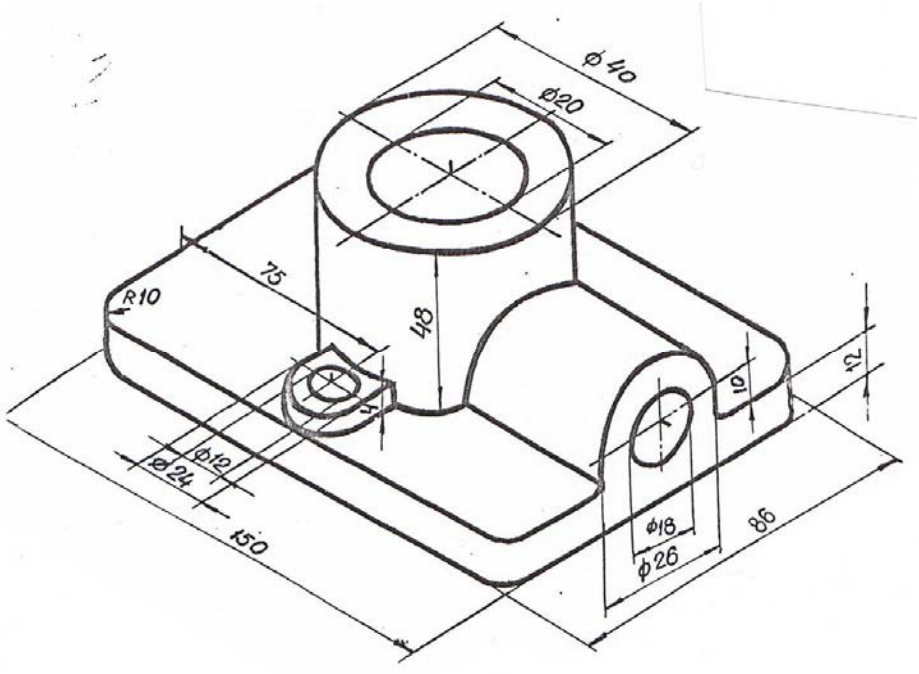
Вариант 3. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1. Сделать необходимый разрез.



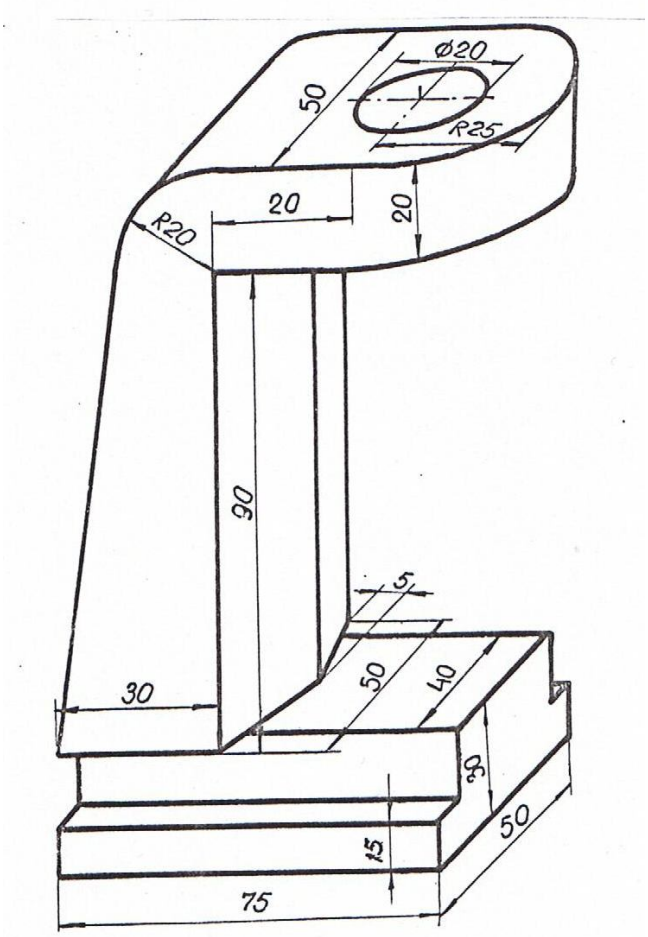
Вариант 4. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1. Сделать местные разрезы и горизонтальный разрез.



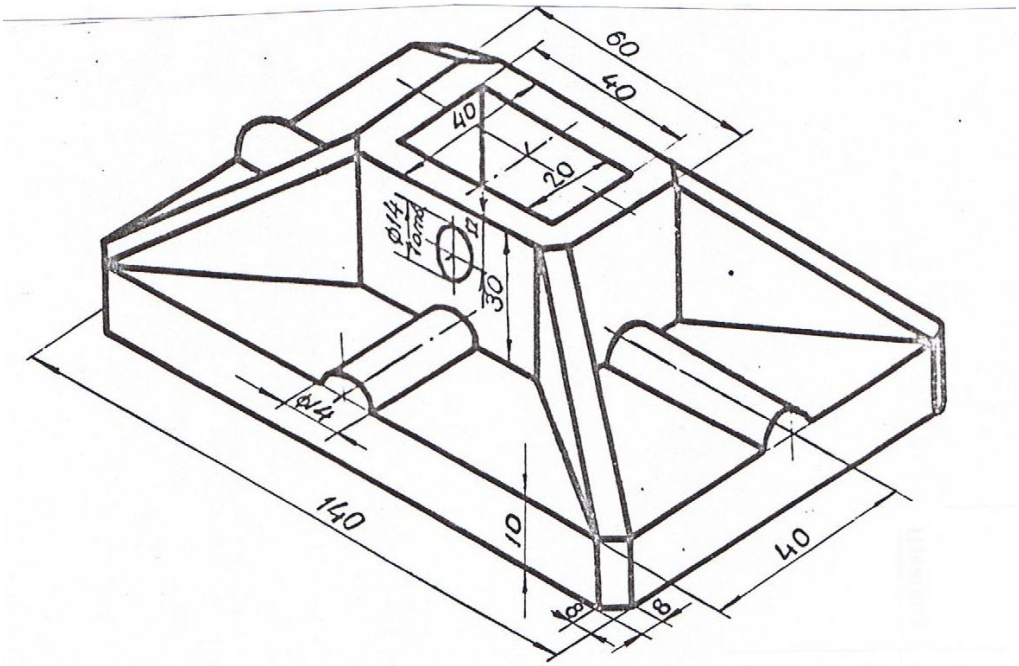
Вариант 5. Вычертить в трех ортогональных проекциях стакан в масштабе 1:1.
Сделать половину фронтального разреза.



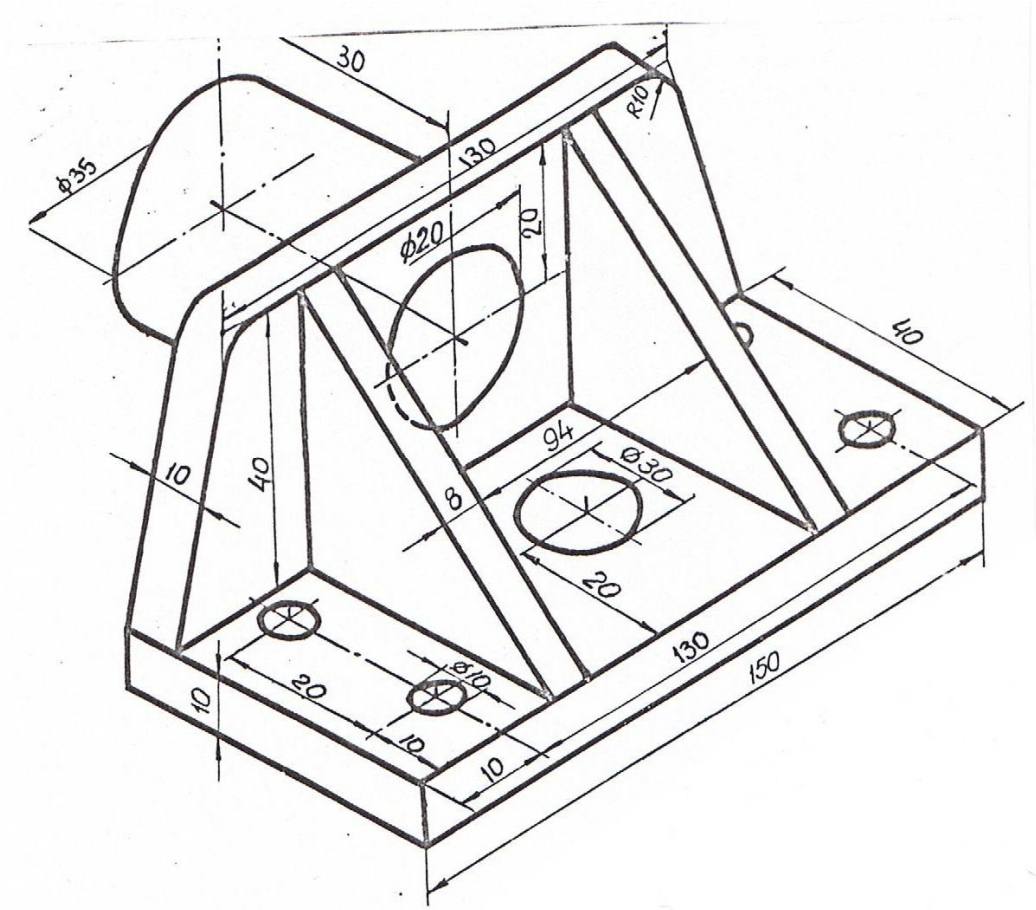
Вариант 6. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.
Примечание. Отверстия ∅20, ∅18 и ∅12 – сквозные.



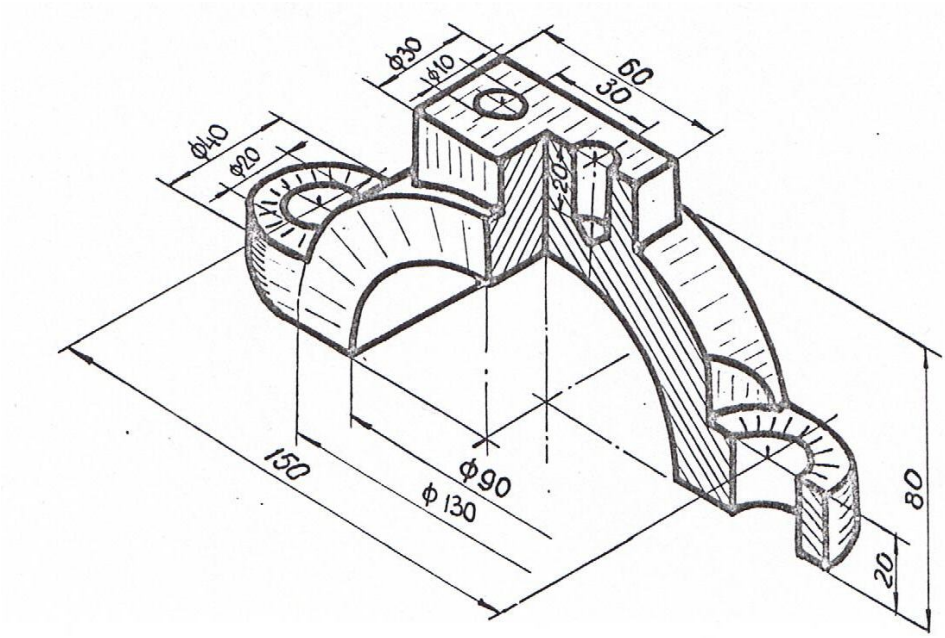
Вариант 7. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1.
Сделать необходимый местный разрез и горизонтальный до оси симметрии.



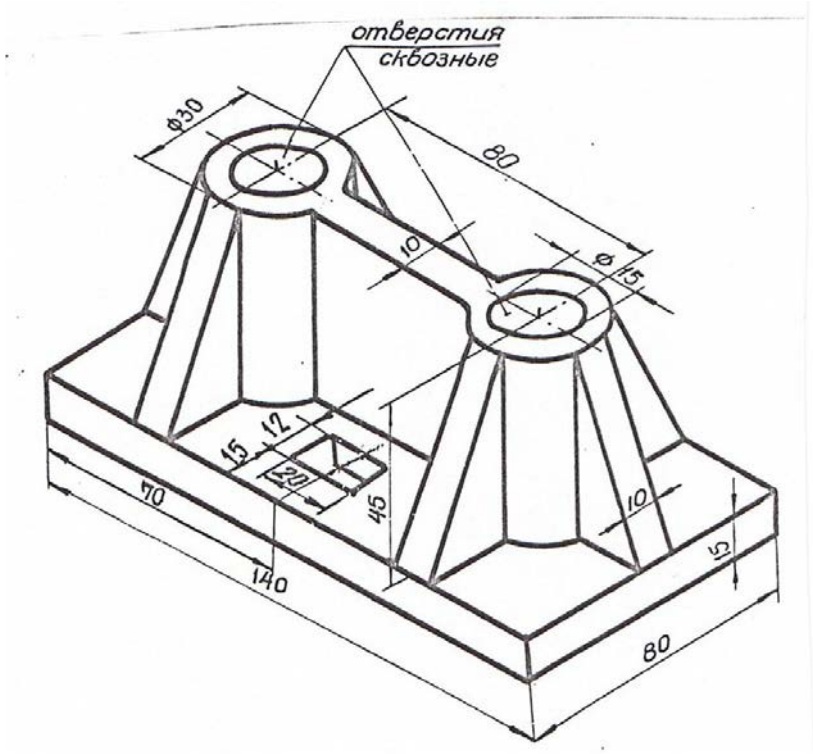
Вариант 8. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



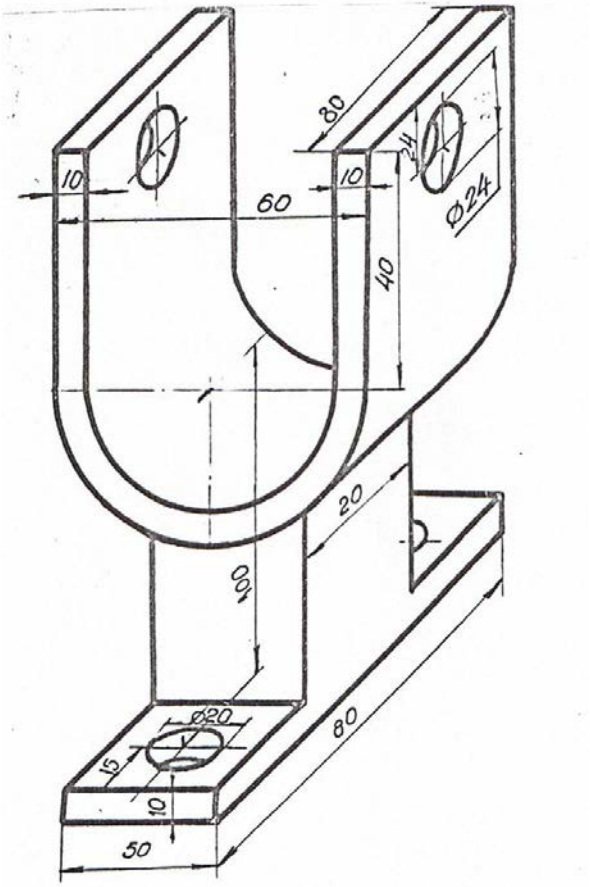
Вариант 9. Вычертить в трех ортогональных проекциях цапфу полую в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



Вариант 10. Вычертить в трех ортогональных проекциях крышку шатуна в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



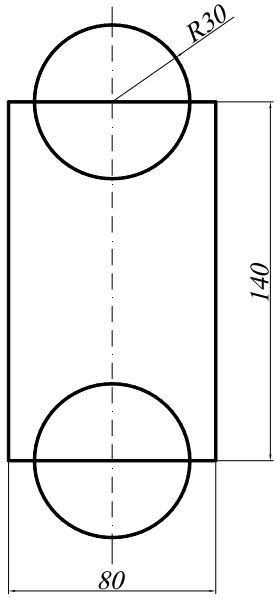
Вариант 11. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



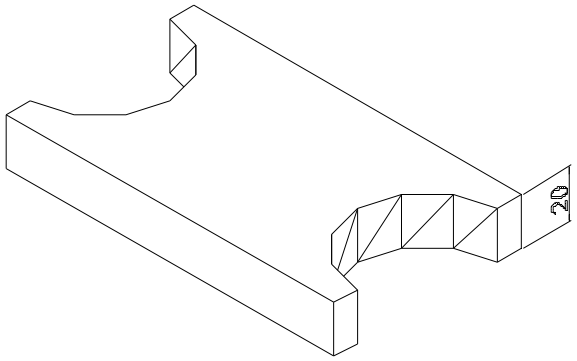
Вариант 12. Вычертить в трех ортогональных проекциях стойку в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.

Приложение 5

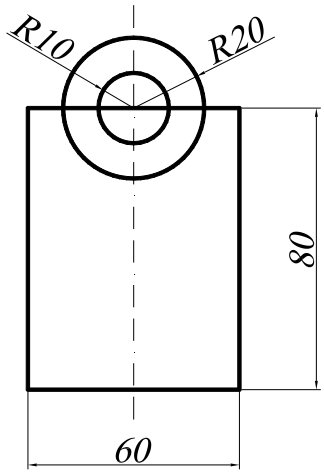
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ



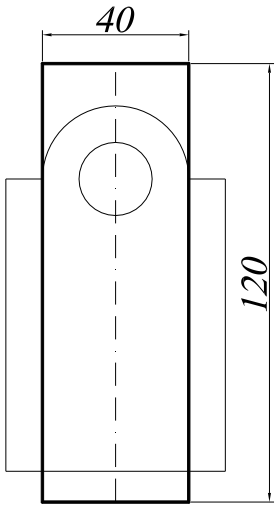
1. Создание области для основания командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



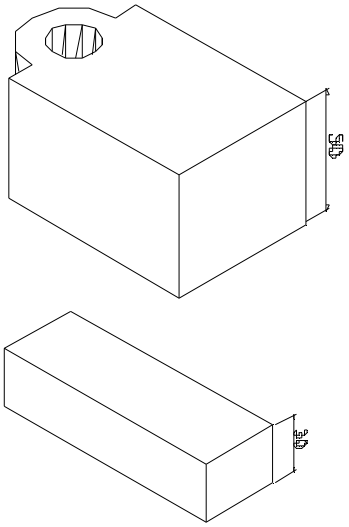
2. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» обе окружности и прямоугольник. Толщина выдавливания 20.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело путем вычитания цилиндров из параллелепипеда.
Командой ***Hide*** (Скрыть) подавляем невидимые линии.



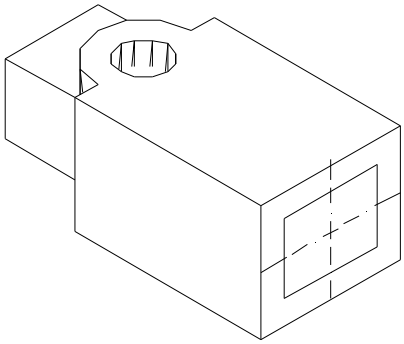
3. Создание области для «башни» командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



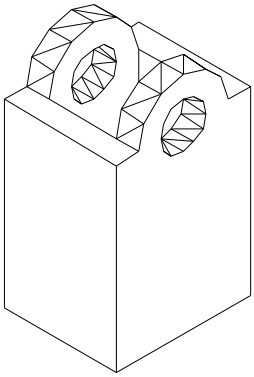
4. Создание области для выреза «башни» командой ***Polyline*** (Полилиния).

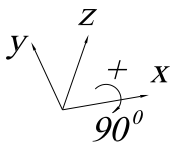


5. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» оба тела. Толщина выдавливания «башни»=50, толщина выдавливания «бруска»=30.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело «башни» путем вычитания цилиндра из построенного тела

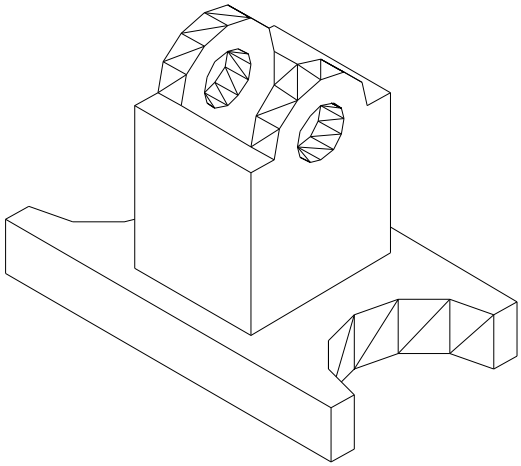


6. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «брусок» и центрируем относительно основания «башни».
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем сквозное отверстие в теле «башни» путем вычитания поверхности «бруска» из тела «башни».





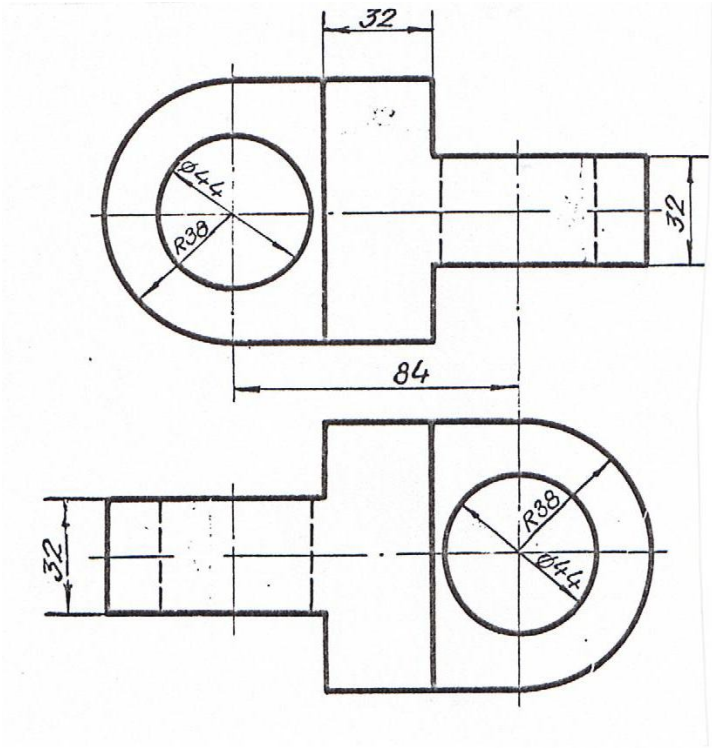
7. Поворачиваем башню относительно оси x на 90^0 (по правилу правой руки), используя команду ***Rotated 3D***, которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редакировать)→ ***3D Operation*** (3М Операции) → ***Rotated 3D*** (3М Поворот).



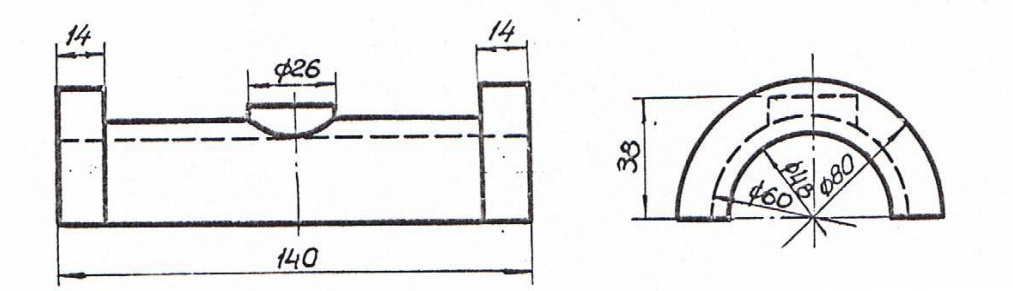
8. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «башню» и центрируем относительно построенного основания.
Командой ***Union*** (объединение) объединяем полученные тела.

Приложение 6

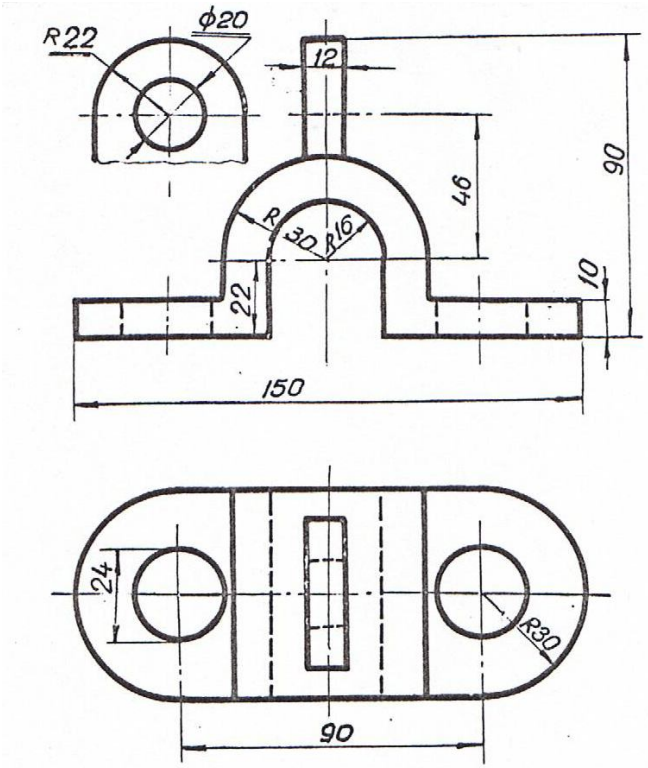
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 4



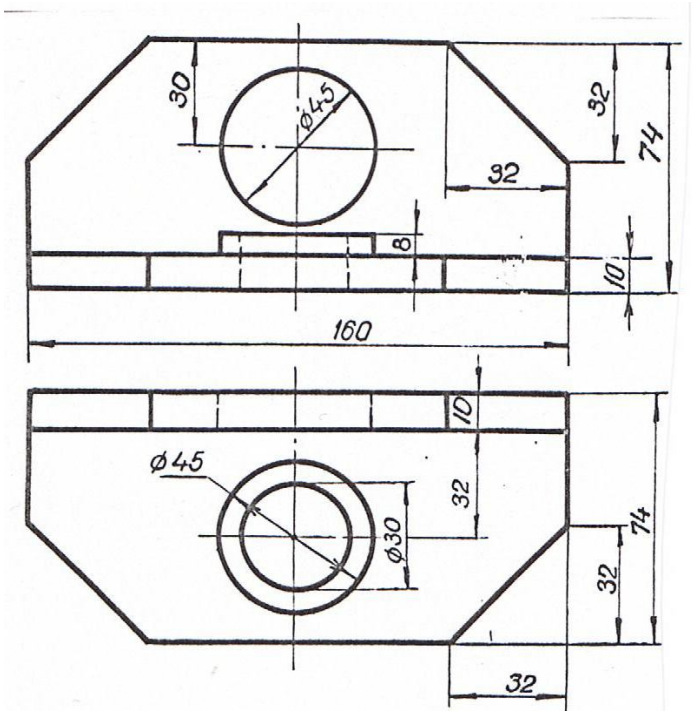
Вариант 1. Вычертить серьгу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



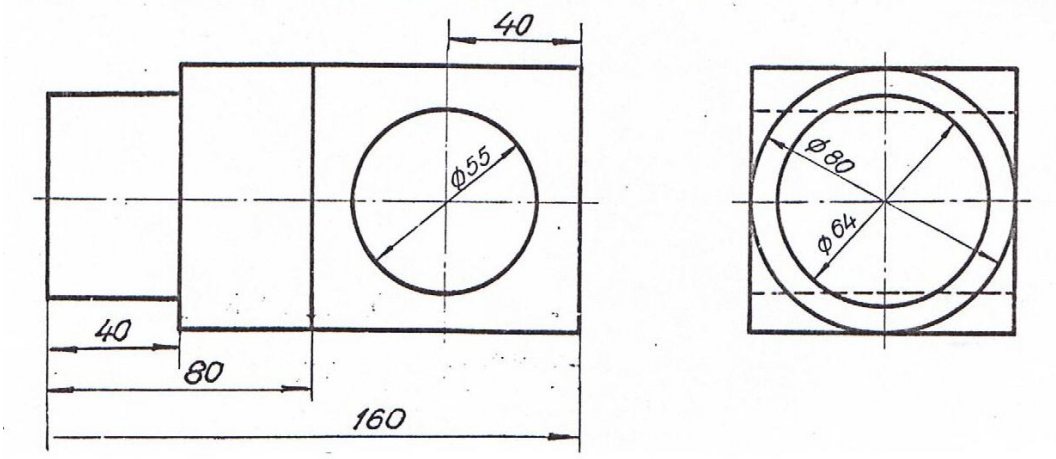
Вариант 2. Вычертить вкладыш подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



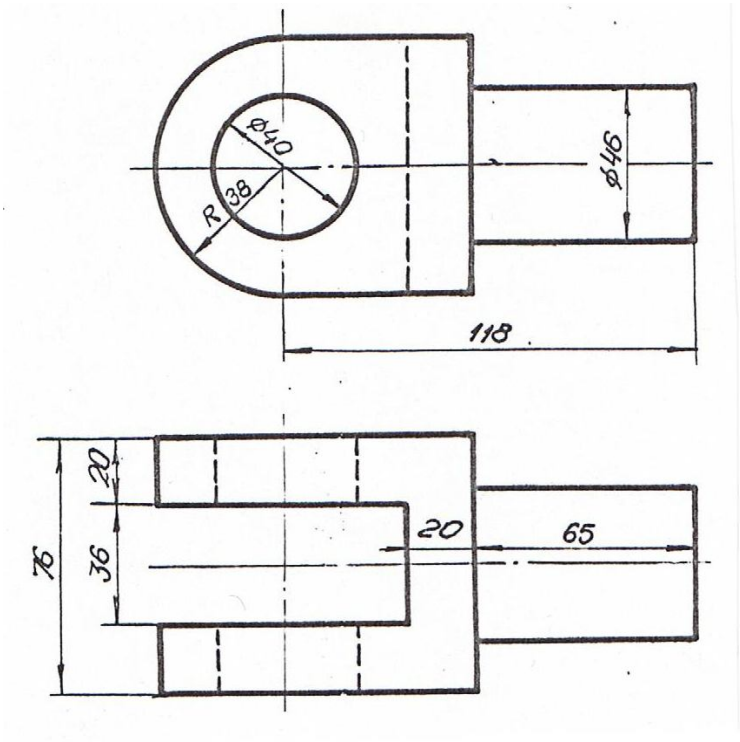
Вариант 3. Вычертить скобу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



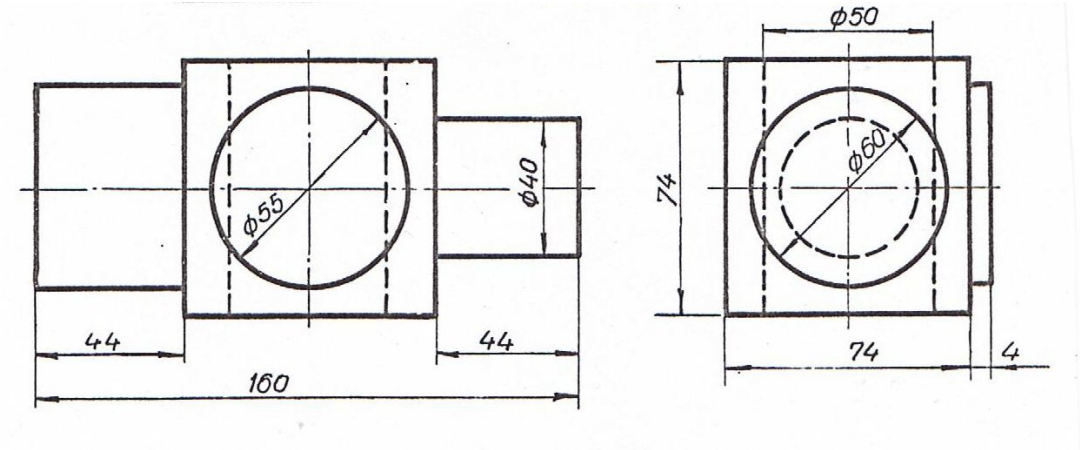
Вариант 4. Вычертить угольник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



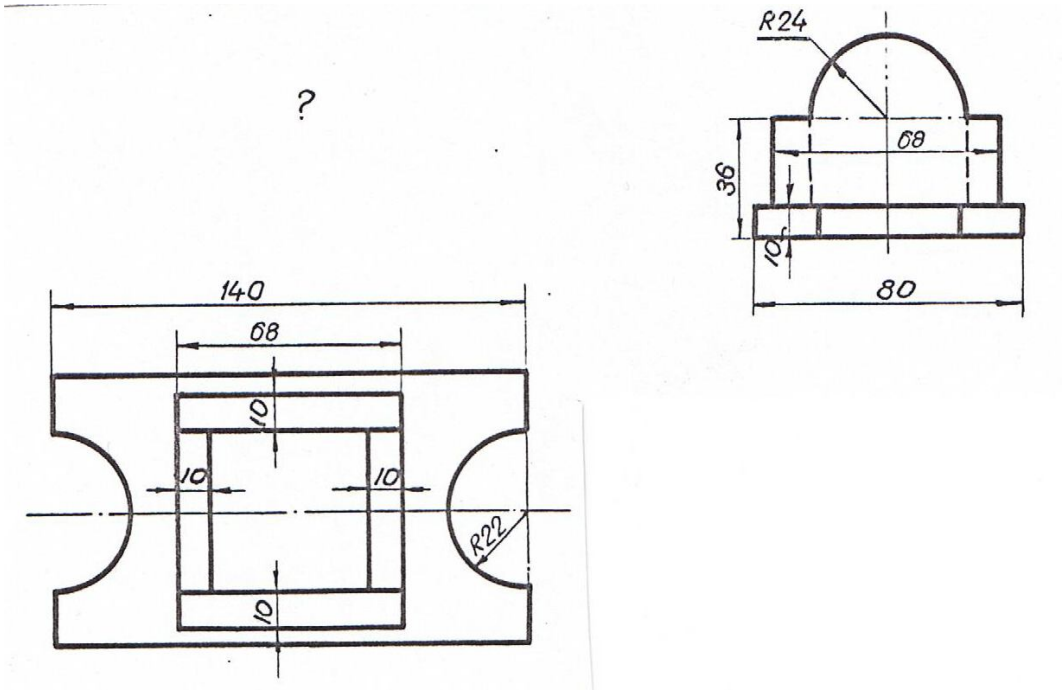
Вариант 5. Вычертить цапфу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



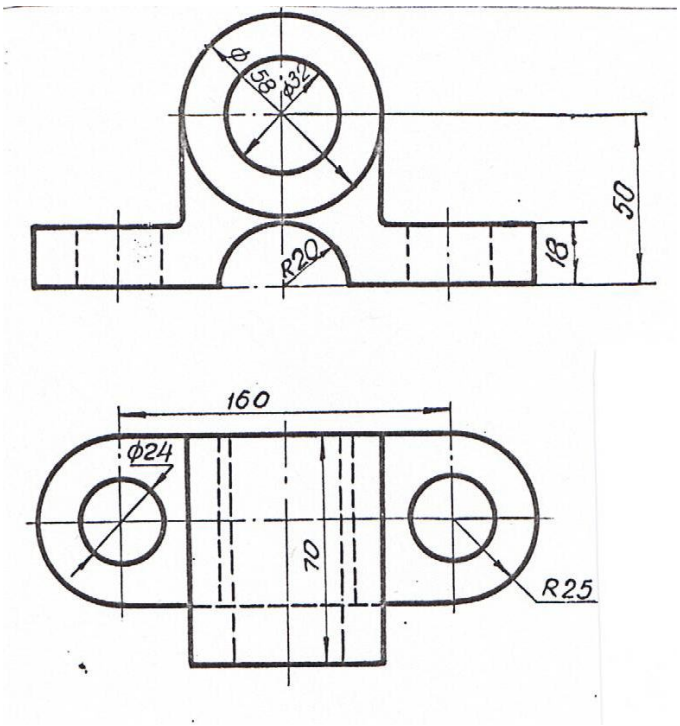
Вариант 6. Вычертить ушко в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



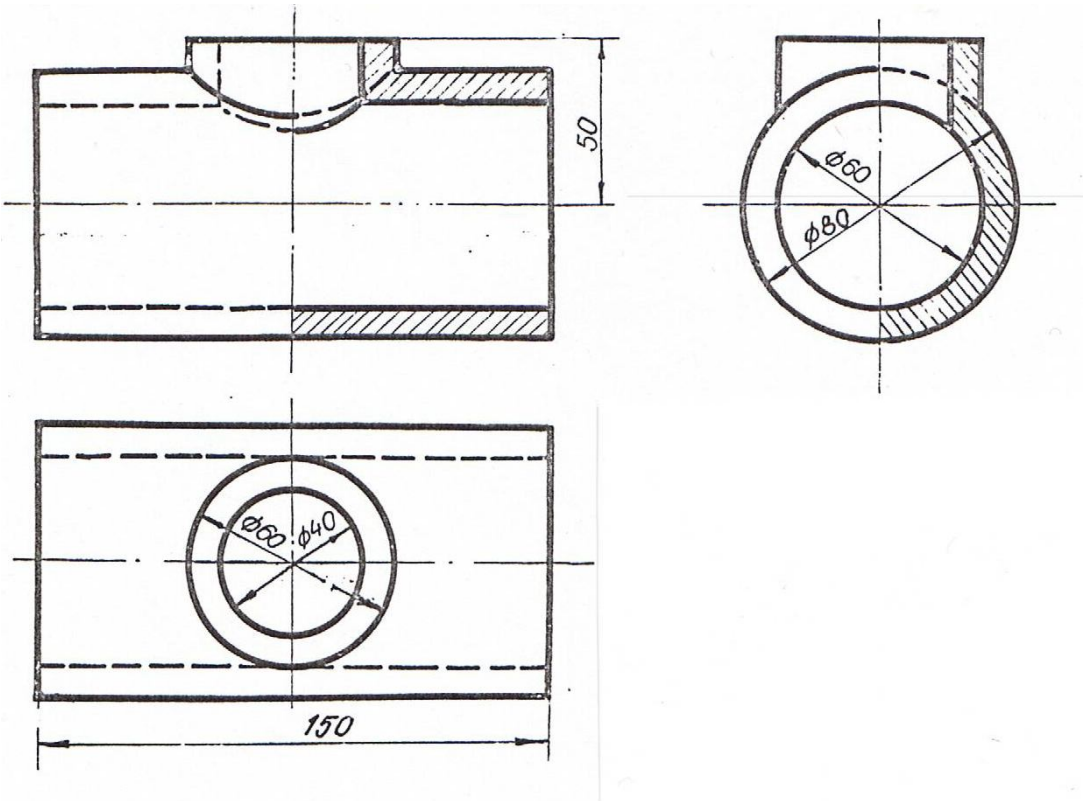
Вариант 7. Вычертить ось в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



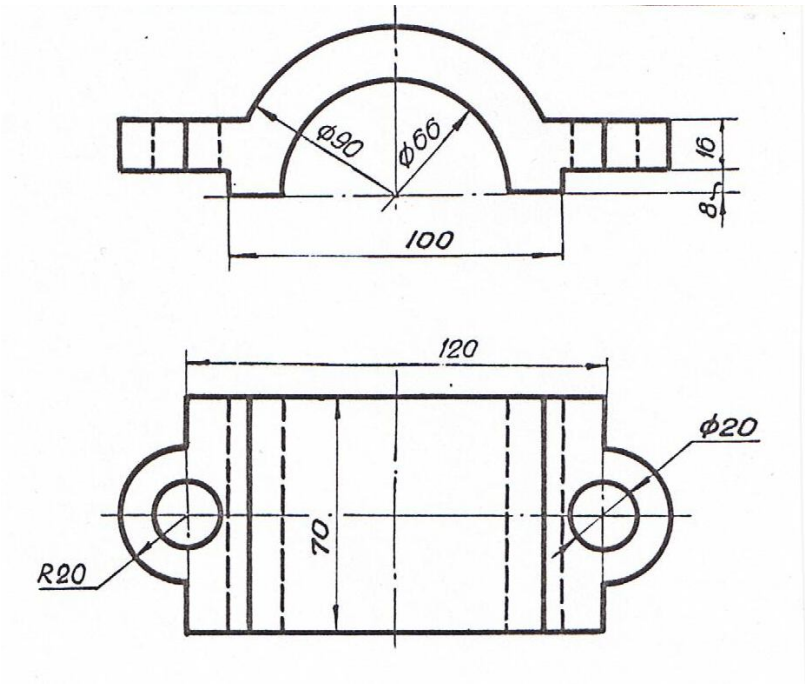
Вариант 8. Вычертить подставку в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



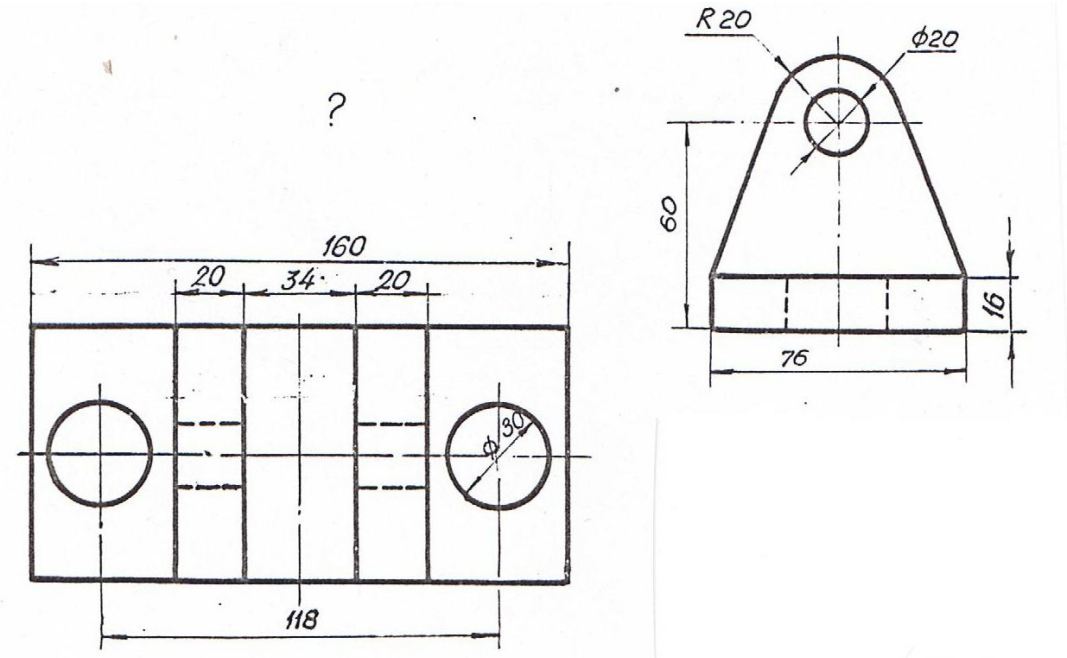
Вариант 9. Вычертить подшипник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 10. Вычертить тройник в изометрии по заданным трем видам в масштабе 1:1.



Вариант 11. Вычертить крышку подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 12. Вычертить опору в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Глава 1. **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**……. 5

1. Множества…….. 5

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 5

1.2. Отображения и преобразования…… 7

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 10

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 11

1.5. Формирование пространства…… 13

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 14

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 21

2. Системы координат…… 22

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 22

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 23

2.3. Цилиндрические координаты…… 23

2.4.Сферические координаты…… 24

Вопросы для самопроверки…….. 24

Глава 2. **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**…… 25

1. Запуск системы *AutoCAD*…… 25

2. Вид рабочего окна *AutoCAD*……. 26

3. Падающее меню……. 26

4. Строка состояния…… 27

5. Ввод команд…… 28

6. Панели инструментов……. 28

7. Стандартная панель инструментов *(Standard Toolbar)*…….. 28
8. Панель инструментов Object Properties *(Свойства объекта)*…. 30
9. Графические примитивы…….…….. 32
10. Ввод координат точки…….…… 33
11. Панель инструментов *Draw* (Рисовать)…… 34
12. Построение геометрических примитивов…….. 34
12.1. Точка……. 35
12.2. Построение линий…… 35
12.2.1. Отрезок……. 35
12.2.2. Прямая и луч…… 37
12.2.3. Полилиния……. 38
12.2.4. Сплайн……... 41
12.3. Построение многоугольников…… 42
12.3.1. Многоугольник…… 42
12.3.2. Прямоугольник……. 43
12.4. Построение окружностей, эллипсов и их дуг…… 45
12.4.1. Окружность…… 45
12.4.2. Эллипс…… 49
12.4.3. Дуга окружности…… 50
13. Текстовые стили…… 52
13.1. Однострочный текст…… 53
13.2. Многострочный текст……. 57
14. Блок…… 58
14.1. Создание блоков……... 58
14.2. Вставка блока…… 59
15. Создание замкнутых объектов…….. 61
16. Штриховка……. 62
17. Панель инструментов *Object Snap* (Объектная привязка)…… 65
18. Панель инструментов *Modify* (Изменить или редактировать) 67
18.1. Удаление и восстановление объектов……. 68
18.2. Копирование объектов……. 69
18.3. Зеркальное отображение объектов…….. 70
18.4. Построение подобных примитивов……. 71
18.5. Размножение объектов массивом…….. 72

18.6. Перемещение объектов…… 76
18.7. Поворот объектов…… 77
18.8. Масштабирование объектов…… 78
18.9. Растягивание объектов……. 79
18.10. Подрезание объектов……. 80
18.11. Удлинение объектов…… 81
18.12. Разбиение объектов на части……. 82
18.13. Вычерчивание фасок…… 83
18.14. Построение сопряжений углов…….. 84
19. Редактирование с помощью маркеров *Grips* («Ручки»)…….. 86
20. Диспетчер свойств объектов……. 89
21. Панель инструментов *Dimension* (Измерение)…… 89
21.1. Линейные размеры…… 90
21.2. Параллельные размеры…… 92
21.3. Базовые размеры…….. 92
21.4. Размерная цепь……. 93
21.5. Радиальные размеры…… 94
21.6. Угловые размеры…… 94
21.7. Координатные размеры……. 95
21.8. Выноски и пояснительные надписи на чертеже…… 95
21.9. Быстрое нанесение размеров…….. 96
21.10. Нанесение меток центра окружности или дуги…….. 97
21.11. Редактирование размерных стилей…… 98
22. Зумирование…….. 101
23. Панорамирование……. 102
Вопросы для самопроверки…….. 102

Глава 3. **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**……. 103

1. Общие сведения…….. 103
2. Задание трехмерных координат…….. 103
3. Задание пользовательской системы координат……. 104
4. Пространство модели и пространство листа……. 107
5. Видовые экраны…… 108

5.1. Создание неперекрывающихся видовых экранов……. 108
6. Установка видов на графическом поле……. 109
6.1. Установка направления взгляда…… 109
6.2. Задание направления взгляда с помощью диалогового окна 111
6.3. Установка плана изображения……... 112
6.4. Установка ортогональных и аксонометрических видов…… 113
6.5. Интерактивное управление точкой взгляда…… 113
6.6. Динамическое вращение трехмерной модели…… 114
7. Моделирование каркасов…… 114
7.1. Трехмерная полилиния…….. 115
7.2. Средства редактирования трехмерной полилинии……. 115
8. Твердотельное моделирование……. 116
9. Стандартные тела…… 117
9.1. Параллелепипед……. 117
9.2. Клин…… 118
9.3. Сфера…… 118
9.4. Конус…….. 119
9.5. Цилиндр……. 120
9.6. Тор…….. 121
10. Тела пользователя……. 122
10.1. Выдавленное тело…… 122
10.2. Тело вращения…… 124
11. Тела, созданные комбинированием нескольких тел……. 125
11.1. Объединение объектов…… 126
11.2. Вычитание объектов…….. 126
11.3. Пересечение объектов…….. 127
12. Общие средства редактирования трехмерных объектов…….. 128
12.1. Поворот вокруг оси……. 128
12.2. Зеркальное отображение относительно плоскости (плоскостная симметрия)……. 129
12.3. Размножение трехмерным массивом…….. 130
12.4. Вычерчивание фасок трехмерных тел…… 131
12.5. Построение сопряжений граней…….. 133
12.6. Построение сечений……. 134

12.7. Построение разрезов…… 134
13. Редактирование граней, ребер тел…… 135
13.1. Режим редактирования граней твердотельного объекта…. 136
13.2. Режим редактирования ребер твердотельного объекта……. 140
13.3. Режим редактирования общих свойств
твердотельного объекта……. 141
14. Пример построения трехмерной модели……. 142
15. Перекрывающиеся видовые экраны. Создание ортогональных проекций……... 144
16. Визуализация трехмерных моделей…… 147
16.1. Удаление невидимых линий…… 148
16.2. Раскрашивание трехмерной модели…….. 148
16.3. Тонирование изображений трехмерных объектов…….. 149
16.4. Включение фона в изображение сцены……. 150
16.5. Настройка освещения……. 151
16.6. Тени…… 152
16.7. Работа с материалами…….. 153
Вопросы для самопроверки…….. 154
Заключение…… 155
Список литературы……. 156
Приложения……. 157
Приложение 1. Пример выполнения рабочего чертежа детали…….. 157
Приложение 2. Задание для выполнения графической работы № 1…….. 158
Приложение 3. Задание для выполнения графической работы № 2…….. 164
Приложение 4. Задание для выполнения графической работы № 3…….. 170
Приложение 5. Пример построения твердотельной модели…… 176
Приложение 6. Задание для выполнения графической работы № 4…….. 178

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и графика автора

Подписано в печать 01.02.06. Формат 60x84-1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,75. Уч.-изд. л. 11,25. Тираж 200 экз. Заказ № .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина
Г.А. Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ

Издание второе, дополненное, исправленное

Екатеринбург – 2015

УДК 514.18
Ш 20

Рецензенты: *Денисов М. А*. профессор, д-р техн. наук кафедры «Инженерная графика» Уральского федерального университета
Савельев Ю. А. канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» Уральского государственного университета путей сообщения.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Шангина Е. И., Шангин Г. А.
Ш 20 Инженерная графика. Задачи и решения. Изд. 2-е дополн., исправл. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 153 с.: ил.

Рассматриваются задачи, которые студенты должны уметь решать в курсе «Инженерная графика». Отличие этого задачника от существующих в том, что для всех задач даны достаточно подробные решения и описаны алгоритмы решения. Уровень задач – от самых простых до комплексных.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Горное дело» и «Прикладная геология», может быть полезно преподавателям и аспирантам, занимающимся вопросами приложений начертательной геометрии и инженерной графики.

УДК 514.18

©Уральская гос. горно-геолог. академия, 2006
© Уральский государственный горный университет, 2015
© Шангина Е. И., 2006
© Шангина Е. И., Шангин Г. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Начертательная геометрия занимается решением пространственных геометрических задач на плоском чертеже. Стереометрические (трёхмерные) объекты обсуждаются в ней с помощью планиметрических (двумерных) изображений этих объектов, проекций. Правила построения таких чертежей очень важны для понимания начертательной геометрии, поскольку они обеспечивают возможность решать пространственные задачи на плоском чертеже (модели). Правила сопоставления оригинала и плоской модели реализуются обратимостью чертежа, а именно данному оригиналу должен соответствовать вполне определённый чертёж, и, наоборот, чертежу соответствует определённый оригинал.

Решая задачу по начертательной геометрии, приходится всё время переводить с языка оригиналов, натуры, языка стереометрии на язык чертежа, изображений язык планиметрии, и наоборот, то есть по изображениям уметь представлять оригинал, а зная что-то об оригинале, понять, как он интерпретируется в изображении. Таким образом, прочитав текст условия задачи, следует уяснить суть стереометрической задачи, задачи о трёхмерных оригиналах, изображённых на этом двумерном чертеже. Затем нужно «увидеть» решение этой пространственной задачи (забыв на время о чертеже), то есть записать (на бумаге или в голове) план её решения (алгоритм). Лишь после этого можно приступать к выполнению чертежа, то есть начинать реализацию этих операций на чертеже.

Количество задач, решаемых способами начертательной геометрии, неизмеримо богаче, чем то, что здесь изложено. Однако данное учебное пособие – это попытка показать некоторые методы, способы и алгоритмы, которые используются начертательной геометрией при решении задач.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за замечания и советы, направленные на улучшение содержания данной книги. Автор также выражает глубокую признательность В. А. Пекличу за предоставленные материалы.

1. ПРЯМАЯ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ. ГРАДУИРОВАНИЕ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

1.1. На заданной прямой $A_{25}B_{80}$ построить точку $C_?$, отстоящую от основной плоскости проекций на ***50*** (по масштабу чертежа). Прямая задана точками ***A(20,15,25)***, ***B(50,70,80)***.

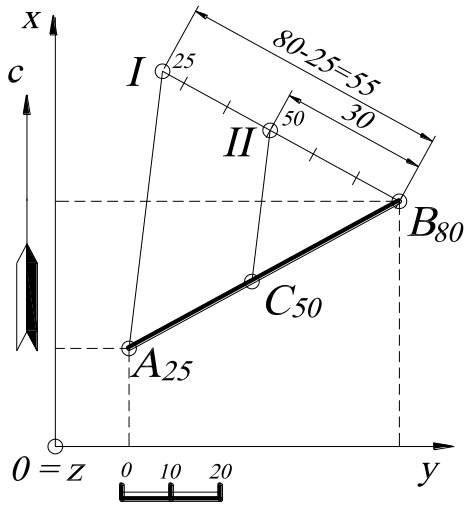


Рис. 1.

Решение (рис. 1). Для нахождения точки $C_?$ необходимо на заданной прямой $A_{25}B_{80}$ найти точку с высотной отметкой ***50***. Для этого градуируют прямую $A_{25}B_{80}$. Через точку B_{80} проводят произвольную прямую $B_{80}I$ – шкалу высотных отметок, на которой откладывают разность высотных отметок A_{25} и B_{80}. Выбрав единичный масштаб ***1ед.=10*** (по масштабу чертежа), получают отрезок $B_{80}I=55$. Затем из точки ***II*** проводят отрезок прямой, параллельный отрезку прямой $A_{25}I$, и получают (на основании подобных треугольников) искомую точку C_{50}.

1.2. Найти натуральную величину отрезка прямой $A_{23}B_{66}$ и угол его наклона σ к основной плоскости проекций ***H***. Прямая задана точками ***A(20,15,23)***, ***B(50,70,80)***.

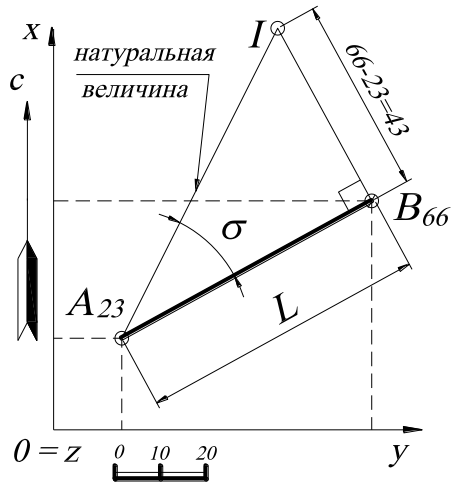


Рис. 2.

Решение (рис. 2). Для определения натуральной величины отрезка прямой общего положения $A_{23}B_{66}$ в данном случае используют метод прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция этого отрезка ***L*** (заложение), а другим катетом – разность координат Δz (числовых отметок) концов отрезка, отстоящих от основ-

ной плоскости проекций ***H***. Гипотенузой такого прямоугольного треугольника является натуральная величина этого отрезка. Поэтому на прямой $B_{66}I$, перпендикулярной $A_{23}B_{66}$, откладывают разницу (в заданном линейном масштабе) координат концов отрезка $\Delta z=43$, гипотенуза $A_{23}I$ – натуральная величина, а угол между гипотенузой и проекцией отрезка прямой – угол наклона к плоскости проекций σ.

1.3. На отрезке прямой $A_{50}B_{10}$ найти точку $C_?$, делящую этот отрезок в отношении: $(AC):(CB)=2:3$. Прямая задана точкой $A(50;30;50)$, азимутом падения $\alpha=120^0$, углом падения $\sigma=30^0$.

Решение (рис. 3). На плане строится точка A_{50}, заданная координатами. Затем находят точку B_{10}, зная азимут падения и угол падения прямой. Заложение отрезка прямой $A_{50}B_{10}$ определяют на профиле. Строят профиль, задав ось x' параллельно проекции отрезка $A_{50}B_{10}$. На линиях проекционной связи откладывают (в масштабе чертежа) от оси x' координаты z (числовые отметки) точек A_{50} и B_{10}.

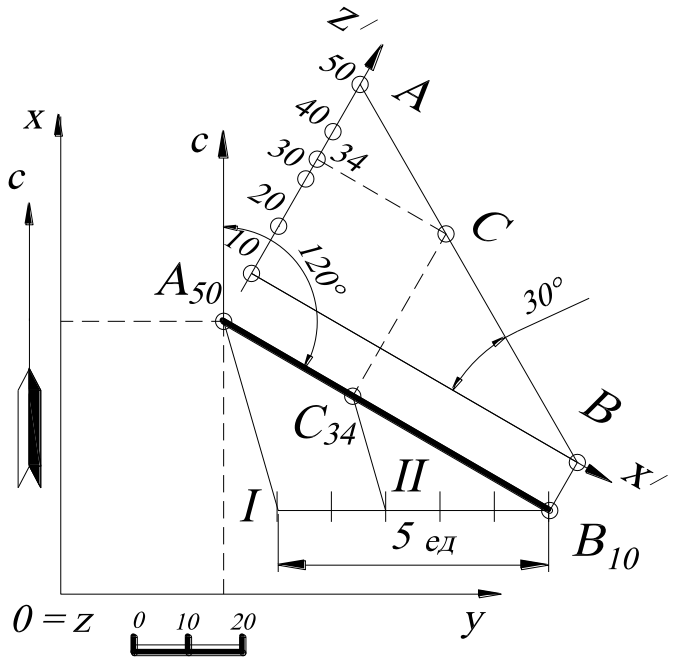


Рис. 3.

Получают профиль прямой $A_{50}B_{10}$. Точка $C_?$ определяется с помощью градуирования (пропорционального деления на заданные части, см. пример ***1.1***). Другими словами, из точки B_{10} (можно и из точки A_{50}) проводят произвольный отрезок $B_{10}I$ длиной ***5ед. =50*** (по масштабу чертежа), который делят в отношении $(I,II):(II,B_{10})=2:3$. Затем проводят отрезок прямой IIC_{34}, параллельный отрезку прямой IA_{50}, и находят точку C_{34}, высотную отметку которой определяют на профиле (также числовую отметку можно определять градуированием на плане).

1.4. Построить отрезок прямой, симметричный отрезку заданной прямой $A_{10}B_{40}$ относительно: а) основной плоскости проекций ***H***, б) оси ***Ox***, в) оси ***Oy***, г) начала координат ***O***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

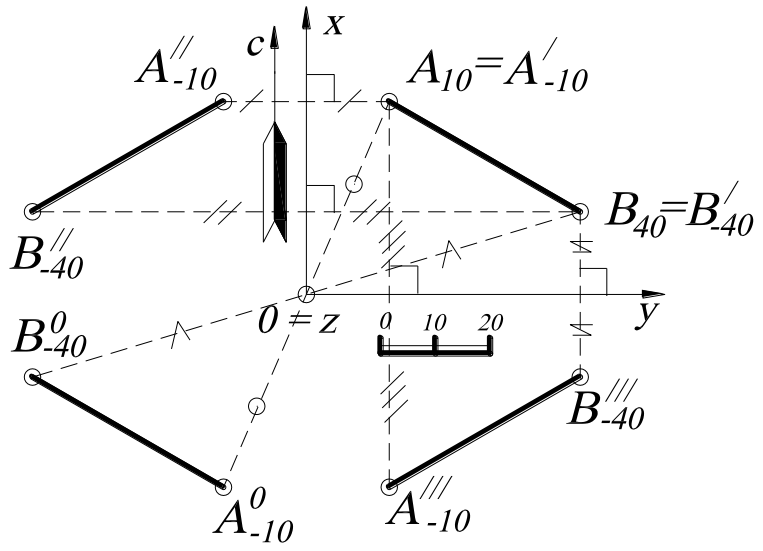


Рис. 4.

Решение (рис. 4). По координатам строят проекцию отрезка прямой $A_{10}B_{40}$. Затем находят образы заданного отрезка: а) относительно основной плоскости проекций ***H*** (плоскостная симметрия) – это проекция отрезка $A'_{-10}B'_{-40}$, совпадающая с проекцией заданного отрезка; б) относительно оси ***Ox*** (осевая симметрия) – из концов отрезка строятся вспомогательные прямые, перпендикулярные оси ***Ox***, на которых откладываются удвоенные отрезки, равные расстоянию от концов отрезка до оси ***Ox*** – это проекция отрезка $A''_{-10}B''_{-40}$; в) симметричный отрезок относительно оси ***Oy*** – $A'''_{-10}B'''_{-40}$ - строится по аналогии с осевой симметрией относительно ***Ox***; г) симметричный отрезок относительно начала отсчёта (центральная симметрия) с помощью вспомогательных прямых, проходящих через начало координат, на которых откладываются отрезки прямых, равные удвоенному расстоянию от концов заданного отрезка до начала координат ***O***. В этом случае получается проекция отрезка $A^0_{-10}B^0_{-10}$. Все полученные образы являются отображением заданного отрезка прямой $A_{10}B_{40}$.

1.5. На отрезке прямой $A_{10}B_{40}$ построить отрезок $A_{10}C_?$ заданной длины ***/AC/=40*** (по масштабу чертежа) и определить отметку точки $C_?$. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

Решение (рис. 5). Строят профиль параллельно заданной проекции прямой $A_{10}B_{40}$. В этом случае прямая $A_{10}B_{40}$ будет проецироваться на плоскость выбранного профиля в натуральную величину. Ось x задают параллельно проекции отрезка $A_{10}B_{40}$. На линиях проекционной связи откладывают (в заданном масштабе) от оси x координаты z (числовые отметки) точек A_{10} и B_{40}. Затем на профиле от точки A_{10} откладывают ***40*** единиц линейного масштаба и получают точку C с числовой отметкой ***33***. На плане точка C_{33} строится с помощью линии проекционной связи.

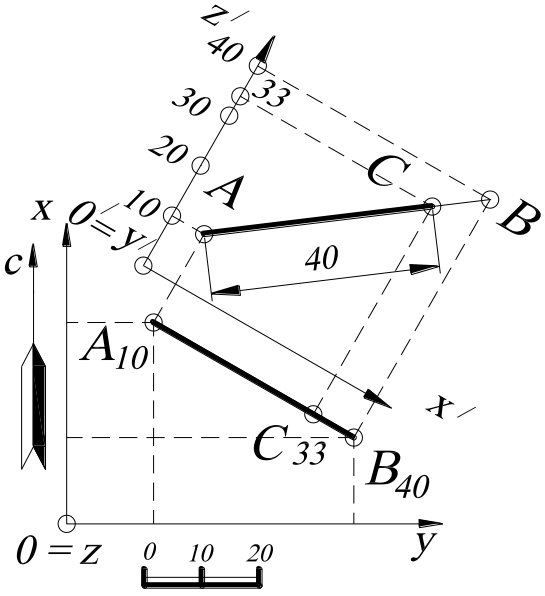


Рис. 5.

1.6. Найти расстояние от точки C_{20} до прямой $A_{40}B_{30}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40,30,40)***, ***B(20,70,30)***, ***C(10,25,20)***.

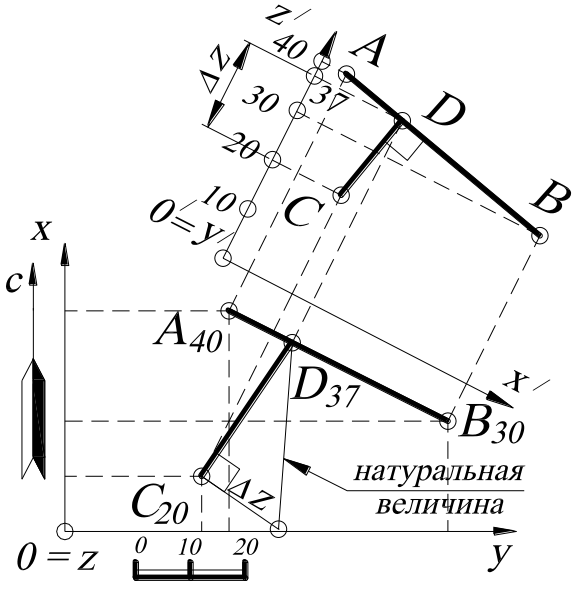


Рис. 6.

Решение (рис. 6). Расстояние от точки до прямой – это перпендикуляр, опущенный из точки C_{20} на прямую $A_{40}B_{30}$. Прямая $A_{40}B_{30}$ – прямая общего положения, следовательно, на плане прямой угол проецируется не в натуральную величину. Прямой угол проецируется без искажения в том случае, если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Поэтому строят профиль, плоскость которого параллельна прямой $A_{40}B_{30}$. На профиле строят прямую ***CD***, перпендикулярную прямой ***AB***. На плане

находят натуральную величину $C_{20}D_{37}$ методом прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция отрезка прямой $C_{20}D_{37}$, другим – разность числовых отметок $\Delta z=17$ (по масштабу чертежа), а гипотенуза – натуральная величина $|CD|$ (см. задачу 1.2).

1.7. Построить прямую $C_{20}D_{?}$, проходящую через точку C_{20} и параллельную прямой $A_{50}B_{10}$, длиной $|CD|=50$ (по масштабу чертежа). Проекции точек заданы следующими координатами: $A(40,25,50)$, $B(10,70,10)$, $C(60,45,20)$.

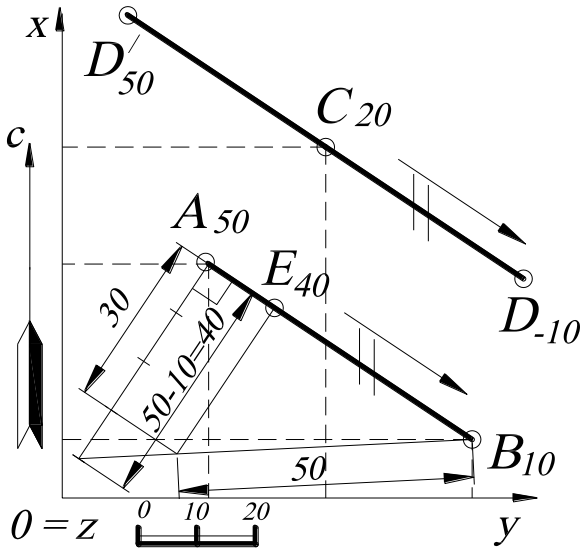


Рис. 7.

Решение (рис. 7). Поскольку проекции параллельных прямых параллельны, азимуты падения равны, заложения (интервалы) равны, то искомая прямая $C_{20}D_{?}$ будет параллельна заданной прямой $A_{50}B_{10}$. Заложение прямой $C_{20}D_{?}$ будет соответствовать заложению прямой $A_{50}B_{10}$, длиной 50. Следовательно, строится натуральная величина прямой $A_{50}B_{10}$ (методом прямоугольного треугольника, в соответствии с масштабом чертежа, 1 *ед.*$=10$). Отложив 50 (по линейному масштабу) от точки B_{10} (можно и от A_{50}) на натуральной величине прямой и перенеся её на проекцию $A_{50}B_{10}$ (используя подобие треугольников), получают точку F_{40}. Заложение прямой $C_{20}D_{?}=B_{10}E_{40}$, а отметка точки $D_{?}$ определяется в соответствии с разницей высотных отметок точек B_{10} и E_{40} ($40-10=30$). Задача имеет два решения, то есть две прямые – $C_{20}D'_{50}$ и $C_{20}D_{-10}$.

1.8. Построить проекции ромба $ABCD$, диагональ которого $|BD|=50$ (по масштабу) и лежит на прямой $M_{30}N_{30}$. Проекции точек заданы следующими координатами: $A(35,60,50)$, $M(40,20,30)$, $N(10,80,30)$.

Решение (рис. 8). Решение задачи основывается на свойстве ромба, что диагонали ромба взаимно перпендикулярны и в точке их пересечения делятся пополам. Поскольку $M_{30}N_{30}$ является горизонтальной прямой, то из точки A_{50} строится прямая, перпендикулярная прямой $M_{30}N_{30}$ (на основании теоремы о проецировании прямого угла), на которой откладывают удвоенное расстояние $A_{50}O_{30}$ (где O_{30} – точка пересечения осей ромба) и определяют проекцию точки C_{10} и её числовую отметку (см. задачу 1.4. – осевая симметрия). Затем от точки O_{30} (по разные стороны) на отрезке прямой $M_{30}N_{30}$ откладывают по ***25*** (в соответствии с масштабом чертежа), получая диагональ ромба $B_{30}D_{30}$. Точки A_{50}, B_{30}, C_{10} и D_{30} определяют вершины искомого ромба.

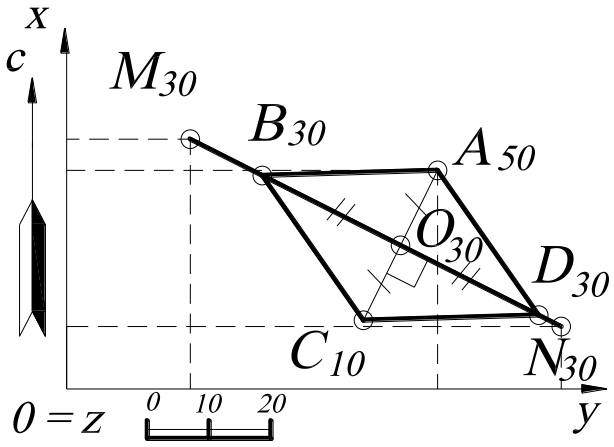


Рис. 8.

1.9. Отрезок прямой $A_{50}B_?$ имеет уклон ***i=1:2***. Определить числовую отметку точки $B_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(15,17,50)***, ***B(50,65,?)***.

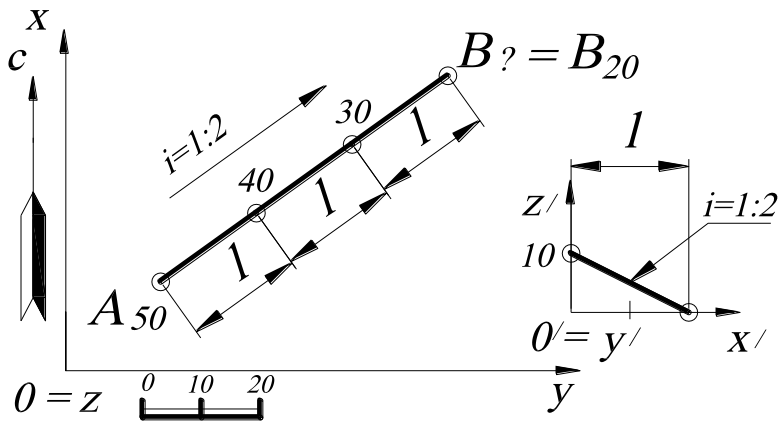


Рис. 9.

Решение (рис. 9). ***Уклон прямой*** – это отношение единичного отрезка к интервалу прямой или, другими словами, отношение противолежащего катета к прилежащему. Единичный отрезок определяется по линейному масштабу, тогда интервал в два раза больше единичного отрезка. Направление уклона указывает в сторону уменьшения числовых отметок, то есть точка ***B*** имеет отметку ***20***.

1.10. Построить проекции квадрата ***ABCD***, диагональ которого принадлежит отрезку прямой $M_{10}N_{50}$, и дана проекция вершины A_{20}.

Решение (рис. 10). Диагонали квадрата равны, взаимно перпендикулярны и в точке их пересечения делятся пополам. Поскольку прямая $M_{50}N_{10}$ – прямая общего положения, то для задания проекции направления диагонали строят профиль и определяют точку O_{32} и точку C_{44} (см. задачу 1.6). Для нахождения натуральной величины половины диагонали квадрата $O_{32}A_{20}$ используют метод прямоугольного треугольника (см. задачу 1.2). На профиле откладывают натуральную величину полученной диагонали ***BD=26*** (по масштабу чертежа) и определяют отметки точек B_{20} и D_{44}, а затем в проекционной связи получают их на плане.

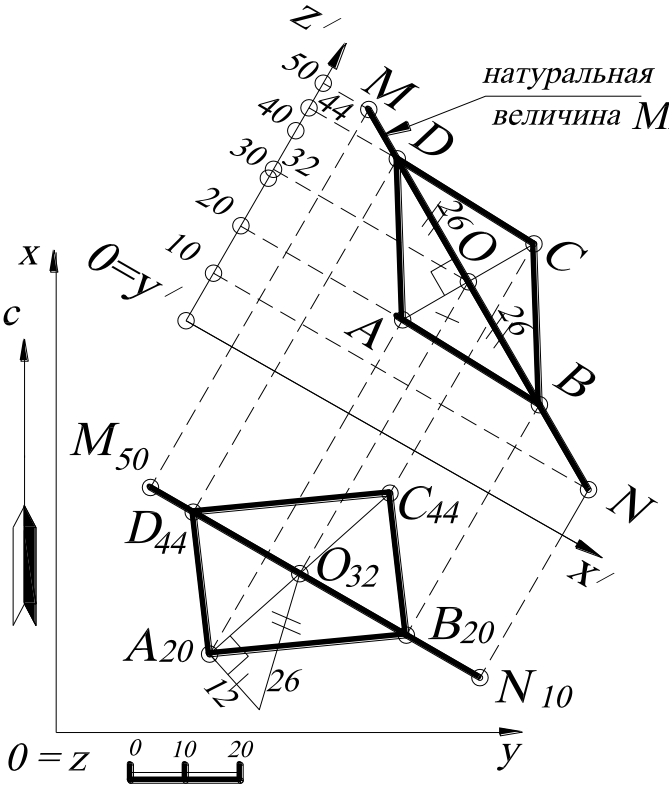


Рис. 10.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1.1. Разделить отрезок прямой общего положения $A_{10}B_{60}$ точкой $C_?$ в отношении $(A_{10}\ C_?):(C_?B_{60})=3:4$. Найти числовую отметку точки $C_?$. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 10)***; ***B(45, 65, 60)***.

1.2. Построить прямую, проходящую через заданную точку ***A(20, 20, 10)*** и пересекающую ось ***z*** под углом 30^0, длиной ***50 мм***.

1.3. Дана прямая ***a***, заданная отрезком $C_{60}B_?$, где $B_?$ – точка пересечения с осью ***Oz***. Определить числовую отметку точки $B_?$ и указать возможное количество

решений. Интервал прямой ***a*** равен *а)* ***10 мм***; *б)* ***20 мм***. Координаты точки ***C(45***, ***60***, ***60)***.

1.4. Построить прямую $A_{60}B_{?}$, пересекающую основную плоскость проекций ***xOy*** в точке $B_{?}$, азимут падения которой $\alpha=120^0$, угол падения $\sigma=30^0$. Найти натуральную величину этой прямой. Координаты точки ***A(40, 15, 60)***.

1.5. Найти точку пересечения $C_{?}$ прямой $A_{10}B_{50}$ с вертикальной плоскостью, проходящей через *а)* ось ***Ox*** (плоскость ***zOx***); *б)* ось ***Oy*** (плоскость ***zOy***). Проекции точек заданы координатами: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(10***, ***60***, ***50)***.

1.6. Через данную точку C_{60} провести прямую так, чтобы она пересекала заданную прямую $A_{10}B_{50}$ и была параллельна вертикальной плоскости, проходящей через *а)* ось ***Ox*** (плоскость ***zOx***); *б)* ось ***Oy*** (плоскость ***zOy***). Проекции точек заданы координатами: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(10***, ***80***, ***50)***, ***C (45***, ***60***, ***60)***.

1.7. Построить прямую, проходящую через точку ***A(60***, ***65***, ***40)*** и пересекающую ось ***Oy*** под углом 30^0.

1.8. Через данную точку C_{33} провести прямую $C_{33}D_{?}$, пересекающую заданную прямую $A_{10}B_{60}$ и параллельную основной плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 10)***; ***B(45, 65, 60)***, ***C(70, 30, 33)***.

1.9. Определить относительное положение двух прямых ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***20***, ***20)***, ***B(80***, ***90***, ***70)***, ***C(30***, ***70***, ***50)***, ***D(70***, ***10***, ***0)***. Определить натуральную величину $C_{50}D_{0}$.

1.10. Построить проекцию отрезка прямой $A_{?}D_{10}$, на которой лежат точки $B_{?}$ и C_{50}. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***20***, ***?)***, ***B(40***, ***55***, ***?)***, ***C(60***, ***?***, ***50)***, ***D(?***, ***115***, ***10)***. Определить натуральную величину $A_{?}D_{10}$.

1.11. Найти недостающие координаты точек прямой ***AB***, если известно, что точка ***C*** – след отрезка прямой ***AB*** с плоскостью проекций ***xOy*** (то есть точка пересечения прямой с плоскостью проекций ***xOy***). Определить натуральную величину прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***?***, ***?)***, ***B(65***, ***65***, ***50)***, ***C(50***, ***35***, ***?)***.

1.12. Через точку $M_?$, принадлежащую прямой ***AB***, построить горизонтальную прямую линию, которая пересекает две заданные параллельные прямые ***AB*** и ***CD*** на высоте ***55 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***15***, ***10)***, ***B(60***, ***65***, ***70)***, ***C(20***, ***15***, ***40)***.

1.13. Найти расстояние от точки C_{50} до прямой $A_{10}B_{70}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***15***, ***10)***, ***B(60***, ***65***, ***70)***, ***C(20***, ***35***, ***50)***.

1.14. Найти расстояние от точки M_0 до *а)* прямой ***AB***, *б)* прямой ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***M(40, 50, 0)***, ***A(50, 0, 50)***, ***B(10, 0, 10)***, ***C(0, 20, 20)***, ***D(0, 70, 70)***.

1.15. Через точку $M_?$, принадлежащую прямой ***AB***, построить горизонтальную прямую линию, которая пересекает две заданные пересекающиеся прямые ***AB*** и ***BC*** на высоте ***55 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60***, ***65***, ***70)***, ***B(20***, ***15***, ***40)***, ***C(50***, ***90***, ***80)***.

1.16. Построить высоту ***CD*** треугольника $A_{10}B_{70}C_{50}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***15***, ***10)***, ***B(60***, ***65***, ***70)***, ***C(10***, ***40***, ***50)***.

1.17. Построить проекции параллелограмма, диагональю которого является отрезок $A_{40}C_{10}$, а вершина – точка B_{50}. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***15***, ***40)***, ***C(50***, ***90***, ***10)***, ***B(10***, ***75***, ***50)***.

1.18. Построить проекции ромба ***ABCD***, диагональю которого является отрезок $A_{60}C_{10}$, а вершина – точка $D_?$ принадлежит отрезку прямой $F_{50}E_0$. Проекции точек заданы координатами: ***A(50***, ***15***, ***60)***, ***C(80***, ***90***, ***10)***, ***F(35***, ***30***, ***50)***, ***E(30***, ***100***, ***0)***.

1.19. Построить треугольник, симметричный заданному треугольнику $A_{20}B_{40}C_{60}$, относительно *а)* стороны $A_{20}B_{40}$; *б)* стороны $B_{40}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(60***, ***30***, ***20)***, ***B(30***, ***80***, ***40)***, ***C(20***, ***40***, ***60)***.

1.20. Найти натуральную величину треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(30***, ***30***, ***10)***, ***B(10***, ***100***, ***30)***, ***C(80***, ***50***, ***60)***.

1.21. Достроить проекцию плоского четырёхугольника ***ABCD***, если известны координаты точек: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(15***, ***10***, ***30)***, ***C (10***, ***60***, ***50)***, ***D(60***, ***?***, ***30)***.

1.22. Найти линию пересечения плоскости треугольника $A_{10}B_{50}C_{60}$ с вертикальной плоскостью, проходящей через ось ***Ox***. Проекции точек заданы координатами: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(10***, ***60***, ***50)***, ***C (45***, ***60***, ***60)***.

1.23. Построить на отрезке прямой ***AB*** отрезок прямой ***AE***, равный отрезку прямой ***CD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 20, 20)***, ***B(50, 60, 70)***, ***C(30, 70, 30)***, ***D(40, 90, 10)***.

1.24. Построить квадрат ***ABCD*** по его диагонали ***AC***, если известно, что вторая его диагональ ***BD*** параллельна плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы следующими координатами ***A(30, 50, 50)***, ***C(60, 90, 10)***.

1.25. Построить точку $D_?$, симметричную точке C_{20} относительно прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 30, 40)***; ***B(20, 70, 30)***; ***C(10, 25, 20)***. Определить расстояние от точки $D_?$ до прямой ***AB***.

1.26. Построить параллелограмм $ABC'D'$, симметричный параллелограмму ***ABCD*** относительно стороны ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(75, 25, 50)***, ***B(40, 75, 20)***, ***C(0, 65, 40)***, ***D(?, ?, ?)***.

1.27. Построить проекции прямоугольного треугольника ***ABC***, один катет ***AB*** которого известен, а вершина ***C*** лежит на прямой ***DE***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(80, 50, 50)***, ***D(20, 25, 10)***, ***E(70, 80, 50)***.

1.28. Построить прямоугольник ***ABCD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40, 30, 50)***, ***B(20, 60, 20)***, ***C(30, 90, ?)***.

1.29. Найти кратчайшее расстояние от точки ***A*** до точки ***B*** с пересечением плоскости проекций ***xOy*** в точке $C_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(20, 70, 30)***.

1.30. Найти кратчайшее расстояние от точки ***A*** до точки ***B*** с пересечением сначала плоскости проекций ***xOy*** в точке $C_?$, а затем плоскости проекций ***xOz*** в точке $D_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(20, 70, 30)***.

2. ПЛОСКОСТЬ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

2.1. Определить элементы залегания плоскости, заданной тремя неколлинейными точками A_3, B_2, C_0. Построить разрез в крест простирания, то есть вертикальная плоскость разреза должна проходить перпендикулярно горизонталям заданной плоскости (рис. 11).

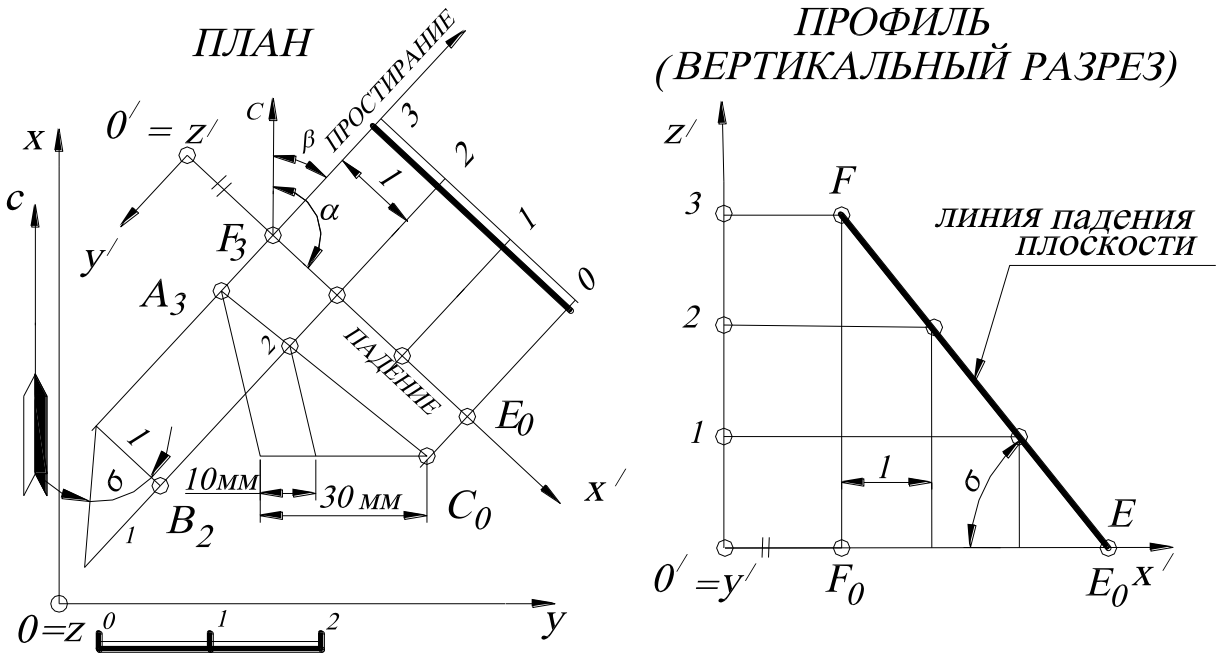


Рис. 11.

Алгоритм решения.

1. В заданной плоскости ($A_3B_2C_0$) на плане строят горизонталь ***2-2***. Для этого необходимо проградуировать проекцию отрезка прямой A_3C_0 (см. задачу 1.1). Горизонталь с соседней целочисленной отметкой (***3-3***) будет параллельна горизонтали ***2-2***. Кратчайшее расстояние между горизонталями ***2-2*** и ***3-3*** является интервалом заданной плоскости ***l***. Перпендикулярно к проекциям горизонталей задают масштаб заложения.

2. Находят линию падения плоскости (линию наибольшего ската, являющуюся масштабом заложения), проекция которой перпендикулярна горизонталям плоскости.

3. Определяют азимуты падения и простирания. ***Азимут падения плоскости*** α – это угол, отсчитываемый по часовой стрелке (иногда говорят «правый угол») от северного направления меридиана до направления падения плоскости. ***Направление простирания*** определяется правым направлением горизонталей, если смотреть в сторону восстания плоскости. ***Азимут простирания*** β - это угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по часовой стрелке до направления простирания. Причём угол между азимутом падения и азимутом простирания всегда равен 90^0.

4. Находят угол падения плоскости на разрезе вкрест простирания. ***Угол падения*** δ - это угол наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций ***H*** (основной плоскости проекций). Определяется углом наклона линии падения и её проекцией на плоскость проекций. Зная интервал и единицу линейного масштаба, на профиле определяют угол падения σ (можно определять на плане (см. рис.11), такое изображение называется наложенным сечением).

2.2. Через точку C_{50} провести в плоскости треугольника $A_0B_{80}C_{50}$ прямую ***n***, уклон которой вдвое меньше уклона плоскости.

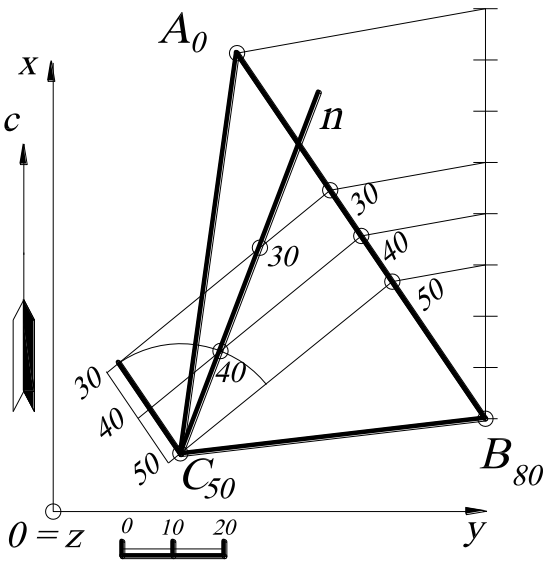


Рис. 12.

Решение (рис. 12). Строят горизонтали плоскости (см. задачу 2.1) $A_0B_{80}C_{50}$ с целыми отметками. Расстояние между проекциями соседних горизонталей – это интервал масштаба заложения плоскости. Строят окружность в точке C_{50} радиусом, равным удвоенному интервалу плоскости. Эта окружность изображает

основание конуса вращения с вершиной в точке C_{50}, высота которого равна ***10*** (в масштабе чертежа), то есть расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***40***. Уклон всех образующих конуса вдвое меньше уклона заданной плоскости, а две образующие, по которым конус пересекается с плоскостью $A_0B_{80}C_{50}$, – это две искомые прямые. Они проходят через точки пересечения окружности основания с ***40***-й горизонталью плоскости $A_0B_{80}C_{50}$ (показана одна параллель конуса).

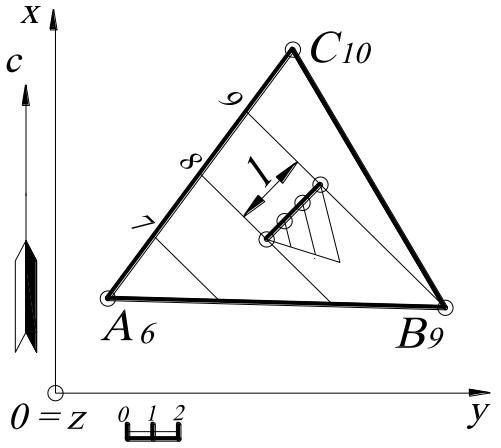


Рис. 13.

2.3. Плоскость $A_6B_9C_{10}$ имеет уклон ***i=1:3***. Определить масштаб чертежа.

Решение (рис. 13). Строят горизонтали плоскости и, разделив интервал между ними на три равные части (уклон плоскости равен ***1:3***), получают единицу масштаба. Деление производят следующим образом: строят вспомогательную прямую, на которой откладывают три равных отрезка и с помощью подобных треугольников находят три равных отрезка на интервале плоскости. Масштаб чертежа показан на рис.13.

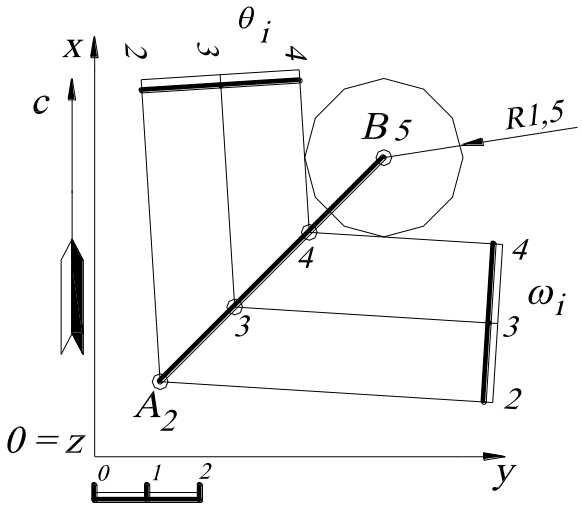


Рис. 14.

2.4. Через прямую A_2B_5 общего положения провести плоскость ω_i с уклоном ***i =1:1,5*** (рис. 14).

Решение. Градуируют прямую A_2B_5. Строят конус вращения с вершиной в точке B_5, вертикальной осью и окружностью основания, радиус которой равен ***1,5*** единицы линейного масштаба и которая расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***4*** (на ***1*** ниже точки B_5). Уклон любой образующей

конуса и уклон любой его касательной плоскости ***i=1:1,5***. Поэтому две искомые плоскости ω_i и θ_i - это две касательные плоскости к конусу, проходящие через прямую A_2B_5.

2.5. Через точку E_5 провести плоскость P_i, параллельную прямым $A_{15}B_{10}$ и C_6D_3.

Решение (рис. 15). Градуируют прямые $A_{15}B_{10}$ и C_6D_3 (см. задачу 1.1) и через точку E_5 проводят прямые $m \,||\, A_{15}B_{10}$ и $n \,||\, C_6D_3$. Эти прямые задают искомую плоскость P_i.

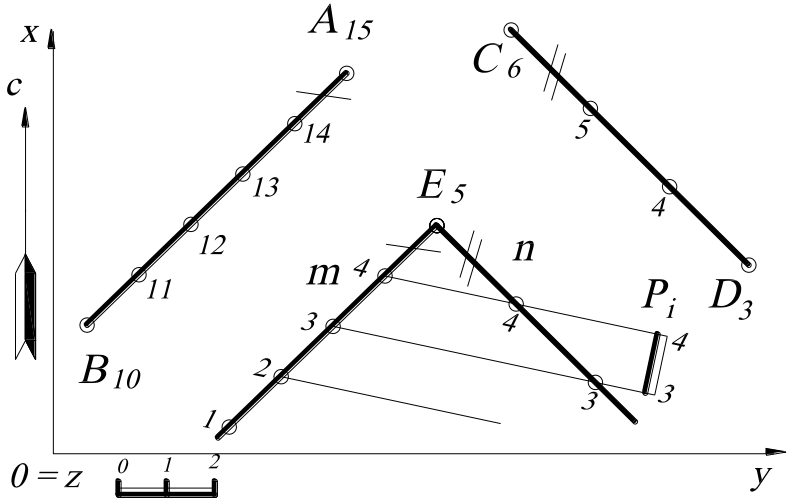


Рис. 15.

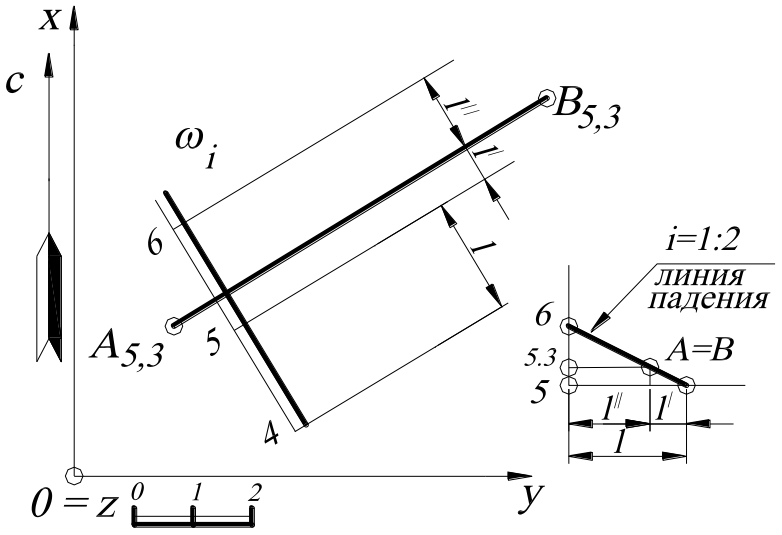


Рис. 16.

2.6. Через проекцию отрезка горизонтальной прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ провести плоскость ω_i с уклоном ***i =1:2*** (рис. 16).

Решение. Проекция прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ является проекцией горизонтали плоскости ω_i с отметкой ***5,3 – 5,3***, так как по условию задачи через неё проходит плоскость. Следовательно, перпендикулярно прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ проводят масштаб заложения и градуируют его, зная интервал

l=1:i=2 единицы масштаба. Для этого строят профиль, на котором определяют расстояния l' и l'' от горизонтали с числовой отметкой ***5,3*** (то есть прямой $A_{5,3}B_{5,3}$) до ближайших горизонталей с целочисленными значениями ***5*** и ***6***. Масштаб заложения определяет искомую плоскость ω_i. Задача имеет два решения, так как вторая плоскость будет иметь противоположное направление падения.

2.7. Найти точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью ω, заданной масштабом заложения ω_i (рис. 17).

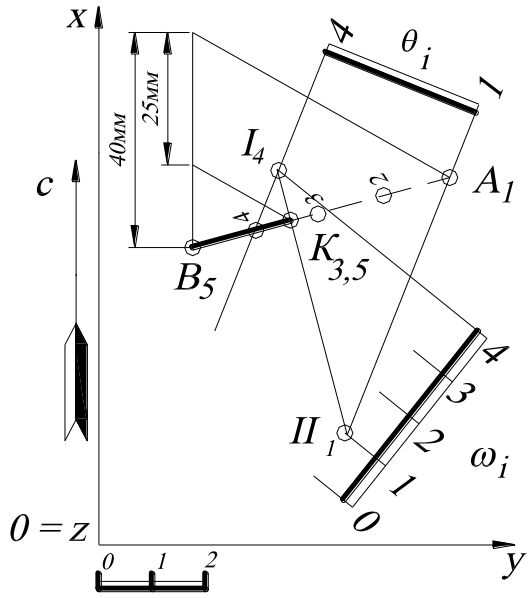


Рис. 17.

Решение. Через заданную прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (на чертеже эта плоскость задана двумя горизонталями h_1 и h_4; см. признак принадлежности прямой к плоскости). Определяют пересечение посредника θ с заданной плоскостью ω – пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками. Таким образом, находят точки ***I*** и ***II***. Точки ***I*** и ***II*** определяют линию пересечения плоскости-посредника θ и заданной ω. Точка пересечения найденной прямой линии ***I***, ***II*** с прямой A_1B_5 даёт искомую точку ***K***.

Для нахождения высотной отметки точки ***K*** используют градуирование прямой A_1B_5. Из точки B_5 проводят прямую под произвольным углом. На этой прямой откладывают разность высотных отметок ***A*** и ***B***, которая равна ***4 ед.*** (***1ед.=10 мм***). Затем через подобные треугольники находят числовую отметку искомой точки $K_{3,5}$. Точка ***K*** является точкой, в которой заданная прямая изменяет свою видимость, то есть те числовые отметки проекции прямой A_1B_5, которые

выше заданной проекции плоскости ω_i, там проекция прямой видима (и наоборот).

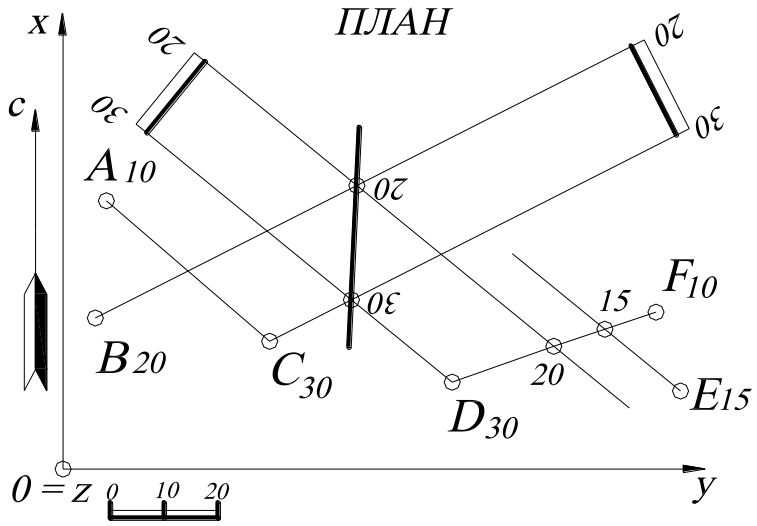


Рис. 18.

2.8. Найти линию пересечения заданных плоскостей $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$.

Решение (рис. 18). В заданных плоскостях $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ находят направление горизонталей (см. рис 11). Затем находят точки пересечения горизонталей заданных плоскостей, имеющих одинаковые высотные отметки. Такими горизонталями являются ***30-30*** и ***20-20***. Их точки пересечения определяют прямую пересечения заданных плоскостей.

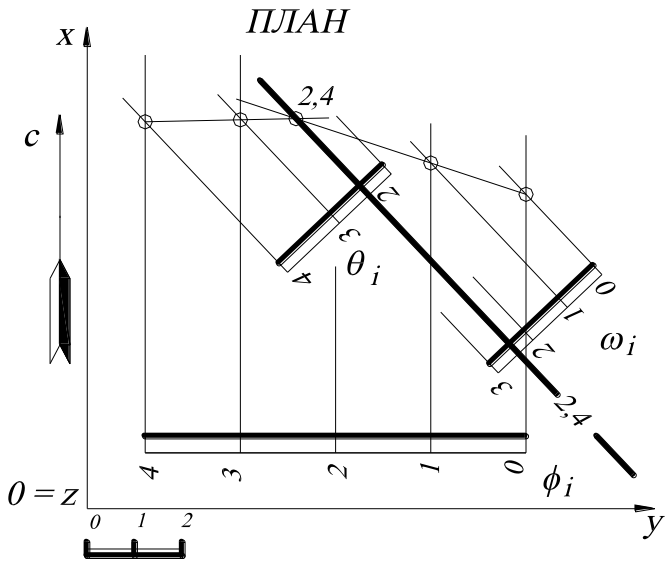


Рис. 19.

2.9. Найти линию пересечения заданных плоскостей θ и ω, азимуты падения которых одинаковы или отличаются друг от друга на 180^0 (рис. 19).

Решение. Одноимённые горизонтали плоскостей, использованные в задаче 2.8, здесь ничего не дают, поскольку горизонтали данных плоскостей параллельны. В этом случае линия пересечения плоскостей по направлению будет совпадать с направлением горизонталей, которые по условию задания параллельны между собой. Остаётся найти общую точку.

Алгоритм решения.

1. Вводят вспомогательную плоскость ϕ_i общего положения.

2. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью θ_i, так же, как в задаче 2.8.

3. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью ω_i.

4. Найденные линии пересечения дают искомую точку с отметкой 2,4 (нахождение числовой отметки не показано, которое выполняется методом градуирования любой из прямых). Эта точка принадлежит всем трём плоскостям и является их общей точкой.

Подобную задачу можно решить с помощью построения профилей заданных плоскостей (рис. 20).

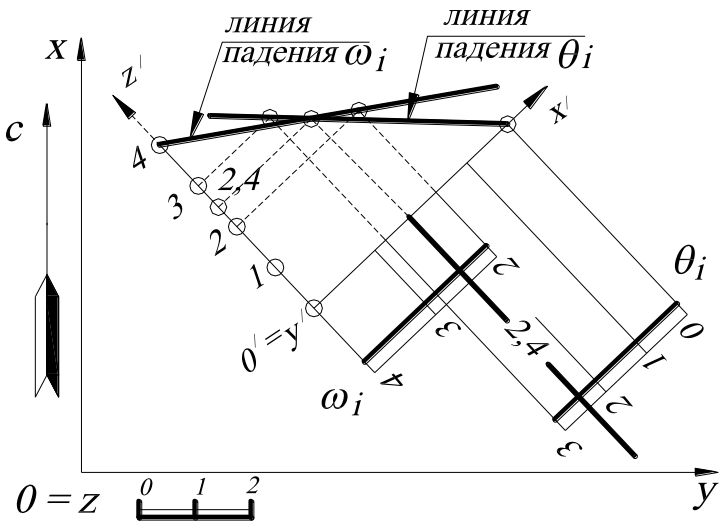


Рис. 20.

В этом случае задают профиль (удобнее в проекционной связи, см. рис. 20) перпендикулярно горизонталям заданных плоскостей. Для этого вводят локальную систему отсчёта $0'x'y'z'$. На профиле строят линии падения (скатов) плоскостей θ_i и ω_i. Точка пересечения линий скатов заданных плоскостей определяет искомую точку, а направление искомой линии пересечения будет параллельно горизонталям плоскостей θ_i и ω_i.

2.10. Через точку A_3, принадлежащую плоскости ω, построить прямую A_3B_7, перпендикулярную этой плоскости ω. Плоскость ω задана масштабом заложения ω_i.

Решение (рис. 21) На плане проекция (заложение) искомой прямой A_3B_7, перпендикулярной плоскости, всегда перпендикулярна горизонталям плоскости (на основании теоремы о проецировании прямого угла).

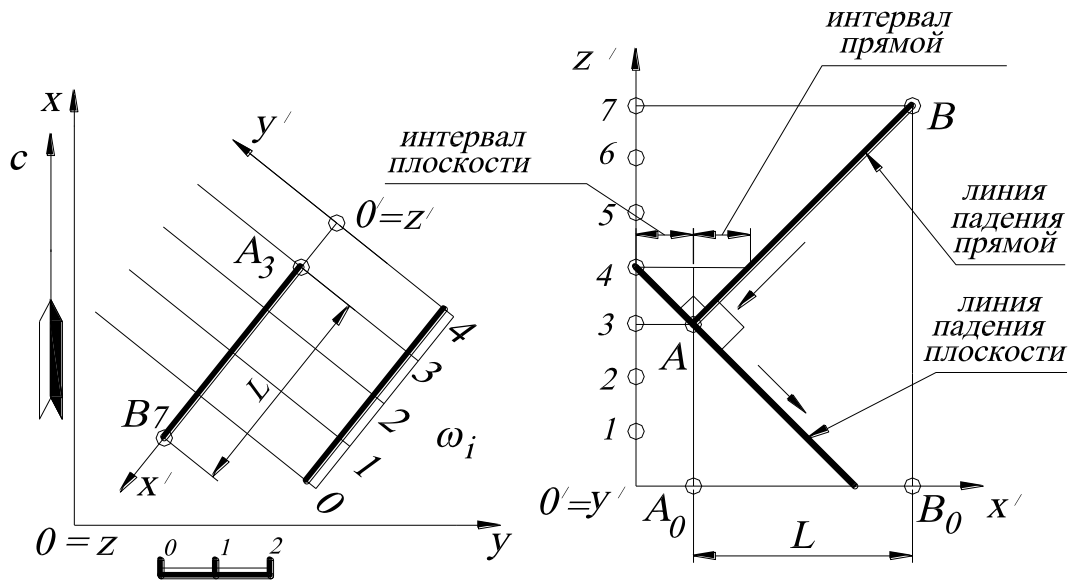


Рис. 21.

Направления падения искомого перпендикуляра и заданной плоскости ω_i противоположны, а интервал перпендикуляра определяется с помощью профиля, построением прямого угла к линии падения плоскости. Таким образом, определив на профиле интервал прямой и отложив его (на плане) на заложении прямой четыре раза в сторону восстания, получают точку B_7. Задача имеет два решения.

2.11. Определить расстояние от точки K_{10} до плоскости, заданной треугольником $A_{20}B_{50}C_{30}$.

Решение (рис. 22). Расстоянием от точки до плоскости будет служить натуральная величина перпендикуляра, опущенного из точки до плоскости. В этом случае используют следующий алгоритм решения задачи.

Алгоритм решения.

1. Строят перпендикуляр из точки к плоскости.

2. Находят точку пересечения этого перпендикуляра с плоскостью.

3. Определяют натуральную величину полученного отрезка.

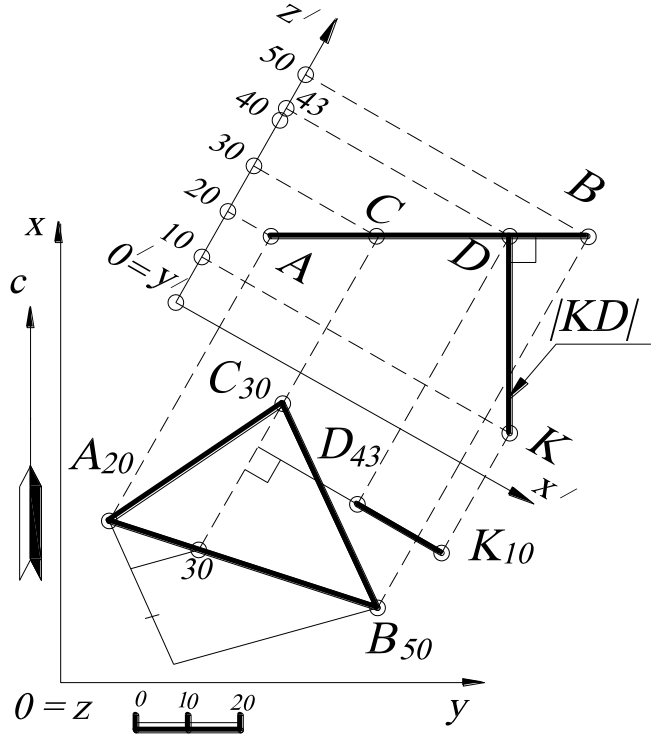


Рис. 22.

Эта задача может решаться только на плане (пользуясь вышеописанным алгоритмом), однако решение задачи упрощается, если использовать профиль. Поэтому в проекционной связи строят профиль плоскости $A_{20}B_{50}C_{30}$ (предварительно построив горизонтали плоскости, см. задачу 2.1), причём плоскость профиля задают перпендикулярно горизонталям плоскости $A_{20}B_{50}C_{30}$. Плоскость $A_{20}B_{50}C_{30}$ проецируется на профиле в отрезок прямой AB, а перпендикуляр KD из точки K_{10} – в отрезок прямой $KD \perp AB$, причём $|KD|$ – натуральная величина искомого расстояния.

2.12. Построить треугольник $A_{45}B_?C_?$, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что стороны равны $|AB|=|AC|=40$ (по масштабу чертежа) и составляют угол 30^0 с основной плоскостью проекций H. Плоскость P_i задана точкой A_{45}, азимутом падения $\alpha=60^0$ и углом падения $\sigma=45^0$.

Решение (рис. 23). По исходным данным на плане задают плоскость P_i (см. задачу 2.1). Проекции сторон треугольника $A_{45}B_?$ и $A_{45}C_?$ определяются в результате пересечения прямого кругового конуса с вершиной в точке A_{45} (образующие которого наклонены к основной плоскости проекций под углом 30^0) и заданной плоскостью P_i. Поэтому на профиле задают проекцию прямого кругового конуса с вершиной в точке A_{45} , определяют радиус одной из параллелей конуса R (например, 30-й) и находят заложения сторон AB и AC. На плане строят окруж-

ность ***30***-й горизонтали конуса радиуса ***R*** с центром в точке A_{45} и находят две образующие, по которым конус пересекает плоскость P_i, – это две искомые прямые. На этих прямых откладывают заложения сторон треугольника L_{AB} и L_{AC}. Задача имеет четыре решения, два из которых показано на рис. 23.

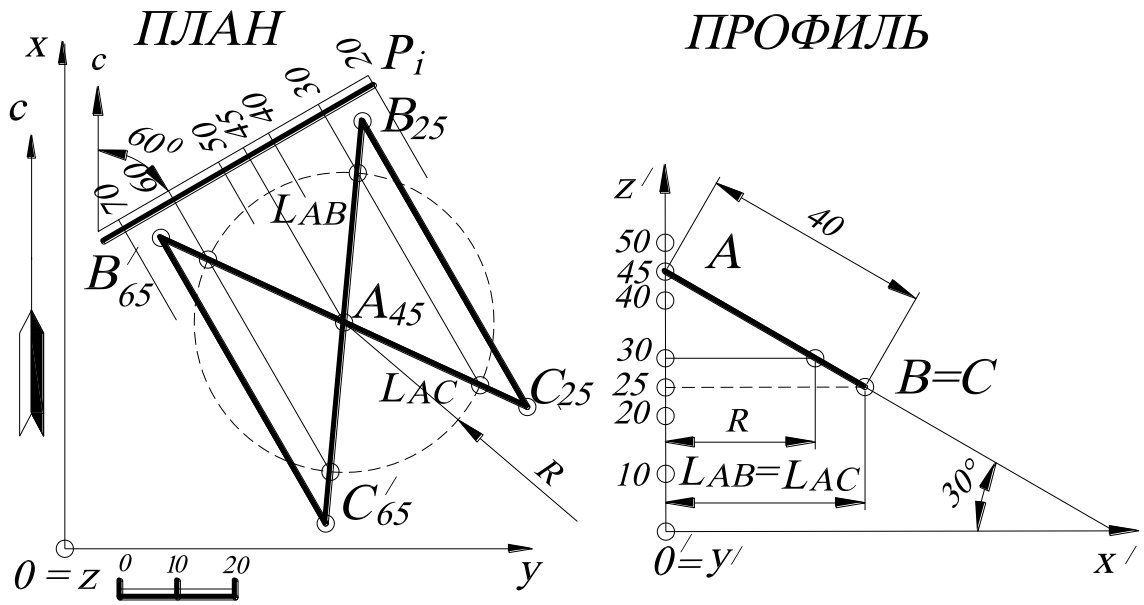


Рис. 23.

2.13. Построить треугольник $A_{40}B_?C_?$, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что $|AB|=|BC|=|CA|=40$, сторона $A_{40}B_?$ параллельна основной плоскости проекций. Плоскость P_i задана точкой A_{40}, азимутом падения $\alpha=150^0$ и интервалом $l=10$.

Решение (рис. 24). На плане задают плоскость P_i (см. пример 2.1). Сторона $A_{40}B_?$ параллельна основной плоскости проекций ***H***, следовательно, она принадлежит горизонтали заданной плоскости h_{40}, проецируется без искажения и отметка точки – B_{40}. Далее находят точку $C_?$, предполагая, что искомый треугольник лежит в горизонтальной плоскости с отметкой ***40***. Поэтому строят равносторонний треугольник (засечками циркуля), лежащий в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций, и получают точку C'_{40}. Затем точку C'_{40} определяют в плоскости P_i. На профиле, повернув точку C' до совмещения с ли-

нией падения плоскости P_i (плоскость профиля перпендикулярна горизонталям плоскости P_i), получают точку C с отметкой 15. На плане точка C_{15} будет находиться на пересечении линии проекционной связи и серединного перпендикуляра к стороне $A_{40}B_{40}$, так как искомый треугольник $A_{40}B_{40}C_{15}$ – плавильный треугольник (все вершины лежат на серединных перпендикулярах к противоположным сторонам). Задача имеет четыре решения (так как точки $B_?$ и $C_?$ могут строится и в противоположные стороны).

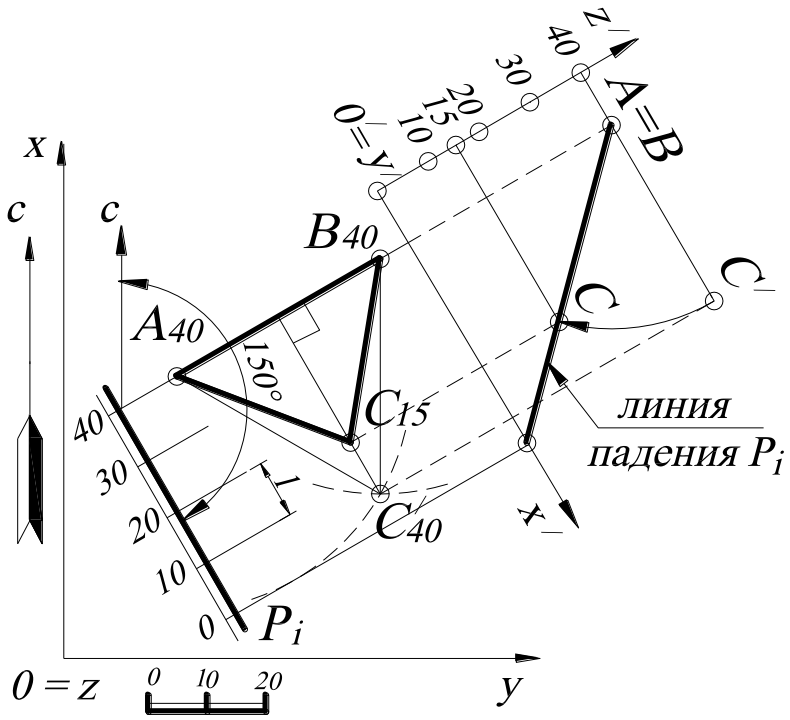


Рис. 24.

2.14. Построить плоскость P_i, проходящую через точку K_{55} и параллельную плоскости треугольника $A_{30}B_{60}C_0$, и задать её масштабом заложения.

Решение (рис. 25). На чертеже горизонтали параллельных плоскостей параллельны, масштабы заложения (интервалы) одинаковы, направления падения совпадают. Следовательно, построив горизонтали плоскости $A_{30}B_{60}C_0$ и определив интервал l (см. задачу 2.1), строят масштаб заложения плоскости P_i, проходящей через точку K_{55} с соответствующими отметками горизонталей и интервалом, равным интервалу l, то есть от горизонтали h_{55} проводят с двух сторон параллельные линии на расстоянии $\frac{1}{2}l$.

2.15. Определить нормальную H, горизонтальную $H_Г$ и вертикальную $H_В$ мощности слоя, заданного двумя параллельными плоскостями θ_i и ω_i (рис. 26).

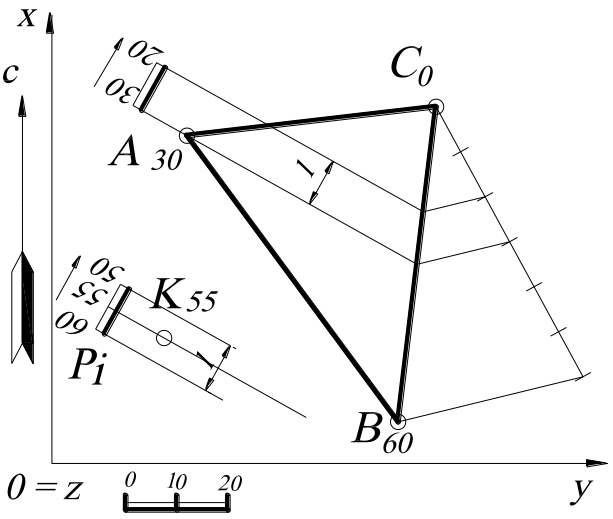


Рис. 25.

Решение. Для этого строят прямой профиль, плоскость которого перпендикулярна горизонталям плоскости. Построение профиля показано на рис. 26. Выбирают локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане. Плоскость профиля определяют оси x' и z'. На профиле с помощью заложения прямой AB определяют линию падения плоскости θ, которая является плоскостью подошвы заданного слоя. Для построения кровли на профиле определяют точку C (с помощью заложения L), через которую проводят прямую, параллельную прямой AB.

Прямая, проходящая через точку C на профиле, является линией

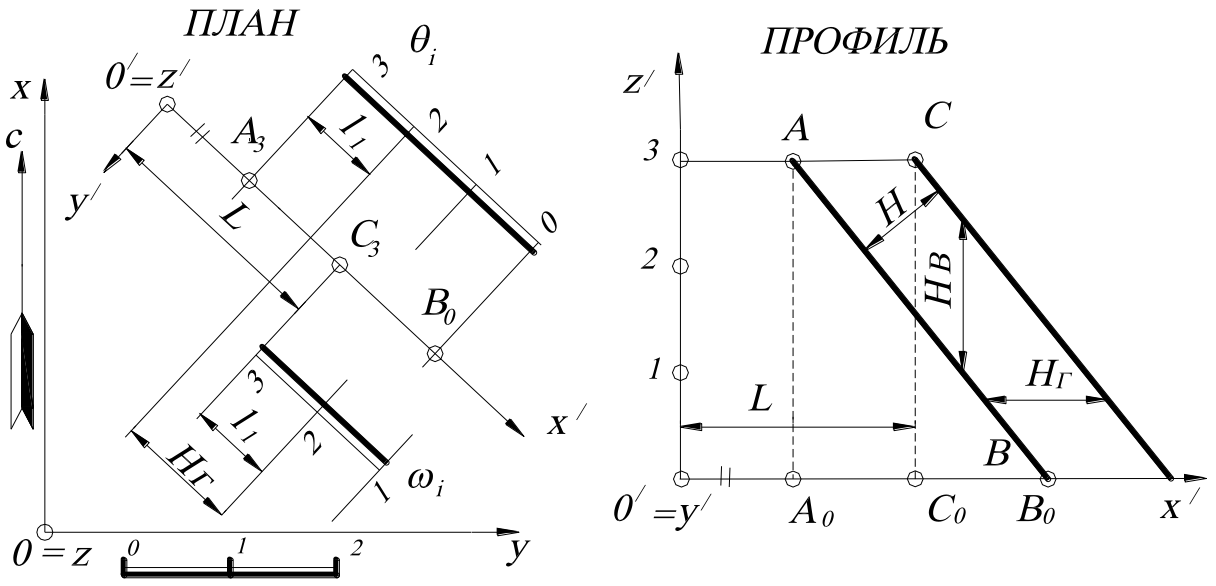


Рис. 26.

падения плоскости кровли. Кратчайшее расстояние на прямом профиле между линией падения кровли и линией падения подошвы – нормальная мощность слоя

H. Расстояние на этом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеренное по вертикали, – вертикальная мощность слоя H_B.

Расстояние на прямом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеряемое в горизонтальном направлении, – горизонтальная мощность слоя $H_Г$. Горизонтальная мощность слоя измеряется параллельно основной плоскости проекций, поэтому эту мощность можно определить на плане, как расстояние между одноимёнными (с одинаковыми высотными отметками) горизонталями плоскостей θ_i и ω_i.

2.16. Построить плоскость, проходящую через точку K_{60} и перпендикулярную отрезку прямой $A_{40}B_0$. Плоскость задать масштабом заложения P_i.

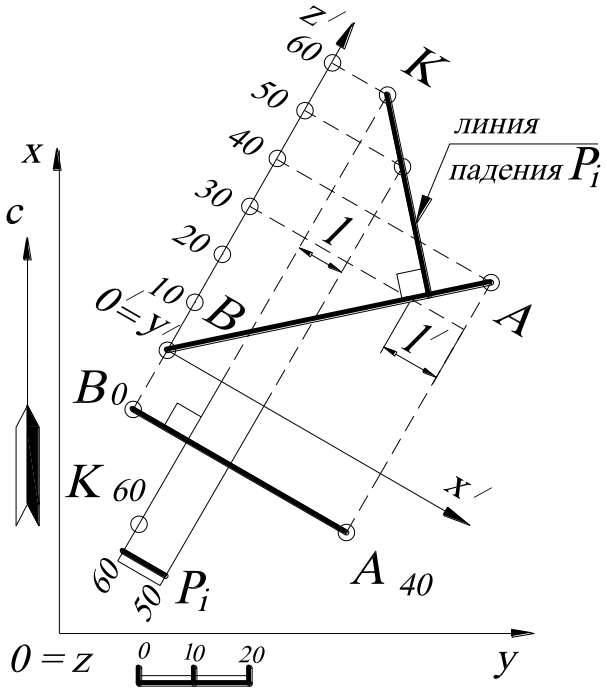


Рис. 27.

Решение (рис. 27). Прямая, перпендикулярная плоскости, на чертеже изображается проекцией (заложением), перпендикулярным горизонталям плоскости (см. задачу 2.10). Следовательно, через точку K_{60} проводят прямую, перпендикулярную к заданной прямой $A_{40}B_0$, которая является горизонталью h_{60} искомой плоскости P_i, а интервал l определяется с помощью профиля.

2.17. Построить плоскость P_i, проходящую через отрезок прямой $A_{30}B_0$ и перпендикулярную плоскости Q_i. Плоскость Q_i задана точкой C_{60}, азимутом падения $\alpha=40^0$ и интервалом $l=15$.

Решение (рис. 28). Через произвольную точку заданной прямой $A_{30}B_0$ (например, точку B_0) проводят прямую n, перпендикулярную плоскости Q_i (так как если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то эти

плоскости взаимно перпендикулярны). Находят направление падения перпендикуляра ***n*** и интервал ***l′*** (на профиле, см. задачу 2.10). Затем строят горизонтали плоскости P_i, соединяя одинаковые высотные отметки прямой $A_{30}B_0$ (проградуированной) и построенного перпендикуляра ***n***.

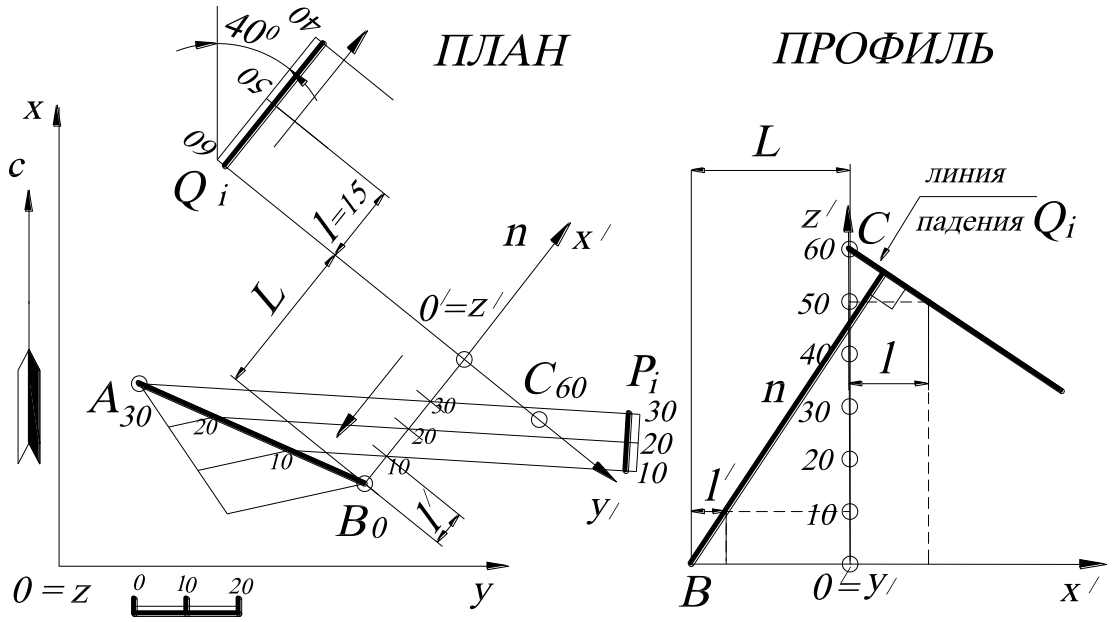


Рис. 28.

2.18. Из точки N_{50} построить отрезок прямой $N_{50}M_?$, параллельный заданным плоскостям $P_i(A_{10}B_{40}C_{20})$ и $Q_i(D_{30}E_0F_{10})$, длиной $|N_{50}M_?|=40$ (рис. 29).

Решение. Прямая, проходящая через заданную точку N_{50} и параллельная двум заданным плоскостям $P_i(A_{10}B_{40}C_{20})$ и $Q_i(D_{30}E_0F_{10})$, – это прямая, параллельная линии пересечения этих плоскостей. Следовательно, находят прямую пересечения заданных плоскостей (предварительно построив их горизонтали, см. задачу 2.1) – это прямая ***n***. Параллельные прямые имеют одинаковые направления падения, равные интервалы, и их проекции параллельны. Поэтому, зная интервал ***l*** прямой ***n***, можно построить профиль искомой прямой $|NM|=40$, определить заложение ***L*** этой прямой и отметку точки ***M***, равную ***28***. На плане строят проекцию прямой $N_{50}M_{28}$. Задача имеет два решения, так как можно построить сим-

метричную прямую $N_{50}M'_{72}$ относительно точки N_{50} (то есть с противоположной стороны от точки N_{50}). Отметка точки M'_{72} определяется арифметически: ***50-28=22***, ***50+22=72*** (см. задачу 1.4).

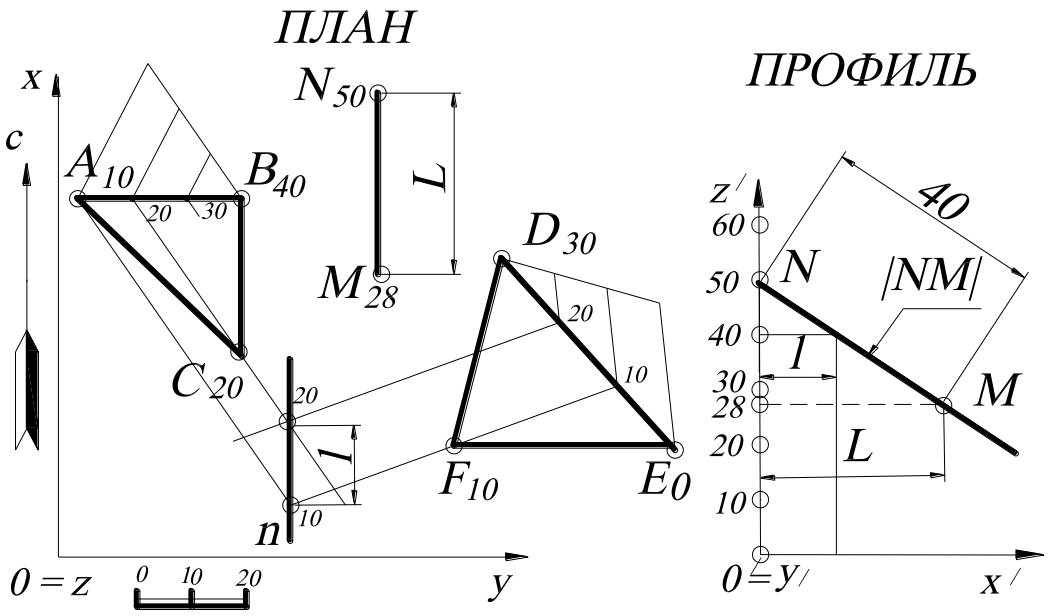


Рис. 29.

2.19. Через точку A_{50} провести плоскость P_i, перпендикулярную плоскости Q_i и параллельную прямой $B_{80}C_{60}$. Задать плоскость P_i масштабом заложения (рис. 30).

Решение. Задача имеет два условия: первое – плоскость P_i должна быть перпендикулярна заданной плоскости Q_i (известно, плоскости перпендикулярны, если в одной из них содержится перпендикуляр к другой плоскости). Второе условие – плоскость P_i должна быть параллельна заданной прямой $B_{80}C_{70}$ (известно, плоскость и прямая параллельны, если в плоскости содержится хотя бы одна прямая, параллельная заданной прямой). Следовательно, выполняют первое условие – строят прямую m, перпендикулярную заданной плоскости Q_i и проходящую через точку A_{50} (см. задачу 2.10). Затем строят прямую n, проходящую через точку A_{50} и параллельную заданной прямой $B_{80}C_{70}$ (см. пример 2.18). Две пересекающиеся прямые задают плоскость. Для задания плоскости P_i масштабом

заложения строят горизонтали плоскости, соединяя точки с одинаковыми высотными отметками на прямых ***m*** и ***n***.

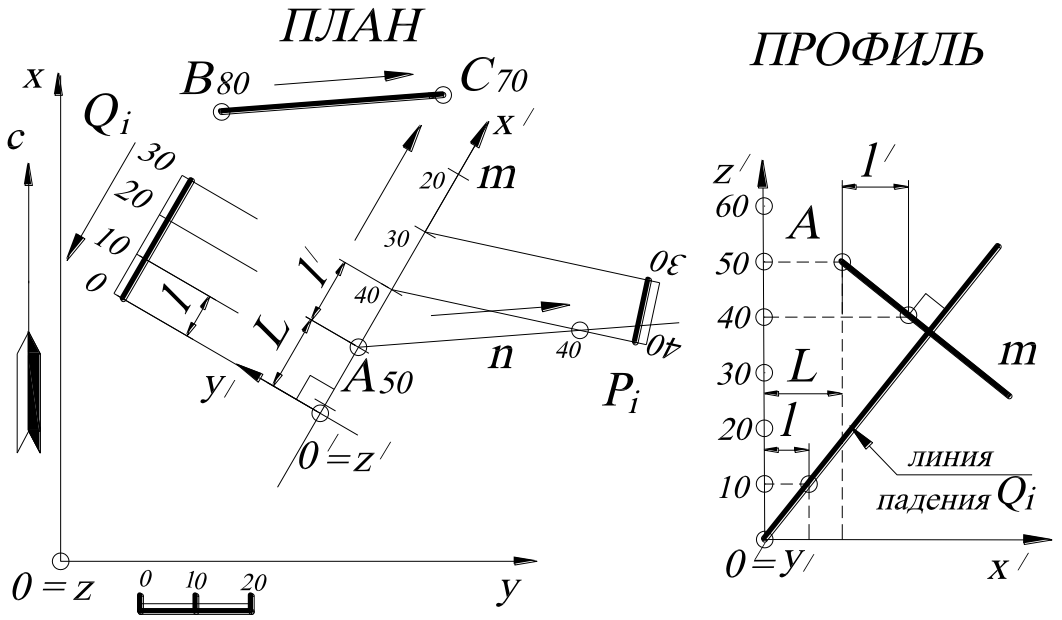


Рис. 30.

2.20. Найти натуральную величину треугольника $A_3B_0C_6$ (рис. 31).

Решение. Треугольник $A_3B_0C_6$ будет проецироваться на некоторую плоскость проекций в натуральную величину, если треугольник $A_3B_0C_6$ будет параллелен этой плоскости проекций.

Заданный треугольник $A_3B_0C_6$ занимает общее положение. Плоскость общего положения нельзя сразу преобразовать в плоскость уровня, потому что новая плоскость проекций не будет перпендикулярна к основной плоскости проекций ***0xy***. Это возможно лишь для проецирующей плоскости.

Поэтому первую новую плоскость проекций (профиль) $0_1x_1z_1$ располагают перпендикулярно к заданному треугольнику $A_3B_0C_6$, то есть перпендикулярно к проекции горизонтали. Только в этом случае плоскость треугольника $A_3B_0C_6$ на профиле будет проецирующей. Следовательно, в плоскости треугольника $A_3B_0C_6$ строят горизонталь. На рис. 31 построена горизонталь h_3 с использованием градуирования отрезка прямой B_0C_6.

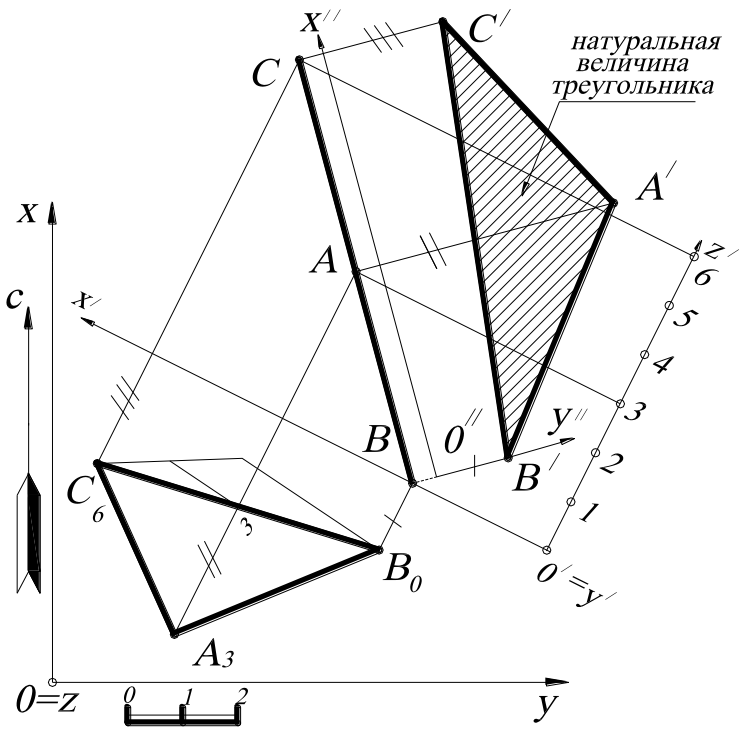


Рис. 31.

Вторую новую плоскость проекций $0''x''y''$ располагают параллельно полученной на профиле проекции треугольника ABC (а следовательно, перпендикулярно к плоскости профиля $0'x'z'$). Тогда треугольник ABC спроецируется на новую плоскость проекций $0''x''y''$ без искажения. Для выполнения этой замены на чертеже проводят (в произвольном месте) ось x'' параллельно профилю треугольника ABC. Затем строят линии проекционной связи из каждой точки профиля треугольника ABC (перпендикулярно к этой оси x'') и откладывают на них от оси x' координаты y'_A, y'_B, y'_C.

Таким образом, используя проецирование на дополнительные плоскости проекций, можно преобразовать: плоскость общего положения – в проецирующую; проецирующую – в плоскость уровня и двумя последовательными преобразованиями плоскость общего положения – в плоскость уровня.

2.21. Найти натуральную величину двугранного угла между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6D_1C_3$.

Решение (рис. 32). Двугранный угол измеряется линейным углом, который получается при пересечении его граней плоскостью, перпендикулярной его ребру A_6C_3.

Поэтому в данной задаче необходимо новую плоскость проекций выбрать так, чтобы отрезок прямой A_6C_3 на этой плоскости проекций стал проецирую-

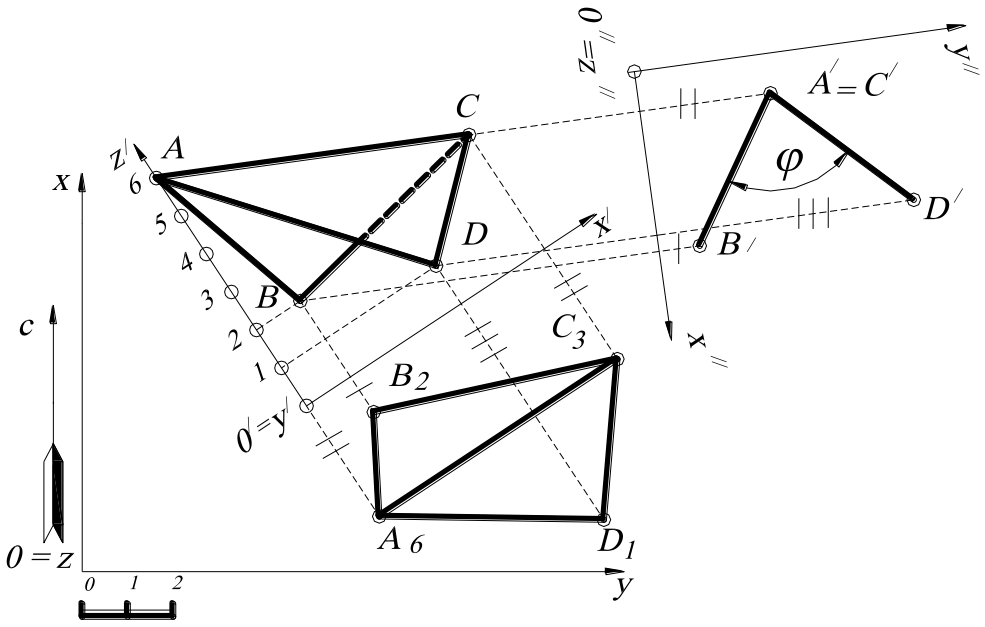


Рис. 32.

щим. Отрезок прямой A_6C_3 задаёт прямую общего положения, а прямую общего положения нельзя сразу преобразовать в проецирующую, так как новая плоскость проекций, перпендикулярная к прямой общего положения, не будет перпендикулярна к заданной основной плоскости проекций $0xy$. Следовательно, сначала вводят новую плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль), перпендикулярную $0xy$ и параллельную A_6C_3 – на чертеже ось x' параллельна A_6C_3. Затем плоскость профиля $0'x'z'$ заменяют на новую плоскость проекций $0''x''y''$. Прямая A_6C_3 по отношению к плоскости профиля $0'x'z'$ стала прямой уровня, а по отношению к $0''x''y''$ - проецирующей. Построения на новые плоскости проекций треугольников $A_6B_2C_3$ и $A_6D_1C_3$ выполняются по аналогии построениям предыдущей задачи. Угол φ - это искомый угол между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6D_1C_3$ (меньше 90^0).

2.22. Найти расстояние и угол между скрещивающимися прямыми A_6B_2 и C_0D_4 (рис. 33).

Решение. Угол между скрещивающимися прямыми равен углу между параллельными им пересекающимися прямыми. Поэтому через точку D_4 проводят

прямую, параллельную A_6B_2, – на чертеже появляется её проекция D_4E_0. Искомый угол φ равен углу $\angle C_0D_4E_0$. Найти натуральную величину этого угла – это то же самое, что найти величину $\Delta\, C_0D_4E_0$. Это сделано точно так же, как в задаче 2.20. Строится плоскость профиля, перпендикулярная горизонтали треугольника $C_0D_4E_0$ (то есть $h_0 = C_0E_0$), а затем задаётся новая плоскость проекций $0''x''y''$, параллельная профилю треугольника CDE.

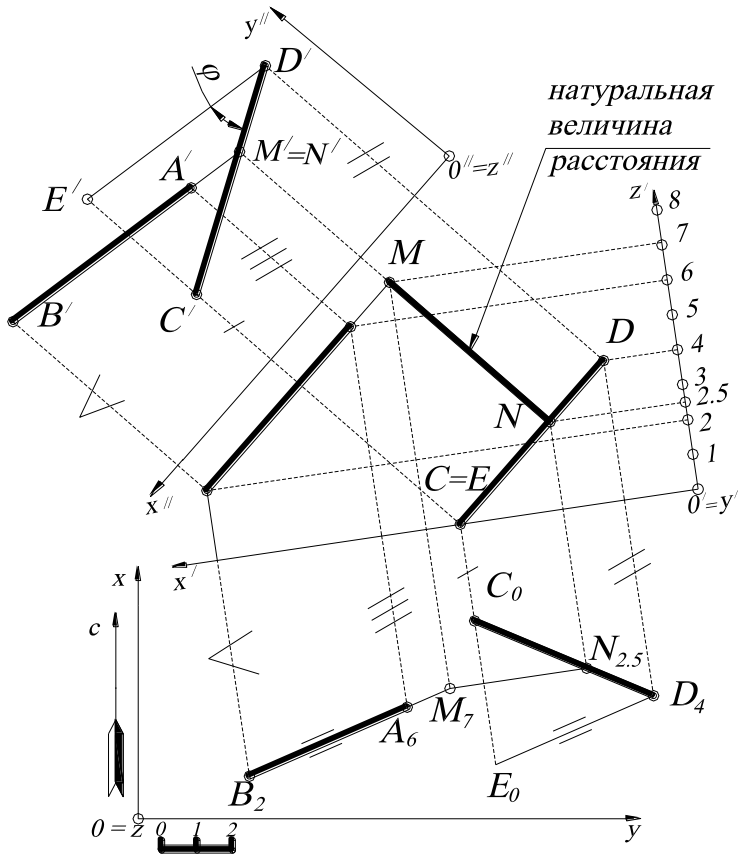


Рис. 33.

Кроме того, общая точка $M'=N'$ проекций $A'B'$ и $C'D'$ - это проекция на $0''x''y''$ общего перпендикуляра MN прямых AB и CD, которым измеряется расстояние между ними. Поскольку $MN \perp 0''x''y''$, то $MN \parallel 0'x'z'$. Следовательно, MN проецируется на плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль) в натуральную величину.

2.23. Определить числовую отметку точки $C_?$ данной проекции по заданному её совмещённому положению C_2 и заданной оси вращения A_2B_2.

Решение (рис. 34). Пусть A_2B_2 – горизонтальная ось, вокруг которой вращают точку $C_?$ и получают её совмещённое положение C_2 с горизонтальной плоскостью на высоте ***2***; $C_?$ – горизонтальная проекция точки, числовую отметку которой нужно найти. Точки C_2 и $C_?$ лежат на одном перпендикуляре к оси вращения A_2B_2, так как при вращении вокруг линии уровня точка $C_?$ перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна A_2B_2. Точка $C_?$ может находиться ниже или выше отрезка A_2B_2, а их проекции будут совпадать. Однако числовые отметки точек будут отличаться на одинаковую разность по отношению к отрезку A_2B_2. Предположим, что точка $C_?$ находится выше A_2B_2. Тогда строится прямоугольный треугольник $C_?O_2I$, гипотенуза которого равна R – натуральной величине радиуса вращения точки $C_?$. Измерив величину катета $IC_?$, получают $IC_?=2$ (в соответствии с линейным масштабом). Затем арифметически прибавляют её к числовой отметке точки C_2, то есть $2+2=4$. Поэтому точка $C_?$ имеет числовую отметку, равную ***4***. В том случае, если точка $C_?$ находится ниже оси вращения A_2B_2 (по условию задания), тогда она имела бы отметку $C_{2-2}=C_0$.

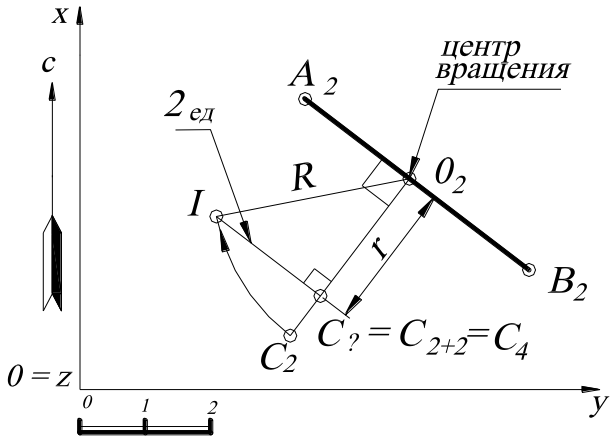


Рис. 34.

Таким образом, для того, чтобы определить числовую отметку точки по её совмещённому положению, строят прямоугольный треугольник с одним катетом, равным расстоянию от центра вращения до проекции точки; гипотенузой, равной натуральной величине радиуса вращения, проведённой из центра вращения. Тогда полученная длина второго катета этого прямоугольного треугольника будет являться числовой разностью между числовой отметкой искомой точки и числовой отметкой оси вращения.

2.24. Определить натуральную величину треугольника $A_6B_2C_{10}$, вращением вокруг горизонтали.

Решение (рис. 35). Через точку A_6 проводят горизонталь плоскости $A_6B_2C_{10}$.

Для этого находят на прямой B_2C_{10} точку, имеющую отметку $z=6$ (выполняется с помощью градуирования, на чертеже не показано). При вращении вокруг горизонтали h_6 точка B_2 и точка C_{10} перемещаются в пространстве по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения A_6D_6. Проекция радиуса вращения для точки B – B_2O_6, а для C – $C_{10}O'_6$. Находят натуральную величину радиуса вращения точки B_2 методом прямоугольного треугольника, а затем полученный отрезок совмещают с проекцией радиуса – точка B_6^2. Точку C_6^{10} можно определять аналогичным способом. Однако точка D_6 при вращении является неподвижной (так как принадлежит горизонтали h_6). Следовательно, прямая, соединяющая точки B_6^2 и D_6, в пересечении с прямой O'_6C_{10} определит точку C_6^{10}. Таким образом, треугольник $A_6B_6^2C_6^{10}$ будет являться натуральной величиной, так как параллелен основной плоскости проекций.

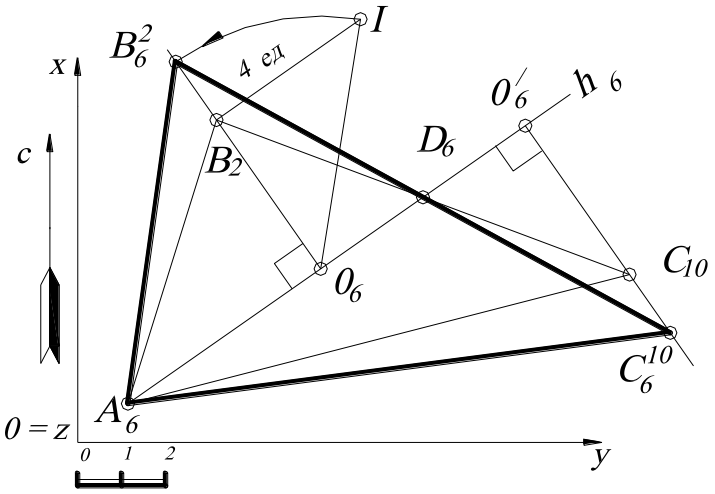


Рис. 35.

Второй вариант решения задачи – вращение треугольника $A_6B_2C_{10}$ с построением профиля, как показано на рис. 36. При этом плоскость профиля $0'x'z'$ задаётся перпендикулярно к горизонтали h_6. Тогда по отношению к плоскости профиля горизонталь h_6 будет являться проецирующей, а все точки треугольника будут перемещаться по окружностям, плоскости которых будут параллельны плоскости профиля (будут проецироваться на профиль в натуральную величину).

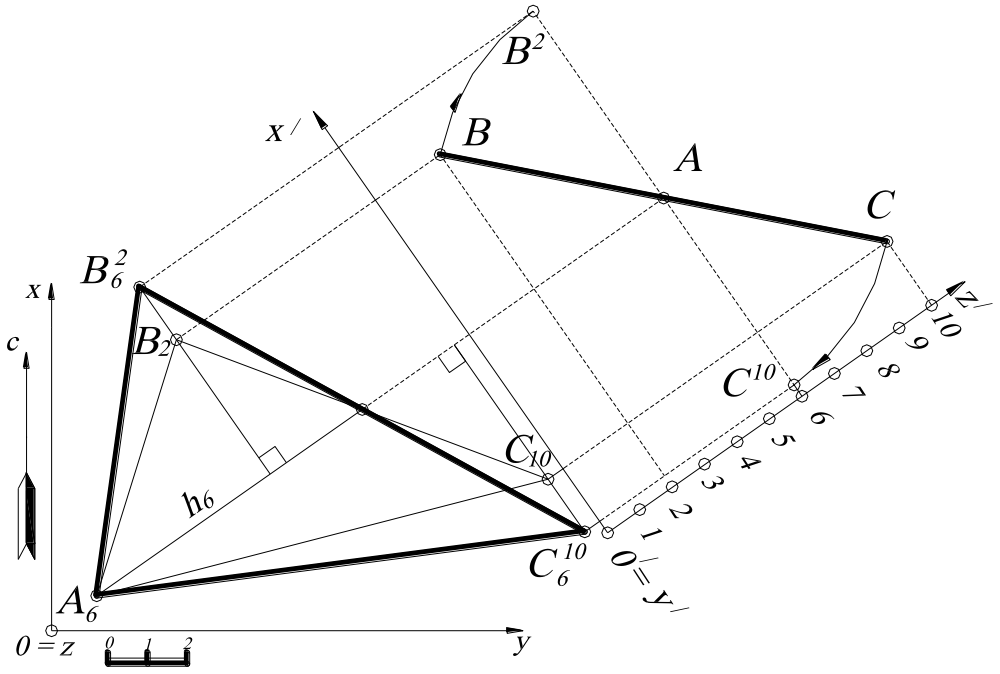


Рис. 36.

2.25. Найти угол наклона прямой A_7B_2 к плоскости общего положения P_i (рис. 37).

Решение. Угол наклона прямой к плоскости – это угол между заданной прямой и её проекцией на заданную плоскость.

Алгоритм решения.

1. Находят точку пересечения заданного отрезка прямой ***AB*** и плоскости P_i – точка ***C***.

2. Из другого конца отрезка прямой ***AB*** (точки ***A***) строят перпендикуляр ***m*** к заданной плоскости P_i и находят точку пересечения перпендикуляра ***m*** и заданной плоскости P_i – точка ***D***.

3. Прямая ***CD*** является проекцией отрезка заданной прямой ***AB*** на плоскость P_i. Поэтому угол θ - угол между прямыми ***AC*** и ***CD*** – искомый.

Решение задачи упрощается при построении профиля. Точка ***C*** определяется на плане из условия принадлежности к отрезку прямой ***AB***, а точка ***D*** строится вначале на профиле, а затем по проекционной связи на плане (см. перпендику-

лярность прямой и плоскости). Построив проекцию угла θ, определяют натуральную величину этого угла вращением вокруг любой горизонтали, например h_3.

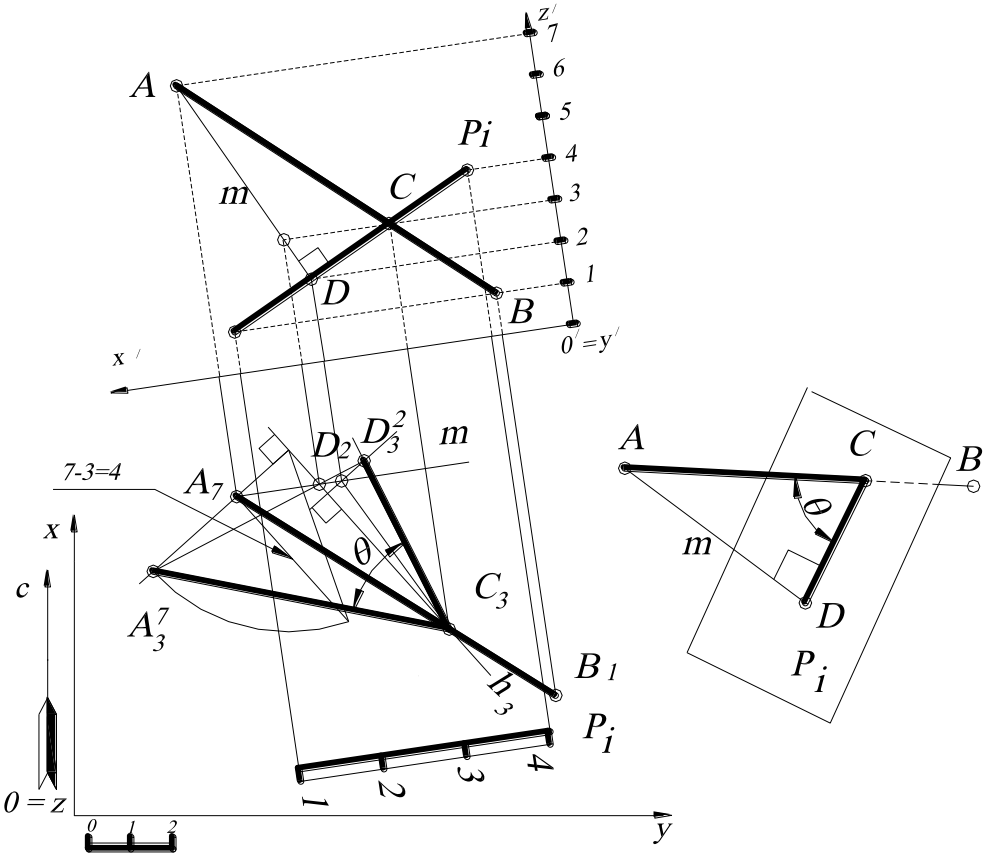


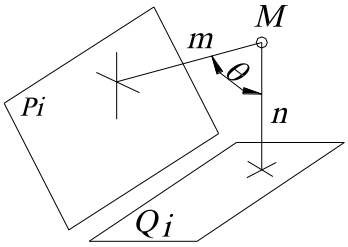
Рис. 37.

2.26. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i. Эту задачу решим двумя способами.

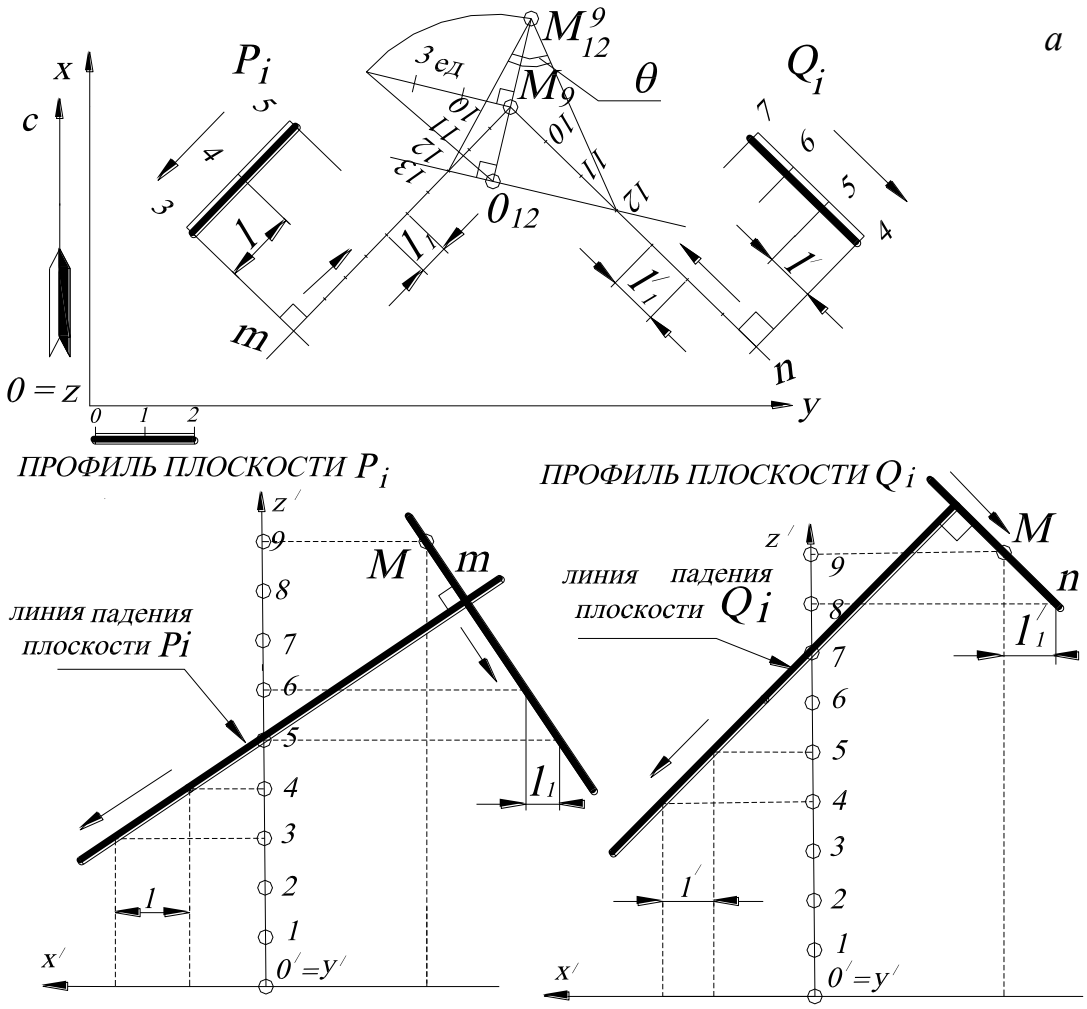
Решение 1 (рис. 38, *а*, *б*).

Для первого способа решения этой задачи используют следующий ***алгоритм*** (см. рис.38, *а*). Выбирают произвольную точку M, из которой строят прямые m и n, перпендикулярные плоскостям P_i и Q_i соответственно. Прямые m и n задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями.

На плане (см. рис. 38, *б*) плоскости $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$ заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например $\boldsymbol{M_9}$, из которой



а



б

Рис. 38.

строят проекции перпендикуляров $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{n}$ к заданным плоскостям соответственно. Проекции этих перпендикуляров на плане проецируются прямыми, перпендикулярными к проекциям горизонталей заданных плоскостей $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$. Причём направление падения плоскости и направление падения перпендикуляра – противоположны. Для определения интервалов $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{n}$ строят профили перпендикуляров к линиям падения заданных плоскостей (см. рис. 38, *б*), то есть к линии падения плоскости проводят перпендикулярную прямую. Это можно сделать из лю-

бой точки, так как интервал перпендикуляра от этого не меняется. Затем на плане градуируют проекции m и n в соответствии с направлением падения. Проекции прямых m и n задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям P_i и Q_i. Угол при вершине M_9 определяет проекцию двугранного угла между заданными плоскостями P_i и Q_i. Далее находят натуральную величину угла θ вращением вокруг произвольной горизонтали, например 12-й. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Решение 2 (рис. 39, *а*, *б*). Задача решается в соответствии со следующим ***алгоритмом*** (см. рис. 39, *а*).

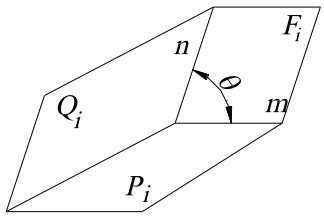
1. Находят линию пересечения a заданных плоскостей P_i и Q_i.
2. Строят плоскость F_i, перпендикулярную к линии пересечения плоскостей a.
3. Находят линии пересечения m и n заданных плоскостей P_i и Q_i с плоскостью F_i.
4. Угол между прямыми n и m является двугранным углом θ между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Построение на чертеже выполняется следующим образом (см. рис. 39, *б*).

1. Плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. Проекция линии пересечения заданных плоскостей a задаётся парой точек – точек пересечения двух пар горизонталей плоскостей P_i и Q_i с одинаковыми высотными отметками (h_4–h_4 и h_5-h_5). Для удобства построения точка пересечения горизонталей с 5-й высотной отметкой обозначена A_5.

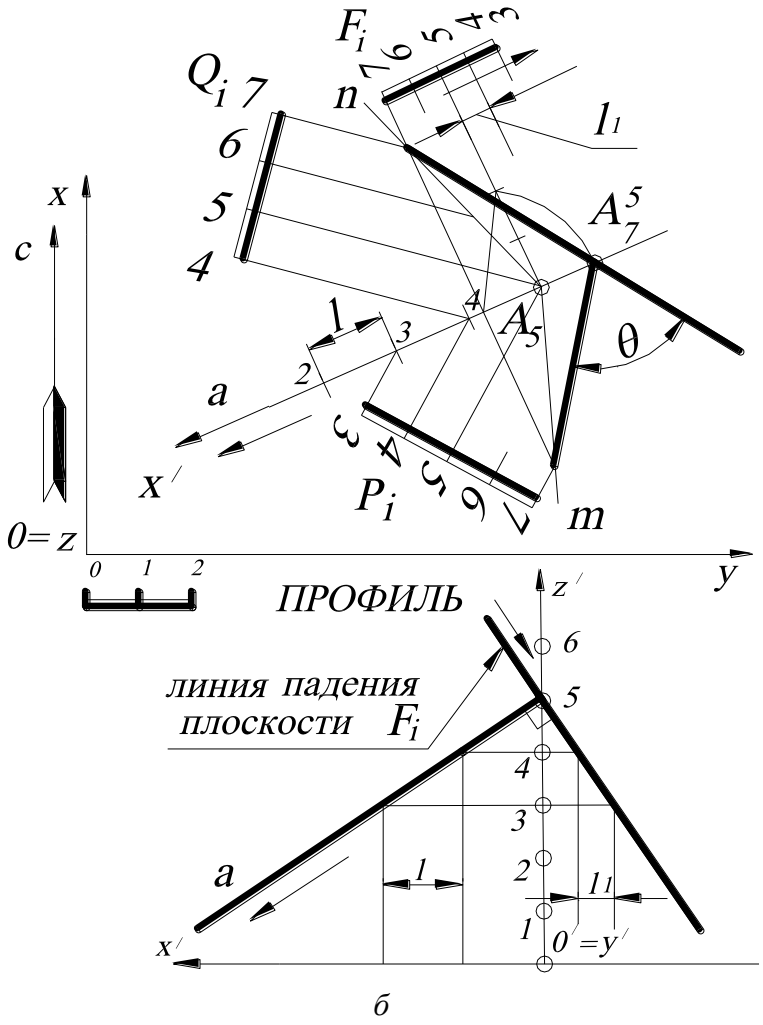
2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой a. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к заложению (проекции) прямой a (см. рис. 39, *а*), а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой a и перпендикулярной плоскости F_i, заданной на профиле линией падения. Интервал l_1 определяет горизонтали плоскости F_i с отметками 4-й и 3-й.

3. Находят линии пересечения заданных плоскостей P_i и Q_i и построенной плоскости F_i – m и n соответственно. Пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками задаёт прямые m и n.



а

4. Вращением точки A_5 вокруг любой горизонтали плоскости (например, вращением вокруг 7-й горизонтали) находят натуральную величину двугранного угла θ. Двугранный угол между плоскостями считается острым. Поэтому на рис. 39, *б* угол θ является смежным с построенным тупым углом.



б

Рис. 39.

2.27. Построить прямую $E_4F_?$, проходящую через точку E_4 и пересекающую две скрещивающиеся прямые A_1B_5 и C_0D_6.

Решение (рис. 40). Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости).

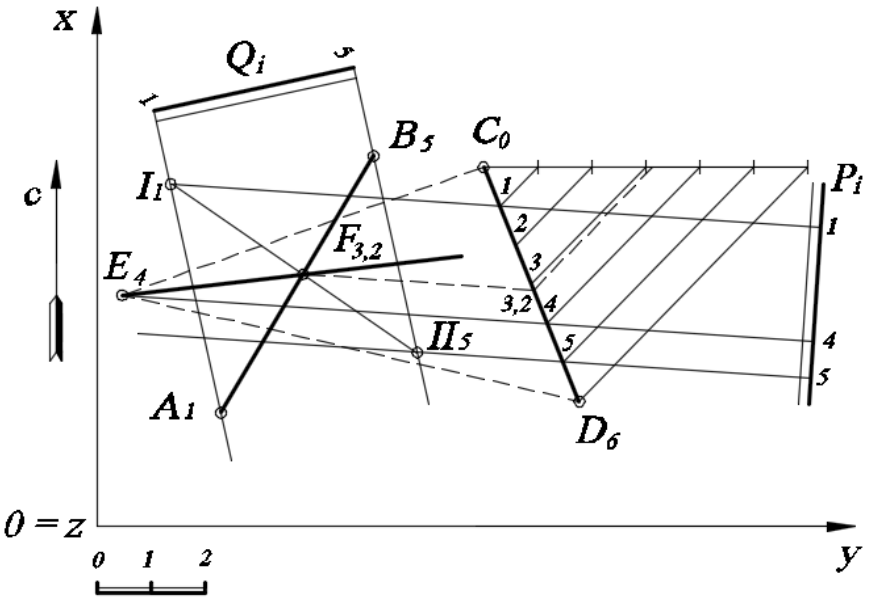


Рис. 40

Алгоритм

1. На прямую C_0D_6 (можно выбрать и другую прямую, то есть A_1B_5) и точку E_4 «натягивают» плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают масштабом заложения P_i. Для этого градуируют отрезок прямой C_0D_6 и строят горизонтали плоскости P_i (на рис. 40 показана горизонталь с отметкой ***4***, которая задает направления всех горизонталей плоскости $E_4C_0D_6$, а также представлены горизонтали ***1*** и ***5***, параллельные горизонтали с отметкой ***4*** (для удобства построения точки пересечения прямой и плоскости), эти горизонтали соответствуют отметкам на концах отрезка прямой A_1B_5).

2. Находят точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью P_i:

   а) через прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i, задавая ее параллельными горизонтальными прямыми линиями;

   б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_1II_5;

   в) находят точку пересечения прямой I_1II_5 и прямой A_1B_5 – точка $F_{3,2}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку E_4 и построенную точку $F_{3,2}$, будет искомой прямой.

2.28. Построить прямую m, пересекающую две скрещивающиеся прямые A_1B_5 и C_0D_6 и параллельную прямой $E_{10}D_{12}$.

Решение (рис. 41). Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости).

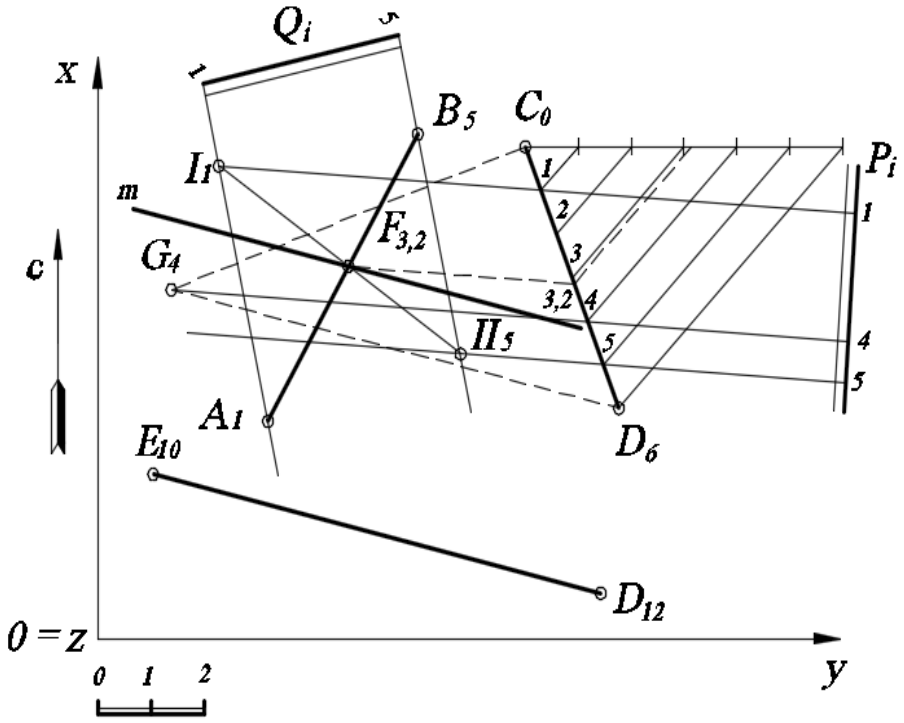


Рис. 41

Алгоритм.

1. Через C_0D_6 (можно выбрать и другую прямую, то есть A_1B_5) строят плоскость $C_0D_6G_4$, параллельную прямой $E_{10}D_{12}$, на основании признака параллельности прямой и плоскости (плоскость и прямая параллельны, если в плоскости найдется хотя бы одна прямая, параллельная заданной). Длина проекции прямой D_6G_4 и разница отметок (координат z) идентична прямой $E_{10}D_{12}$.

2. Плоскость $C_0D_6G_4$ задают масштабом заложения P_i. Для этого градуируют отрезок прямой C_0D_6 и строят горизонтали плоскости P_i (на рис. 41 показана горизонталь с отметкой ***4***, которая задает направления всех горизонталей плоскости $E_4C_0D_6$, а также представлены горизонтали ***1*** и ***5***, параллельные горизонтали с отметкой ***4*** и (для удобства построения точки пересечения прямой и плоскости), эти горизонтали соответствуют отметкам на концах отрезка прямой A_1B_5).

3. Находят точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью P_i:

а) через прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i, задавая ее параллельными горизонтальными прямыми линиями;

б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_1II_5;

в) находят точку пересечения прямой I_1II_5 и прямой A_1B_5 – точка $F_{3,2}$.

4. Прямая ***m***, проходящая через построенную точку $F_{3,2}$ и параллельная прямой $E_{10}D_{12}$, будет искомой прямой.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

2.1. Достроить проекцию плоского пятиугольника ***ABCDE***, если известны координаты точек: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(15***, ***10***, ***30)***, ***C (10***, ***60***, ***50)***, ***D(60***, ***?***, ***30)***, ***E(?***, ***75***, ***40)***.

2.2. Построить проекцию точки D_{40}, принадлежащей плоскости треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$, если известны следующие координаты: ***A(20***, ***10***, ***10)***, ***B(10***, ***100***, ***30)***, ***C(90***, ***60***, ***60)***, ***D(30***, ***?***, ***40)***.

2.3. Определить числовые отметки концов отрезка прямой $D_?E_?$, принадлежащего плоскости треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 5, 30)***, ***B(85, 50, 60)***, ***C(25, 80, 50)***, ***D(90***, ***30***, ***?)***, ***E(60***, ***100***, ***?)***.

2.4. Найти расстояние между параллельными прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60, 10, 70)***, ***B(100, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.5. В плоскости, заданной прямой ***AB*** и точкой ***M***, построить равнобедренный прямоугольный треугольник ***ABC*** с катетами ***AB=BC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(80, 40, 50)***, ***B(70, 65, 10)***, ***M(100, 60, 30)***.

2.6. В плоскости, заданной прямой ***AK*** и точкой ***M***, построить «египетский» прямоугольный треугольник ***ABC*** с гипотенузой ***AC=50***, ***BC=40*** и ***AB=30***, причём ***AB*** принадлежит ***AK***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60, 10, 70)***, ***K(100, 80, 30)***, ***M(20, 60, 50)***.

2.7. В плоскости, заданной прямой ***AB*** и точкой ***M***, построить правильный шестиугольник ***ABCDEF***. Проекции точек заданы координатами: ***A(80, 40, 50)***, ***B(70, 65, 10)***, ***M(100, 60, 30)***.

2.8. Найти угол наклона плоскости, заданной треугольником ***ABC***, к вертикальной плоскости, проходящей через а) ось ***Ox***; б) ось ***Oy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 5, 30)***, ***B(85, 50, 60)***, ***C(25, 80, 50)***.

2.9. Определить, лежат ли параллельные прямые ***AB***, ***CD*** и ***EF*** в одной плоскости. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80,80, 30)***, ***C(80, 10, 60)***, ***D(?,?,20)***, ***F(20, 65, 50)***, ***E(?,?,10)***.

2.10. Найти расстояние от точки D_0 до плоскости треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***10***, ***10)***, ***B(10***, ***100***, ***30)***, ***C(90***, ***60***, ***60)***, ***D(30***, ***50***, ***0)***.

2.11. Построить линию пересечения плоскости P_i с основной плоскостью проекций ***xOy***, заданной двумя параллельными прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(80, 10, 60)***, ***D(?, ?, 20)***.

2.12. Построить линию пересечения плоскости P_i с основной плоскостью проекций ***xOy***, заданной двумя пересекающимися прямыми ***AB*** и ***BC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.13. Построить точку пересечения прямой ***n*** с плоскостью P_i. Прямая ***n*** задана точкой ***B(60, 20, 10)***, азимутом падения $\alpha=225^0$ и интервалом ***l=20 мм***. Плоскость P_i задана точкой ***A(50, 30, 30)***, азимутом падения $\alpha=135^0$ и углом падения $\sigma=30^0$. Найти пересечение плоскости P_i с осями ***Ox*** и ***Oy***.

2.14. Построить точку пересечения прямой ***n*** с плоскостью P_i. Прямая ***n*** задана точкой ***B(60, 20, 10)***, азимутом падения $\alpha=315^0$ и интервалом ***l=20 мм***. Плоскость P_i задана точкой ***A(50, 30, 30)***, азимутом падения $\alpha=135^0$ и углом падения $\sigma=30^0$. Найти пересечение плоскости P_i с осями ***Ox*** и ***Oy***.

2.15. Через точку ***O(0, 0, 0)*** построить прямую, пересекающую прямую ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30, 60, 70)***, ***B(70, 20, 10)***, ***C(40, 10, 20)***, ***D(90, 80, 70).***

2.16. Через точку ***O(50, 100, 0)*** построить прямую, пересекающую прямые ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30, 60, 70)***, ***B(70, 20, 10)***, ***C(40, 10, 20)***, ***D(90, 80, 70)***.

2.17. Через точку K_{50} построить плоскость P_i , перпендикулярную плоскости треугольника ***ABC*** и параллельную прямой ***FE***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***K(90, 100, 50)***, ***A(80, 50, 20)***, ***B(60, 110, 70)***, ***C(40, 60, 10)***, ***F(100, 10, 30)***, ***E(70, 30, 0)***.

2.18. Определить угол наклона прямой ***ED*** к плоскости треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(80, 20, 20)***, ***B(140, 40, 100)***, ***C(70, 60, 60)***, ***E(80, 110, 10)***, ***D(50, 100, 50)***.

2.19. Из точки ***N(40, 30, 70)*** построить отрезок прямой ***NM***, параллельный двум заданным плоскостям ***ABC*** и ***DEF***, длиной ***50 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***, ***D(135, 85, 60)***, ***E(135, 115, 20)***, ***F(15, 110, 0)***.

2.20. Из точки ***N(40, 30, 70)*** построить прямую ***NM***, параллельную двум заданным плоскостям ***ABC*** и P_i, длиной ***40 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***. Плоскость P_i проходит через точку ***D(135, 85, 60)***, имеет азимут падения 120^0 и интервал ***l=10***.

2.21. Найти двугранный угол между двумя заданными плоскостями ***ABC*** и ***DEF***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***, ***D(135, 85, 60)***, ***E(135, 115, 20)***, ***F(15, 110, 0)***.

2.22. Построить плоскость P_i, проходящую через прямую ***AB*** и перпендикулярную плоскости Q_i. Плоскость P_i задать масштабом заложения. Координаты точек отрезка прямой – ***A(10, 20, 30)***, ***B(40, 50, 0)***. Плоскость Q_i проходит через точку ***C(50, 60, 110)***, имеет азимут падения 110^0 и уклон ***i = 1:2***.

2.23. Построить высоту треугольника ***ABC*** из вершины ***C***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.24. Найти центр и радиус окружности, описанной вокруг треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.25. Найти центр и радиус окружности, вписанной в треугольник ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.26. Найти расстояние между параллельными плоскостями P_i и Q_i. Плоскость P_i задана тремя точками – ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***, а плоскость Q_i проходит через точку ***D(110, 65, 50)***.

2.27. Построить плоскость Q_i, параллельную данной плоскости $P_i(ABC)$ и удалённую от неё на расстояние ***d=30 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.28. Построить прямую ***n***, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***AB*** и ***CD*** и параллельную ***EF***. Прямую ***n*** задать парой точек. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***, ***E(10, 35, 80)***, ***F(25, 100, 50)***.

2.29. Определить расстояние между двумя скрещивающимися прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***.

2.30. Построить прямую, пересекающую данные прямые ***AB*** и ***CD*** и параллельную оси ***Oy***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***.

3. МНОГОГРАННИКИ

3.1. Построить тетраэдр, поставленный на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** по заданному ребру, равному ***45*** (по масштабу чертежа).*

Решение (рис. 42). Построение тетраэдра начинают с построения на горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** основания тетраэдра $A_0B_0C_0$ – правильного треугольника с заданной стороной. Затем для определения проекции вершины тетраэдра совмещают его боковые грани с горизонтальной плоскостью проекций ***xOy***, приняв за оси вращения соответствующие стороны основания тетраэдра. Совмещение граней представится в виде трёх одинаковых равносторонних треугольников $A_0S'B_0$, $B_0S''C_0$, $C_0S'''A_0$. При этом точки S', S'' и S''' – это совмещения одной и той же точки – вершины тетраэдра $S_?$. Затем поднимают боковые грани тетраэдра до тех пор, пока точки S', S'' и S''' не сольются в одну $S_?$. При этом горизонтальные проекции точек S', S'' и S''' будут перемещаться по перпендикулярам ***n, m, k*** к осям вращения A_0B_0, B_0C_0, C_0A_0, и поэтому горизонтальная проекция вершины $S_?$ будет находиться в точке пересечения всех трёх перпендикуляров.

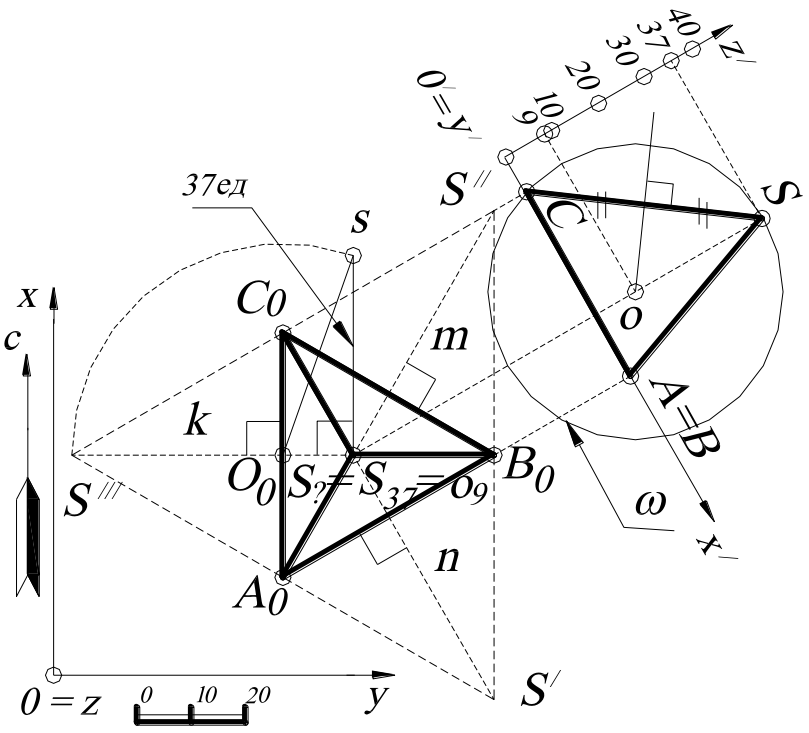


Рис. 42.

* Построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины $S_?$ и её совмещению (например, S''') остаётся определить числовую отметку точки $S_?$. Искомая числовая отметка или расстояние от горизонтальной плоскости проекций xOy (по заданию основания тетраэдра) равно катету $S_?s$ прямоугольного треугольника $S_?sO_0$, построенного по гипотенузе O_0S''' и катету $S_?O_0$ (см. рис. 34).

Проекция описанной сферы ω строится из условия: все точки тетраэдра принадлежат поверхности сферы. Ребро SC параллельно плоскости профиля. Следовательно, проекция описанной сферы (на профиле) будет проходить через точки S, C и точки им симметричные относительно высоты тетраэдра (так как точка C принадлежит параллели описанной сферы и на этом профиле будет принадлежать очерку этой сферы). Построив серединный перпендикуляр к профилю отрезка SC, находят проекцию центра o описанной сферы ω. Горизонтальная проекция описанной сферы определяется радиусом $oS=oC$ и центром o_9. Вследствие того, что описанная сфера ω на плане будет изображаться в виде окружности такого же радиуса, как и на профиле и для того чтобы не затенять построения тетраэдра на плане, проекция описанной сферы на плане не проведена.

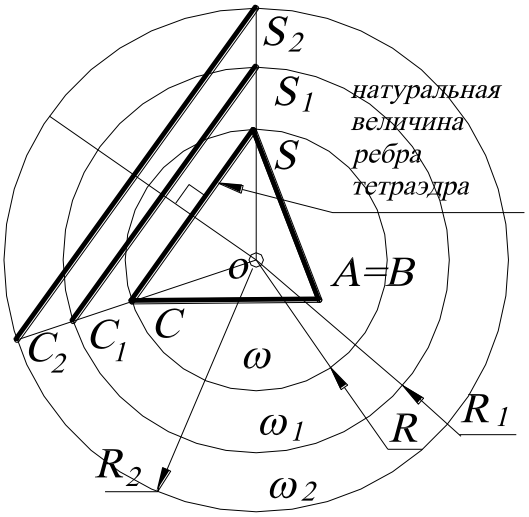


Рис. 43.

Что касается зависимости между радиусом описанной сферы и длиной ребра тетраэдра, то это будет величина постоянная. Другими словами, построив один раз сферу, описанную вокруг тетраэдра с заданной величиной ребра, и пользуясь пропорциональностью, можно графически определить радиус любой другой сферы, описанной вокруг тетраэдра, и величину его ребра. Такая зависимость справедлива для всех тел Платона. На рис. 43 построена графическая зависимость длины

ребра тетраэдра от радиуса описанной сферы: $\frac{SC}{R} = \frac{S_1C_1}{R_1} = \frac{S_2C_2}{R_2} = const$, то есть из точки ***o*** строятся прямые, проходящие через точки ***C*** и ***S*** и в пересечении с произвольными окружностями ω_1 и ω_2 - проекциями описанных сфер – определяются рёбра S_1C_1, S_2C_2.

3.2. Построить гексаэдр (куб) с величиной ребра ***40*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 44). В этом случае гексаэдр стоит одной своей гранью $A_0B_0C_0D_0$ на основной плоскости проекций ***xOy***. Грань $A_0B_0C_0D_0$ будет проецироваться на эту плоскость проекций в виде квадрата со стороной ***40***. Длина ребра гексаэдра соответствует числовым отметкам верхнего основания $E_{40}F_{40}K_{40}L_{40}$, проекция которого будет совпадать с проекцией $A_0B_0C_0D_0$.

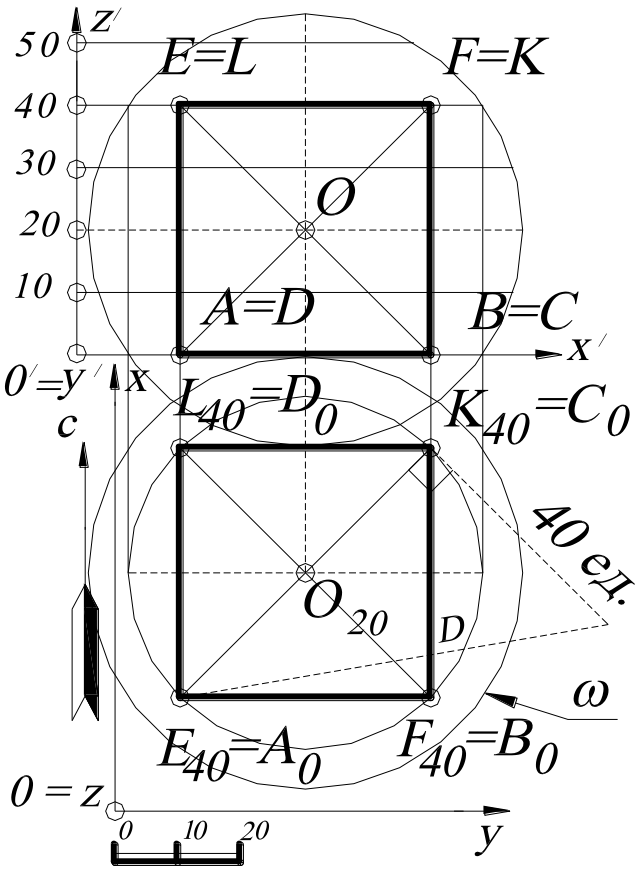


Рис. 44.

Центр описанной сферы ω будет находиться на пересечении диагоналей гексаэдра – точка O_{20}, а длина любой диагонали будет являться диаметром ***D*** описанной сферы. Все диагонали гексаэдра проецируются на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** с искажением, следовательно, на плане находят натуральную величину любой диагонали, например C_0E_{40}, методом прямоугольного треугольника. Полученная величина ***D*** является диаметром описанной сферы ω.

3.3. Построить октаэдр с величиной ребра ***42*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 45). Октаэдр состоит из восьми равносторонних треугольников, соединённых по четыре около каждой вершины. Отсюда видно, что октаэдр (правильный восьмигранник) может быть рассмотрен как две четырехугольные пирамиды – ***EABCD*** и ***FABCD*** (***E***, ***F*** – вершины этих пирамид), сложенные своими квадратными основаниями ***ABCD*** вместе. На этом основании построение октаэдра начинается с построения упомянутого выше квадрата со стороной ***42*** как основания пирамид.

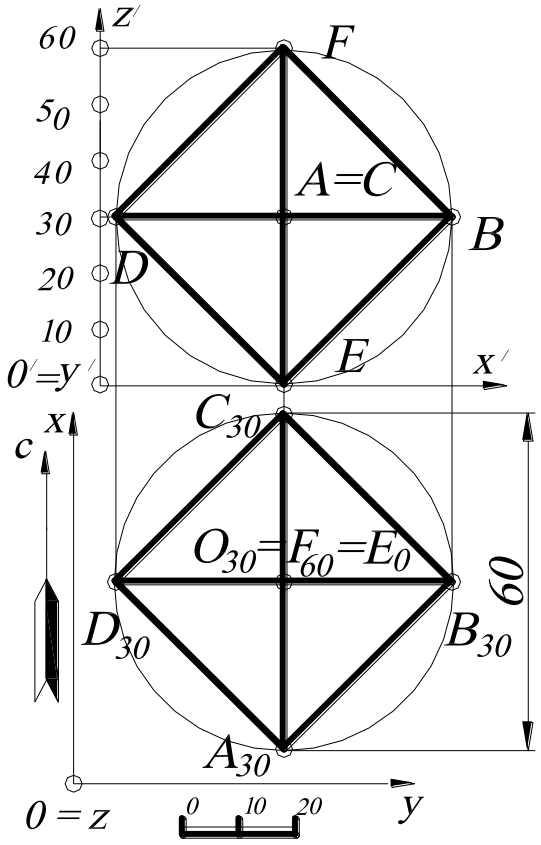


Рис. 45.

В простейшем случае, когда диагональ октаэдра, соединяющая обе вершины пирамид, вертикальна, плоскость квадрата параллельна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируется на неё в натуральную величину, а на профиле – по прямой, параллельной оси z'. А потому, вычертив на горизонтальной плоскости квадрат $A_{30}B_{30}C_{30}D_{30}$, сторона которого равна ребру октаэдра, и соединив его центр O_{30}, в котором проецируются вершины ***E*** и ***F*** пирамид, с вершинами ***ABCD***, находят горизонтальную проекцию октаэдра. Для определения числовых отметок точек ***E*** и ***F*** заметим, что все диагонали октаэдра равны между собой и что квадрат ***ABCD*** делит вертикальную диагональ пополам. Поэтому, измерив длину диагонали, например $A_{30}C_{30}$, которая равна ***60***, получают числовые отметки точек E_0 и F_{60}. Причём длина диагонали (и её проекции в этом случае) равна диаметру сферы, описанной вокруг этого октаэдра.

3.4. Построить правильный пятиугольник со стороной ***50*** (по масштабу чертежа).

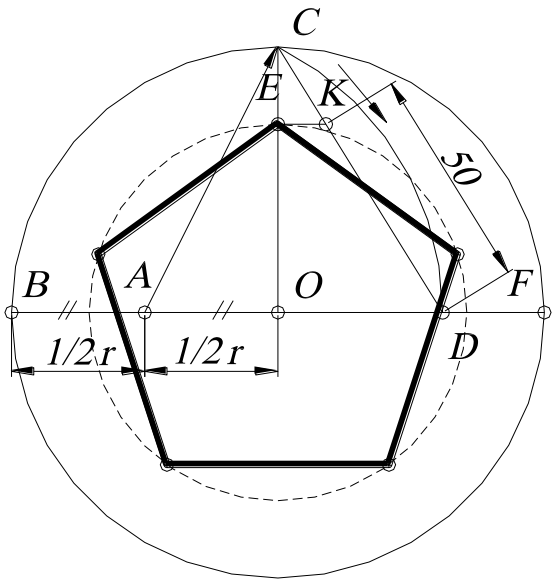


Рис. 46.

Решение (рис. 46). Для этого пользуются правилом «золотого сечения». Проводят произвольную окружность с радиусом, равным ***OB***, и делят этот радиус пополам, получая точку ***A***. Из точки ***A*** радиусом, равным ***AC***, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную прямую ***OF*** в точке ***D***. Таким образом, разделили отрезок ***BD*** в отношении «золотого сечения», где ***AD*** – «большая» часть, а ***BA*** – «меньшая». Точку ***D*** соединяют с точкой ***C*** прямой линией. Отрезок прямой ***DC*** будет являться шкалой, на которой откладывают заданную сторону правильного пятиугольника. В данной задаче на ***DC*** откладывают отрезок, равный ***50***, и получают точку ***K***. Из точки ***K*** проводят отрезок, параллельный отрезку ***OD***, который пересечёт вертикальную ось ***OC*** в точке ***E*** – вершине правильного пятиугольника. Отрезок ***OE*** будет являться радиусом описанной окружности искомого пятиугольника. Остальные вершины пятиугольника находят, откладывая циркулем по построенной окружности отрезки (хорды), равные ***50***.

3.5. Построить икосаэдр с величиной ребра ***47*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 47). Икосаэдр образован двадцатью равносторонними треугольниками, соединёнными по пяти около каждой вершины и, следовательно, расположенными так, что икосаэдр может быть рассматриваемым как многогранник, состоящий из двух пятиугольных пирамид ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** (где ***A*** и ***B*** – вершины этих пирамид) и промежуточного многогранника, ограниченного с боков десятью равными треугольниками. Пирамиды ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** имеют в основании два равных и параллельных пятиугольника ***CDEFG*** и

HJKLM. Причём вершины этих оснований расположены так, что вершины верхнего основания ***HJKLM*** находятся напротив середин сторон нижнего основания ***CDEFG***. Поэтому, чтобы построить по заданному ребру икосаэдр, где отрезок прямой ***AB*** соединяет вершины верхней и нижней пирамид, перпендикулярен основной плоскости проекций ***xOy***, и, следовательно, пятиугольные основания ***CDEFG*** и ***HJKLM*** параллельны этой плоскости проекций, а вершина ***A*** принадлежит этой плоскости проекций (то есть имеет отметку ***0***), поступают следующим образом.

На плане чертят по заданному ребру (см. рис. 46) два правильных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM*** так, чтобы точки ***C, D, E, F, G***, ***H, J, K, L, M*** делили окружность, описанную около них, на десять равных частей. Тогда точки ***CDEFG*** и ***HJKLM*** представят горизонтальные проекции оснований как нижней пирамиды, так и верхней, а также промежуточного многоугольника, где центр ***O*** – это середина отрезка прямой ***AB***. Полученные точки последовательно соединяют между собой, как показано на рис. 47.

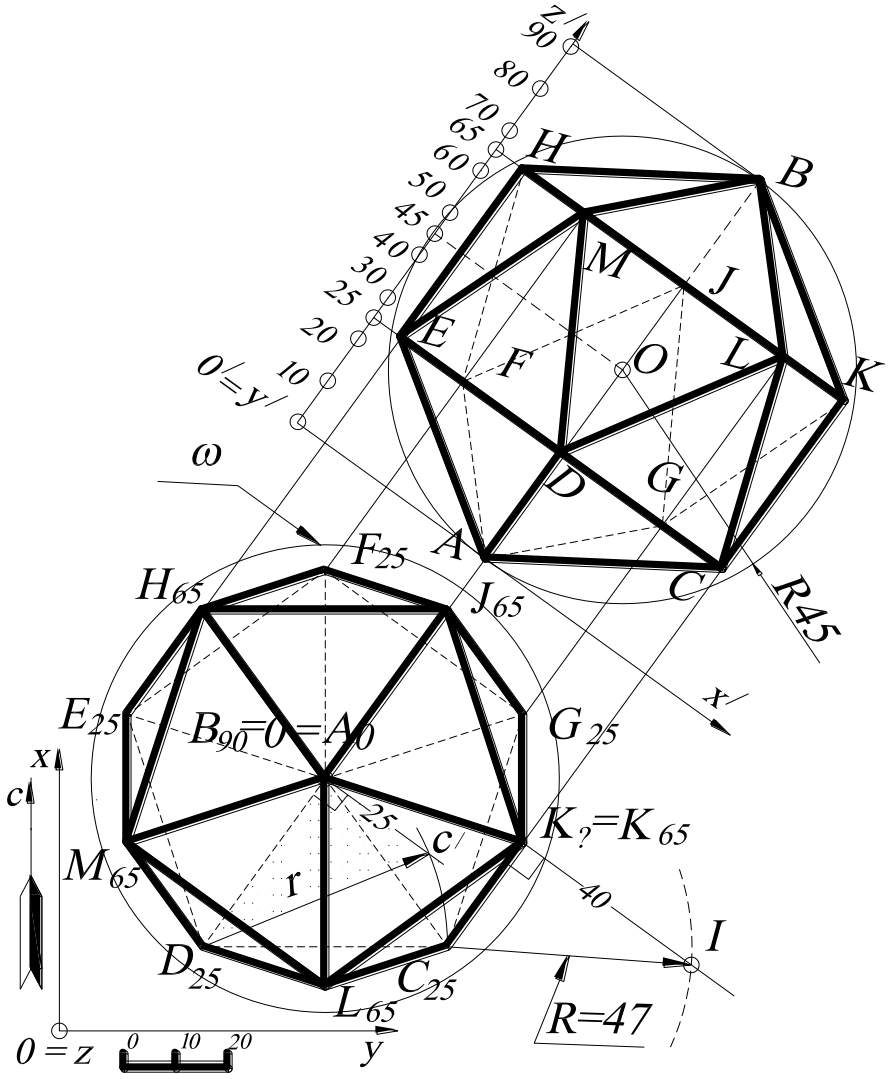


Рис. 47.

Чтобы найти числовые отметки полученных проекций вершин икосаэдра, достаточно найти высоту h обеих пирамид (они равны) и высоту h_1 промежуточного многогранника, так как основание нижней пирамиды $CDEFG$ параллельно основной плоскости проекций xOy и находится от неё на расстоянии высоты пирамиды h. Основание верхней пирамиды $HJKLM$ также параллельно основной плоскости проекций и находится от неё на расстоянии $h+h_1$, а вершина B – $h+h_1+h$. Высота h пирамиды равна катету прямоугольного треугольника, в котором гипотенузой является ребро пирамиды, а другим катетом – расстояние от основания высоты пирамиды до одной из вершин основания пирамиды. Поэтому строят прямоугольный треугольник, в котором один катет равен A_0D. Затем в точке A_0 восстанавливают перпендикуляр к A_0D, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – натуральной величине ребра пирамиды $r=47$. Катет прямоугольного треугольника A_0c' равен h. Измерив расстояние $A_0c'=25$ (по масштабу чертежа), получают числовые отметки точек C, D, E, F, G, равные 25.

Остаётся найти высоту h_1 промежуточного многогранника. Для этого достаточно найти высоту одной из вершин верхнего его основания $HJKLM$, например, вершины $K_?$, над плоскостью проекций xOy, так как это основание параллельно основной плоскости проекций. С этой целью используют метод прямоугольного треугольника, то есть определяют разность координат $\Delta z=h_1$ (числовых отметок) концов отрезка, например, отрезка (ребра) $C_{25}K_?$, а именно строят прямоугольный треугольник $C_{25}K_?I$, в котором один катет равен $C_{25}K_?$. Затем в точке $K_?$ восстанавливают перпендикуляр $K_?I$, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – ребру $R=47$ (по масштабу чертежа).

Искомая высота точки $K_?$ над основной плоскостью проекций определится как катет $K_?I$ прямоугольного треугольника $C_{25}K_?I$, построенного по катету $C_{25}K_?$ и гипотенузе $R=47$. А потому, измерив расстояние $K_?I=40=h_1$ (в соответствии с линейным масштабом), получают отметку точки $K_?$, равную $h_1+h=25+40=65$. Все точки основания верхней пирамиды $HJKLM$ также будут иметь числовые отмет-

ки, равные ***65***, так как это основание параллельно основной плоскости проекций ***xOy***.

Вершина ***B*** будет иметь числовую отметку $h+h_1+h=25+40+25=90$. Наконец, диаметр описанной сферы ω икосаэдра $|AB|=90$, центр ***O*** которой будет лежать на середине этого отрезка.

3.6. Построить додекаэдр с величиной ребра ***33***.

Решение (рис. 48). Додекаэдр (правильный двенадцатигранник) образован двенадцатью правильными пятиугольниками, соединёнными по три около каждой вершины, и расположены так, что противоположные грани многогранника лежат в плоскостях, параллельных друг другу, и симметричны относительно центра додекаэдра.

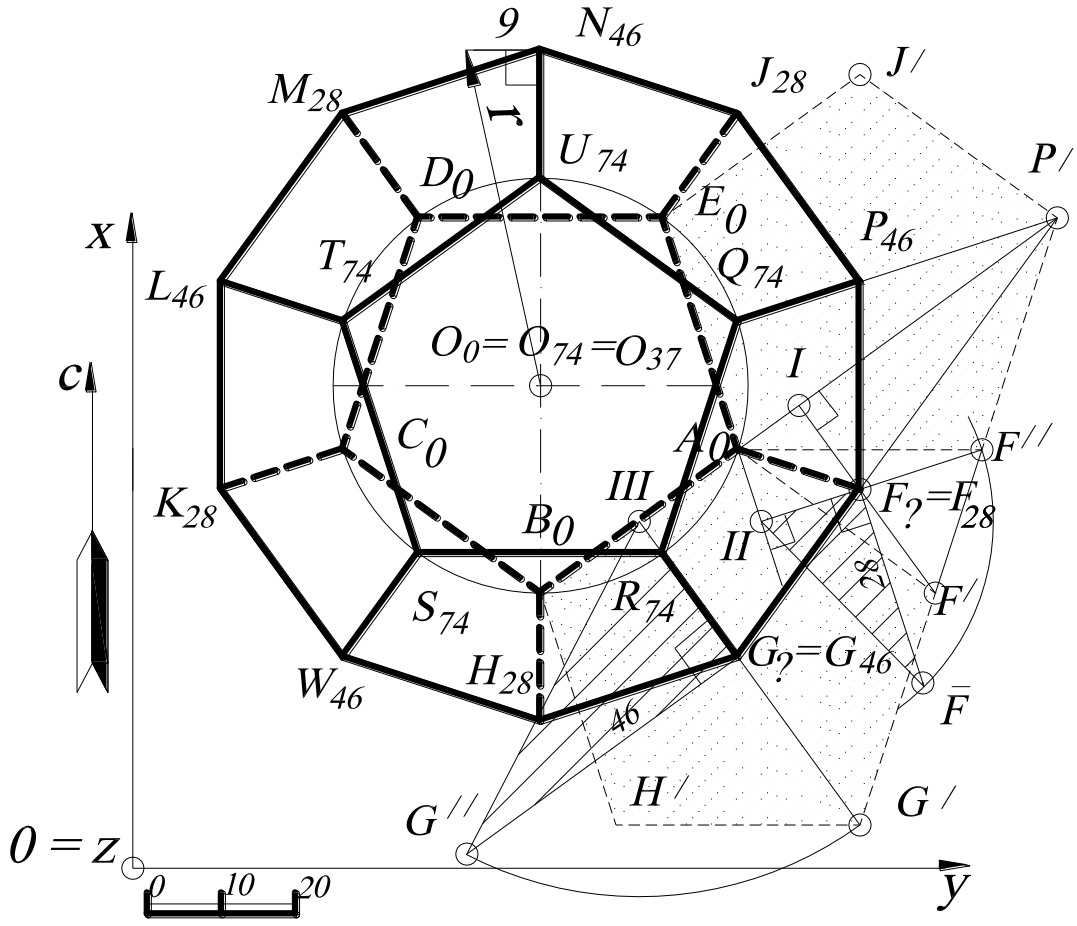


Рис. 48.

Построение выполняется следующим образом. Предположим, что додекаэдр одной из своих граней ***ABCDE*** поставлен на основную плоскость проекций ***xOy***. В таком случае вычерчивают на основной плоскости проекций правильный пятиугольник $A_0B_0C_0D_0E_0$ – основание додекаэдра. Чтобы определить проекции боковых вершин додекаэдра и их числовые отметки, совмещают с плоскостью проекций ***xOy*** две смежные грани, прилегающие к основанию $A_0B_0C_0D_0E_0$, вращая их около ребра A_0B_0 и A_0E_0. Совмещение этих граней представится в виде двух правильных пятиугольников – $B_0H'G'F'A_0$ и $A_0F''P'J'E_0$, причём легко видеть, что точки F' и F'' - это прообразы для совмещения одной и той же точки – вершины $F_?$. Вращая грани, поднимают их в первоначальное положение и находят проекции точек F', F'', G'. На плане проекции этих точек будут при восстановлении граней перемещаться по перпендикулярам к осям вращения A_0B_0 и A_0E_0. Следовательно, горизонтальная проекция вершины $F_?$ будет находиться на пересечении перпендикуляров IF' и IIF'', по которым перемещаются точки F' и F''.

Что касается числовой отметки точки $F_?$, то она будет находиться на высоте от основной плоскости проекций ***xOy***, которая определится по величине катета $F_?\overline{F}$ в прямоугольном треугольнике $IIIF_?\overline{F}$ (см. рис. 34). Другими словами, длина катета $F_?\overline{F}$ равна ***28*** (по построению), а ось вращения A_0E_0 занимает нулевую отметку, тогда точка $F_?= F_{0+28}=F_{28}$.

Чтобы найти числовую отметку точки $G_?$ по совмещению G', то можно увидеть на рис. 46, что прямая $F'G'$ пересекает ось вращения A_0B_0 в точке P', и, следовательно, горизонтальная проекция точки G' должна находиться одновременно и на горизонтальной проекции $P'F$ прямой $F'P'$ и на перпендикуляре $IIIG'$ к оси вращения A_0B_0, то есть в точке их пересечения $G_?$. По известным точкам $G_?$ и G' (см. рис. 34) определяют числовую отметку точки $G_?$, как катет $G_?G''$ прямоугольного треугольника $G_?G''III$, построенного по катету $IIIG_?$ и гипотенузе $IIIG''=G_?G'$. Поэтому, измерив расстояние $G_?G''$ (в соответствии с линейным масштабом), получают числовую отметку точки $G_?=G_{46}$.

Таким же образом можно было бы поступать для определения проекций всех остальных вершин додекаэдра. Однако вследствие правильности многогранника все его вершины, подобные ***F*** и ***G***, расположены одинаковым образом относительно основной плоскости проекций и симметрично относительно оси додекаэдра, проведённой через центры обоих оснований ***ABCDE*** и ***RSTUQ***. Следовательно, вершина ***F*** и точки ***H***, ***K***, ***M***, ***J*** лежат на одном и том же расстоянии от основной плоскости проекций и симметрично расположены относительно центра окружности, описанной около основания ***ABCDE***. На этом же основании горизонтальные проекции ***F, H***, ***K***, ***M***, ***J*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE***, и одну из вершин в точке ***F***. Числовые отметки точек ***H***, ***K***, ***M***, ***J*** равны числовой отметке точки ***F***, так как проекция пятиугольника ***FHKMJ*** параллельна основной плоскости проекций.

На этом же основании горизонтальные проекции ***G***, ***W***, ***L***, ***N***, ***P*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE***, и одну из вершин в точке ***G***. Следовательно, вершины ***W***, ***L***, ***N***, ***P*** имеют числовые отметки такие же, как у вершины ***G***, то есть ***46***.

Наконец, верхняя грань ***RSTUQ***, параллельная основной плоскости проекций, имеет горизонтальной проекцией правильный пятиугольник, вписанный в одинаковую окружность, что и пятиугольник ***ABCDE***, и притом так, что вершины обоих многоугольников разделяют окружность на десять равных частей. В силу симметричности додекаэдра числовые отметки грани ***RSTUQ*** определяются арифметическим прибавлением разности числовых отметок грани $F_{28}H_{28}K_{28}M_{28}J_{28}$ и грани $A_0B_0C_0D_0E_0$ к числовым отметкам грани $G_{46}W_{46}L_{46}N_{46}P_{46}$, то есть ***28-0=28***, ***28+46=74***, и получают грань с отметками $R_{74}S_{74}T_{74}U_{74}Q_{74}$.

Центр описанной вокруг додекаэдра сферы лежит на середине оси O_0O_{74}, то есть в точке O_{37}. Все вершины додекаэдра принадлежат поверхности сферы. Поэтому проекцией радиуса описанной сферы будет отрезок, соединяющий центр O_{37} с любой её вершиной, например N_{46}. Натуральную величину радиуса ***r*** опи-

санной сферы определяют методом прямоугольного треугольника, как показано на рис. 48 (проекция описанной сферы на чертеже не показана из-за множества линий основных построений додекаэдра).

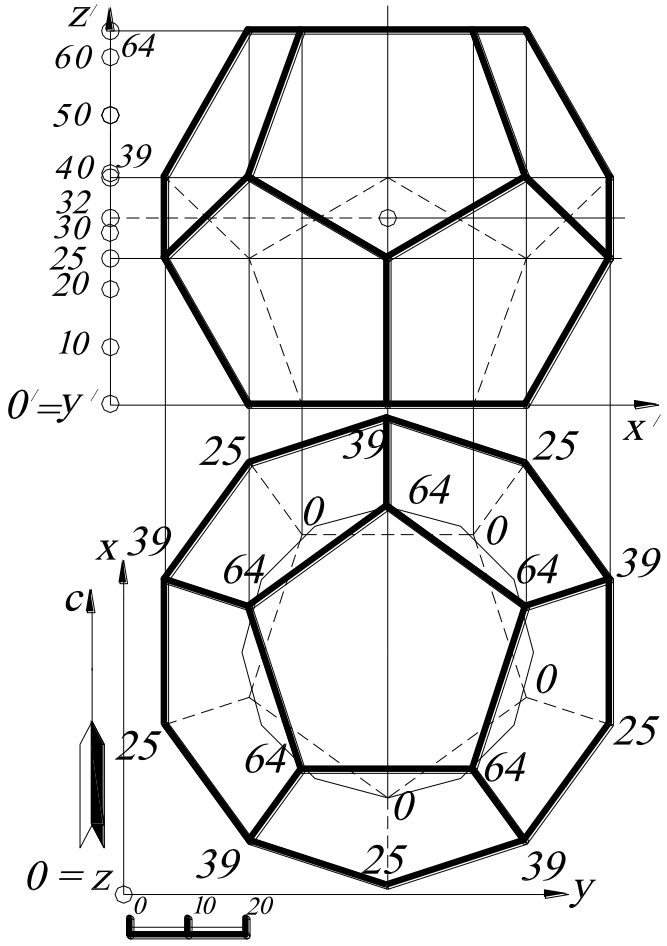


Рис. 49.

На рис. 49 показано построение профиля додекаэдра. Задаётся система координатных осей $O'x'y'z'$ (ось y' будет проецироваться в точку, совпадающую с O'), и по линиям проекционной связи строят вершины додекаэдра в соответствии с их числовыми отметками. Затем все полученные вершины соединяются отрезками прямых с учётом видимости рёбер додекаэдра.

3.7. Найти точки пересечения пирамиды ***ABCD*** с плоскостью ω_i.

Решение (рис. 50). Построение выполняется следующим образом. Градуируют сторону ***SA*** и строят горизонтали h_1, h_2, h_3, принадлежащие плоскости грани ***SAC***. Находят линию пересечения

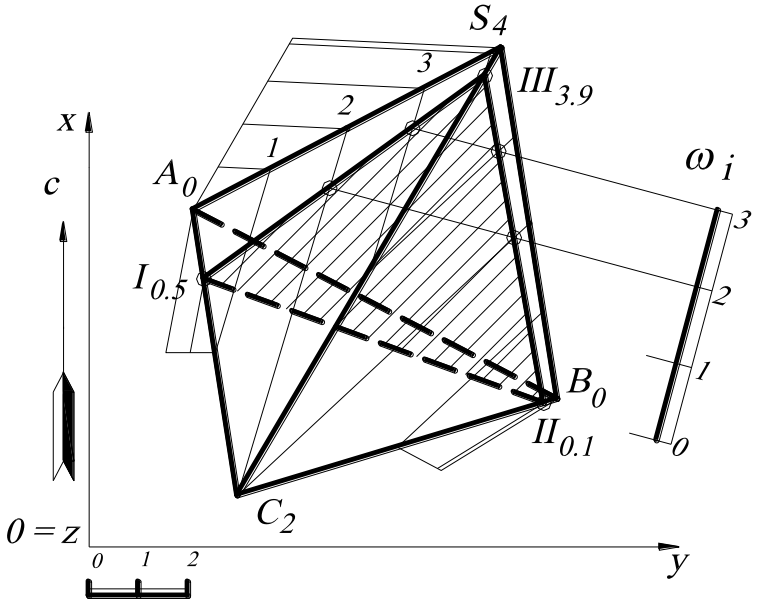


Рис. 50.

грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i, как пересечение пары горизонталей с одинаковыми числовыми отметками (см. задачу 2.8.). В пересечении пар горизонталей с отметками ***2*** и с отметками ***3*** получаются две точки, которые задают линию пересечения (***I, III***) грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i.

Аналогично строят линию пересечения грани ***SCB*** с заданной плоскостью ω_i, в результате имеют линию пересечения (***II***, ***III***). Грань ***ACB*** с заданной плоскостью ω_i пересекается по прямой (***I, II***), так как построенные точки ***I*** и ***II*** принадлежат рёбрам этой грани, и поэтому дополнительные построения здесь выполнять необязательно. Построенный треугольник является сечением пирамиды ***SABC*** заданной плоскостью ω_i. Определяют видимость этого треугольника и числовые отметки его вершин ***I***, ***II*** и ***III*** (с помощью градуирования).

3.8. Найти точки пересечения пирамиды ***SABC*** с прямой ***DE***.

Решение (рис. 51). Построение точек пересечения многогранника с прямой линией связано с основной позиционной задачей. ***Алгоритм*** выполняется в следующей последовательности.

1. Через заданную прямую проводится вспомогательная плоскость-посредник (таких плоскостей можно провести пучок ∞^1).
2. Строится фигура сечения (см. пример на рис. 50). Затем определяются точки пересечения (с числовыми отметками) заданной прямой со сторонами фигуры сечения.
3. Определяют видимость прямой.

Через заданную прямую D_3E_1 проводят вспомогательную плоскость-посредник ω_i, в сечении которой с заданным многогранником будет треугольник $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$. Полученное сечение $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$ пересечет заданную прямую D_3E_1 в точках ***F*** и ***K***, отметки которых определяются градуированием отрезка прямой D_3E_1.

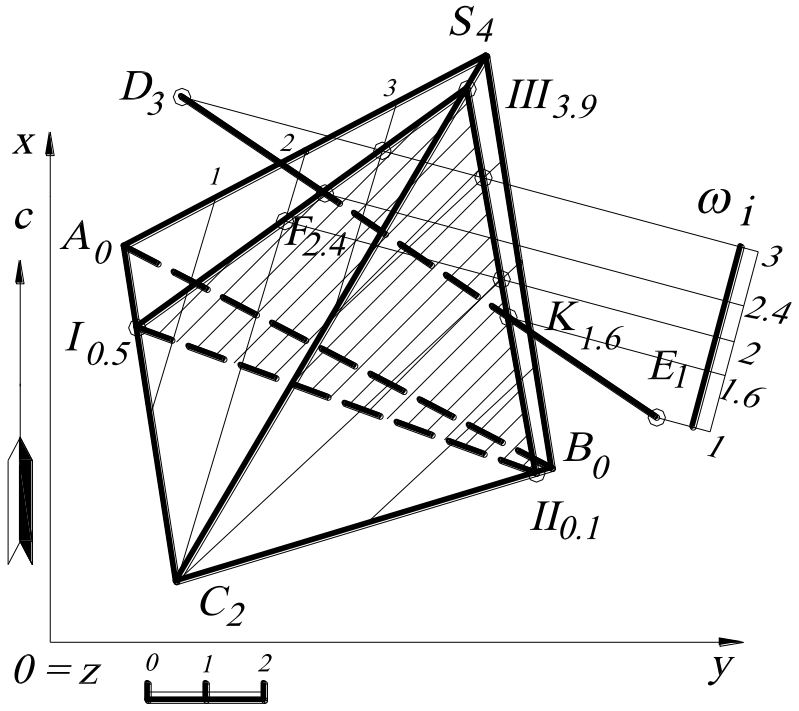


Рис. 51.

Видимость отрезка прямой D_3E_1 определяется по конкурирующим точкам. Другими словами, находят точки, принадлежащие поверхности многогранника и прямой D_3E_1, проекции которых совпадают, и определяют их числовые отметки с помощью градуирования. Точка будет видимой, числовая отметка которой больше (в зависимости от этого, определяется видимость многогранника или прямой). На рис. 51 проекция прямой D_3E_1 и проекция ребра S_4C_2 пересекаются. Однако ребро S_4C_2 находится выше, чем прямая D_3E_1, значит, прямая D_3E_1 является невидимой, а в точках пересечения с многогранником $F_{2.4}$ и $K_{1.6}$ видимость её меняется на противоположную.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

3.1. Построить пересечение прямой ***EF*** с пирамидой ***ABCD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(140, 120, 40)***, ***B(90, 30, 0)***, ***C(40, 20, 20)***, ***D(20, 130, 0)***; ***E(70, 15, 10)***, ***F(100, 150, 40)***.

3.2. Построить сечение поверхности пирамиды ***SABCD*** плоскостью ***MLN***. Проекции точек заданы координатами: ***S(135***, ***120***, ***150) A(55***, ***15***, ***20)***, ***B(95***, ***180***, ***70)***, ***C(20***, ***160***, ***30)***, ***D(20***, ***25***, ***0) M(160***, ***55***, ***110)***, ***L(145***, ***30***, ***90)***, ***N(145***, ***55***, ***100)***.

3.3. Построить проекцию прямой призмы, нижнее основание которой $A_{20}B_{20}C_{50}$, а высота равна ***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(65***, ***55***, ***20)***, ***B(35***, ***90***, ***20)***, ***C(80***, ***90***, ***50)***.

3.4. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ треугольную пирамиду ***SABC***, в основании которой лежит правильный треугольник $A_?B_?C_?$, если известен центр ***O(35***, ***?***, ***40)*** и радиус описанной окружности основания ***R=25 мм***, высота пирамиды ***h=70 мм***. Вершины $A_?$ и $C_?$ принадлежат горизонтали плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.5. Построить проекцию пирамиды, нижнее основание которой $A_{20}B_{20}C_{50}$, вершина $S_?$ лежит на прямой, перпендикулярной основанию, проходящей через точку C_{50} и $S_?C_{50}$=***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(65***, ***55***, ***20)***, ***B(35***, ***90***, ***20)***, ***C(80***, ***90***, ***50)***.

3.6. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ прямую треугольную призму, в основании которой лежит правильный треугольник $A_?B_?C_?$, если известен центр ***O(35***, ***?***, ***40)*** и радиус описанной окружности основания ***R=25 мм***, высота призмы OO'=***70 мм***. Верхнее основание параллельно нижнему и проходит через точку ***O'(35***, ***40***, ***?)***. Вершины $A_?$ и $C_?$ принадлежат горизонтали плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.7. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ треугольную пирамиду ***SADC***, в основании которой лежит правильный треугольник $A_{35}B_?C_?$, если известен центр описанной окружности основания ***O(35***, ***?***, ***40)*** и точка ***A(55***, ***?***, ***35)***. Высота пирамиды $S_?O_{40}$=***70 мм***. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.8. Построить прямую призму, основания которой – параллельные треугольники $A_{55}B_{50}C_{30}$ и $A'_?B'_?C'_?$, а высота призмы ***h=70 мм***. Призма стоит на плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Проекции вершин нижнего основания призмы заданы следующими координатами: ***A(60***, ***?***, ***55)***, ***B(15***, ***?***, ***50)***, ***C(50***, ***?***, ***30)***. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.9. Построить проекции пирамиды по заданному основанию $A_0B_0C_0$ и натуральным величинам трёх её рёбер: ***SA=60 мм***, ***SB=50 мм***, ***SC=70 мм***. Основание пирамиды задано координатами точек: ***A(70***, ***20***, ***0)***, ***B(40***, ***50***, ***0)***, ***C(75***, ***70***, ***0)***.

3.10. Построить сечение пирамиды $S_{70}A_0B_0C_0D_0E_0$ плоскостью $K_0M_{60}L_{40}$ и найти натуральную величину фигуры сечения. Плоскость $K_0M_{60}L_{40}$ задана координатами точек ***K(55***, ***5***, ***0)***, ***M(20***, ***55***, ***60)***, ***L(5***, ***25***, ***40)*** Пирамида задана координатами точек: ***S(60***, ***60***, ***70)***, ***A(50***, ***35***, ***0)***, ***B(80***, ***35***, ***0)***, ***C(90***, ***60***, ***0)***, ***D(70***, ***75***, ***0)***, ***E(35***, ***70***, ***0)***.

4. ПОВЕРХНОСТИ

4.1. Построить наклонный эллиптический цилиндр, заданный осью (отрезок прямой M_1K_{-3}) и вертикальным сечением (окружность с радиусом ***r=25***).

Решение (рис. 52). Наклонный эллиптический цилиндр на чертеже в проекциях с числовыми отметками может задаваться однопараметрическим семейством эллипсов с числовыми отметками, а также этот цилиндр может определяться осью и вертикальным сечением, являющимся окружностью.

Ось наклонного цилиндра задается отрезком прямой M_1K_{-3}. Через точку M_1 строят вертикальное сечение, перпендикулярное на плане к оси цилиндра, и вводят новую систему координат $O'x'y'z'$ для профиля. На профиле строят окружность заданного радиуса ***r=25*** (в соответствии с линейным масштабом), которая является вертикальным сечением наклонного эллиптического цилиндра.

На профиле (вертикальном сечении) проводят горизонтальные линии, расстояние между которыми в масштабе равно единичным высотным превышениям. Другими словами, на профиле находят верхнюю образующую цилиндра, высот-

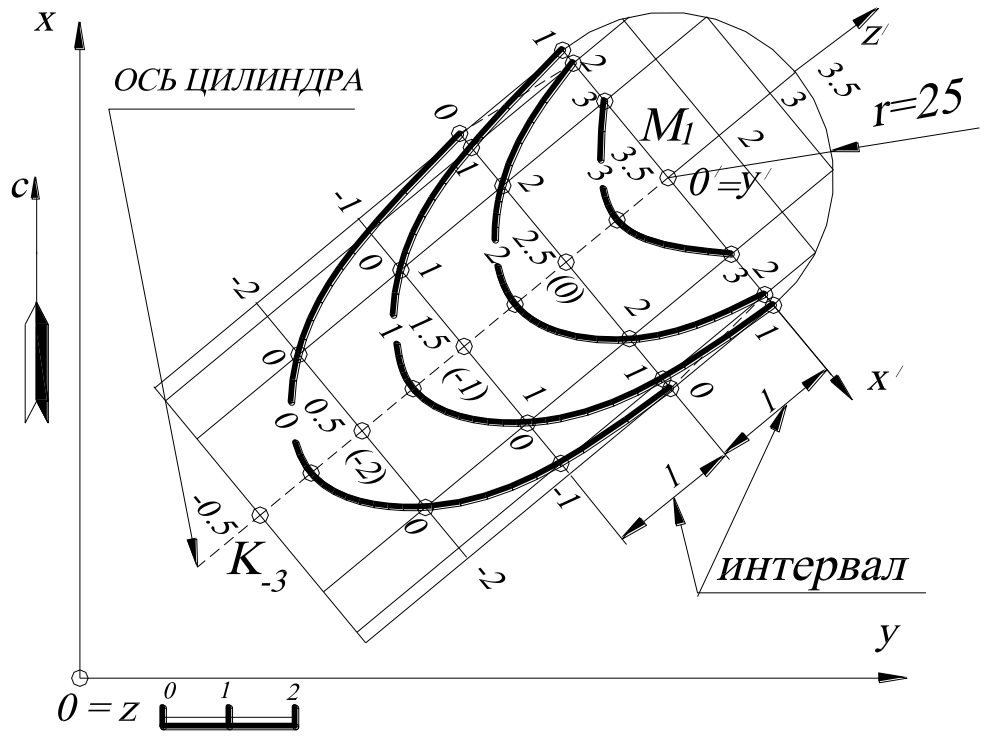


Рис. 52.

ная отметка которой равна ***3.5***, и ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***3*** и ***2***. На плане масштабы заложения этих образующих будут такими же, как и масштабы заложения оси цилиндра ***l***, так как по условию задания они параллельны друг другу, а их высотные отметки будут определяться пропорционально с помощью профиля.

Крайние очерковые образующие будут иметь высотные отметки, одинаковые с высотными отметками оси, так как они лежат в одной плоскости и, как было уже сказано, параллельны друг другу. Для точности построения эллипсов градуируют ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***2***.

Для построения эллипса с высотной отметкой, например ***1***, необходимо на всех проградуированных образующих цилиндра найти точки с высотной отметкой ***1*** и соединить их плавной кривой. Семейство (однопараметрическое) построенных эллипсов задаст на плане наклонный эллиптический цилиндр, а эллипс с высотной отметкой ***0*** – сечение этого цилиндра горизонтальной плоскостью проекций ***H***.

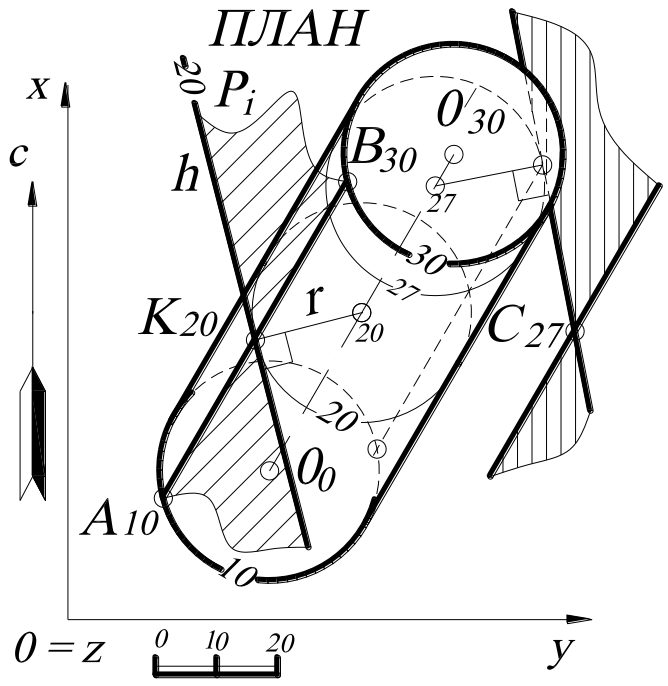


Рис. 53.

4.2. Построить касательную плоскость P_i к поверхности наклонного цилиндра, проходящую через точку K_{20}. Точка K_{20} принадлежит поверхности цилиндра.

Решение (рис. 53). Касательная плоскость в обыкновенной (регулярной) точке ***K*** определена однозначно касательными в этой точке к любым двум кривым, расположенным на поверхности и пересекающимся в этой точке ***K***. Следовательно, через точку K_{20} проводят образующую цилиндра $A_{10}B_{30}$, которая будет являться общей для цилиндра и

искомой касательной плоскости P_i. Известно, что радиус основания (параллели) цилиндра r, проведённый в точке касания, является нормалью к поверхности цилиндра, и задача сводится к построению плоскости, перпендикулярной к радиусу параллели цилиндра, проходящей через точку K_{20}. Поэтому проводят через точку K_{20} горизонталь h_{20}, перпендикулярную к радиусу цилиндра r, так как эта горизонталь проходит через точку с числовой отметкой 20, то она будет иметь числовую отметку 20. Таким образом, построив две пересекающиеся прямые h_{20} и $A_{10}B_{30}$, задают плоскость, касательную к цилиндру.

В том случае, если точка не принадлежит поверхности цилиндра, – C_{27}, то построения выполняют следующим образом. Строят параллель цилиндра с той же числовой отметкой, что и у заданной точки C_{27}, проградуировав ось цилиндра (на рис. 53 градуирование не показано), строят из точки C_{27} касательную к этой параллели и прямую, параллельную оси цилиндра.

4.3. Построить точки пересечения прямой $A_{10}B_{40}$ с поверхностью цилиндра.

Решение (рис. 54). Построение точек пересечения прямой линии с поверхностью

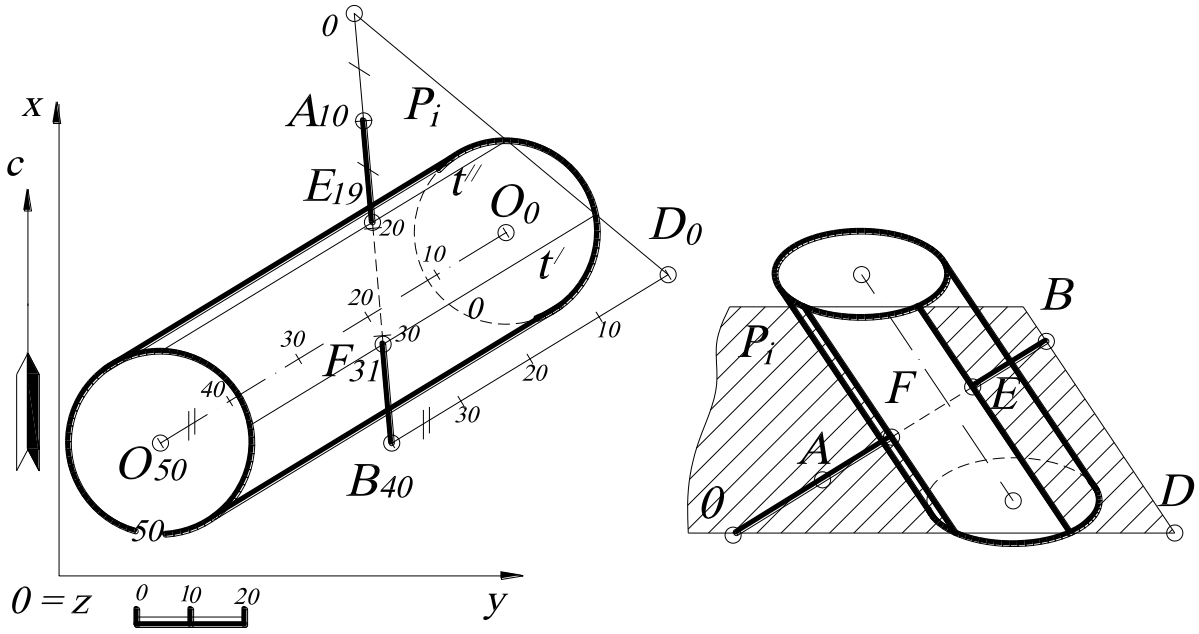


Рис. 54.

цилиндра осуществляется при помощи вспомогательной плоскости. При этом вспомогательную плоскость нужно выбирать так, чтобы она, проходя через дан-

ную прямую, пересекала бы поверхность цилиндра по прямым линиям, то есть эта плоскость должна быть параллельна образующим цилиндра (в том случае, если задан конус, то плоскость должна проходить через его вершину).

Таким образом, через прямую $A_{10}B_{40}$ проводят плоскость P_i, которая пересекала бы поверхность цилиндра по его образующим. Плоскость P_i будет являться плоскостью общего положения, так как образующие цилиндра – это прямые общего положения. Для построения плоскости P_i на прямой $A_{10}B_{40}$ выбирают произвольную точку, например B_{40}, и строят прямую $B_{40}D_0$, параллельную оси O_0O_{50} цилиндра. На основании свойства параллельности прямых интервал прямой $B_{40}D_0$ равен интервалу оси цилиндра (или интервалу образующей). Затем на прямой $A_{10}B_{40}$ находят точку с отметкой 0, определив интервал прямой $A_{10}B_{40}$ (на чертеже градуирование $A_{10}B_{40}$ не показано). Пересекающиеся прямые $A_{10}B_{40}$ и $B_{40}D_0$ будут определять плоскость P_i, параллельную оси цилиндра и пересекающую его поверхность по образующим t' и t''. Точки пересечения E_{19} и F_{31} прямой $A_{10}B_{40}$ с этими образующими будут искомыми точками встречи прямой с поверхностью цилиндра. Числовые отметки точек E_{19} и F_{31} определяются градуированием отрезка прямой $A_{10}B_{40}$ (на чертеже градуирование не показано).

4.4. Построить сечение сферы плоскостью общего положения ω_i.

Решение (рис. 55). Для нахождения сечения сферы плоскостью общего положения строится профиль $O'x'y'z'$, плоскость $O'x'z'$ которого перпендикулярна горизонталям заданной плоскости ω_i. В этом случае заданная плоскость общего положения на этом профиле будет проецирующей. Поэтому вводится новая декартова система координат, причем ось x' перпендикулярна горизонталям плоскости ω_i, ось z' выбирается вертикально и перпендикулярно к оси x', а ось y' совпадает с началом отсчета O'. Для решения этой задачи профиль удобнее строить в проекционной связи, как показано на рис. 55. На профиле плоскость ω_i будет изображаться в виде прямой, совпадающей с линией падения плоскости, сфера –

в виде окружности. На профиле находят общие точки плоскости и сферы и с помощью линий проекционной связи переносят на план (точка c_{26} – это точка пересечения осей эллипса, построение которой показано на рис. 55). Большая ось эллипса, проходящая через точку c_{26}, пересекает очерк сферы в двух точках. Точки, принадлежащие экватору сферы, будут являться точками изменения видимости сечения.

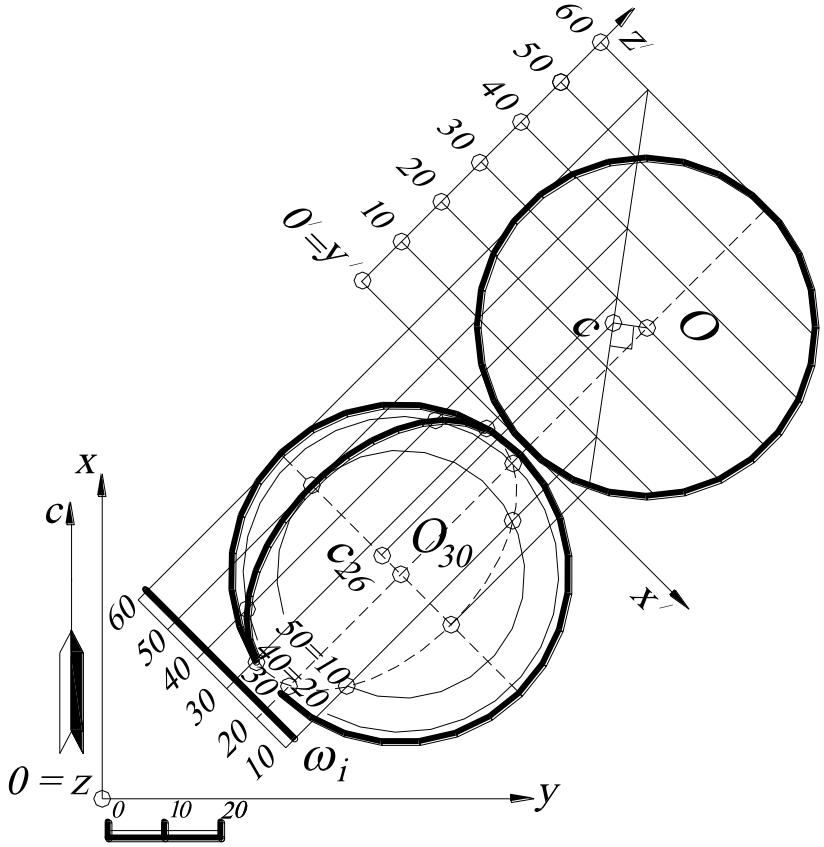


Рис. 55.

4.5. Найти точки (точку) пересечения прямой $F_{10}E_{60}$ общего положения с поверхностью сферы.

Решение (рис. 56). ***Алгоритм*** этой задачи связан с основной позиционной задачей (нахождение точки пересечения прямой с плоскостью):

1. Через прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник.

2. Находят пересечение вспомогательной плоскости-посредника со сферой (окружность).

3. Определяют точки пересечения (вместе с их высотными отметками) полученного сечения с заданной прямой.

4. Определяют видимость заданной прямой.

На чертеже в проекциях с числовыми отметками этот алгоритм реализуется следующим образом. Через прямую $E_{60}F_{10}$ проводят вертикальную плоскость-

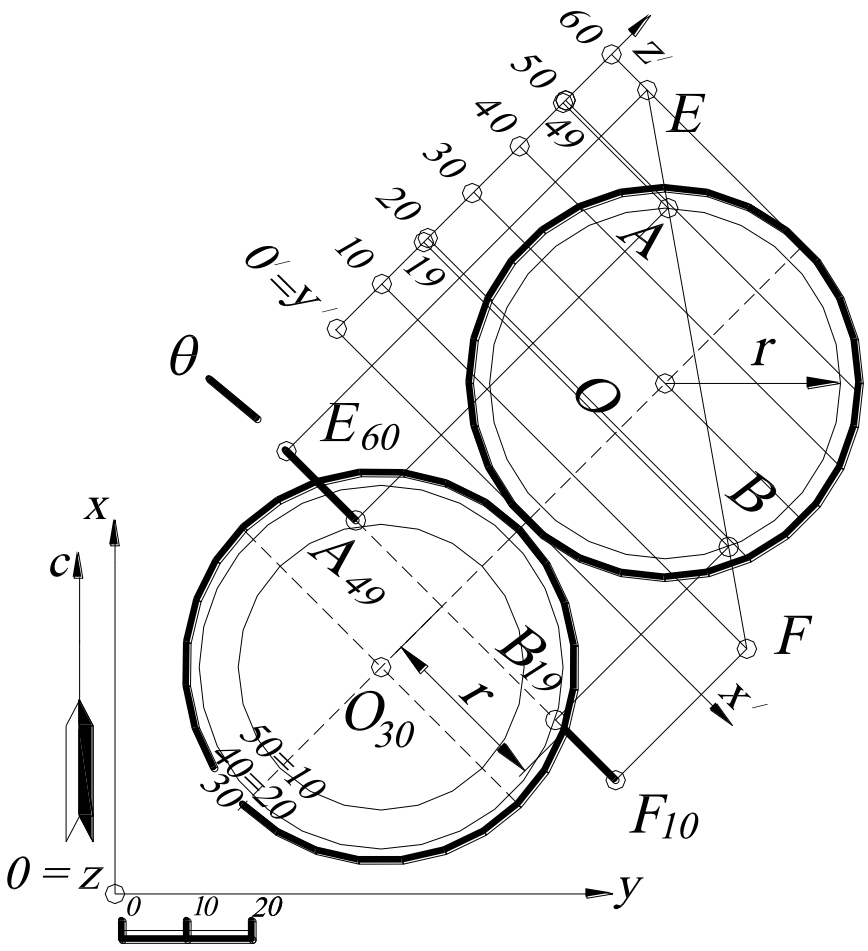


Рис. 56.

посредник θ. Затем строится профиль $O'x'y'z'$ (новая декартова система координат) так, чтобы ось x' была параллельна проекции (заложению) прямой $E_{60}F_{10}$, так как в этом случае сечение сферы радиуса r на этот профиль спроецируется без искажения, а прямая изобразится в виде прямой AB. На профиле определяются общие точки сечения и заданной прямой – A_{49} и B_{10}, которые потом с помощью линий проекционной связи переносятся на план. Видимость прямой $E_{60}F_{10}$ определяют относительно поверхности сферы, то есть если поверхность сферы видима, то прямая невидима (и наоборот).

4.6. Построить сечение прямого кругового конуса плоскостью общего положения θ_i, не проходящей через вершину конуса.

Решение (рис. 57, 58, 59, 60). Прямой круговой конус задаётся на плане горизонтальными сечениями (или параллелями), расстояния между которыми определяется расстоянием – интервалом конуса l_K. При пересечении конуса плоскостью общего положения θ_i, не проходящей через вершину конуса, возможны четыре варианта.

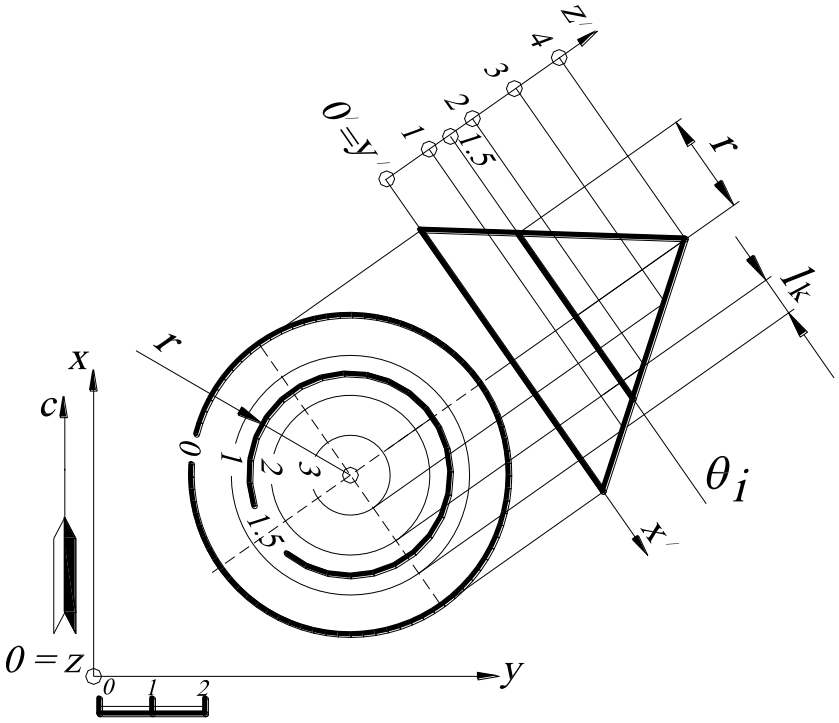


Рис. 57.

1. Окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна оси вращения конуса. Если на чертеже интервал (масштаб заложения) секущей плоскости равен бесконечности, то есть секущая плоскость θ_i параллельна основной плоскости проекций H, то в сечении получается окружность (все точки окружности имеют одну и ту же высотную отметку, например ***1,5*** (см. рис. 57).

2. Эллипс (***или его часть***)***,*** когда секущая плоскость θ_i пересекает все образующие одной полы конуса (или могут пересекать), но не перпендикулярна оси конуса. На чертеже в проекциях с числовыми отметками если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ будет больше интервала (масштаба заложения) образующей поверхности заданного конуса l_k, $l_\theta > l_k$, то в сечении получается эллипс или его часть (см. рис. 58). Для построения эллипса на плане используют

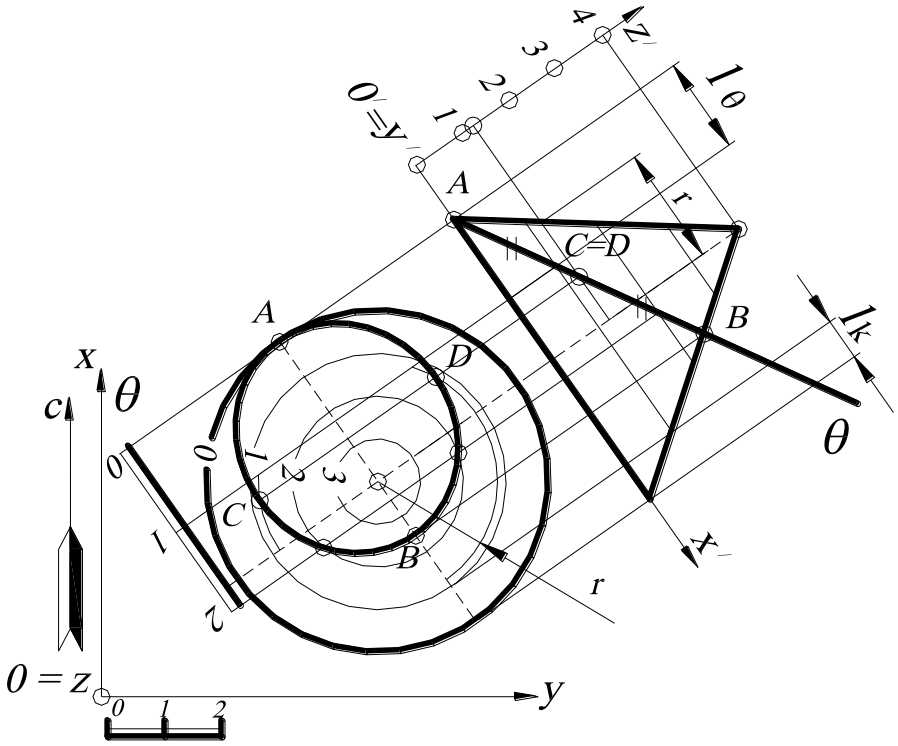


Рис. 58.

профиль, плоскость которого выбирают так, чтобы плоскость θ_i стала проецирующей, то есть перпендикулярной горизонталям плоскости θ_i.

3. Гипербола, когда секущая плоскость θ параллельна двум образующим. (Гипербола имеет две бесконечно удаленные точки). Если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ меньше интервала (масштаба заложения) образующей конуса l_k (см. рис. 59) или секущая плоскость перпендикулярна основанию конуса, то в сечении получается гипербола $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

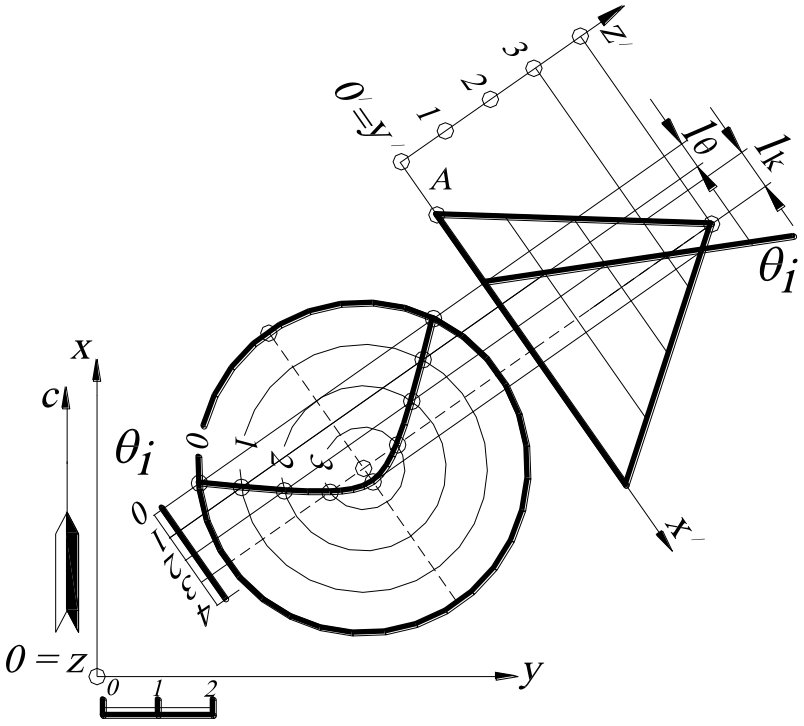


Рис. 59.

Если $l_\theta = 0$, гипербола на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

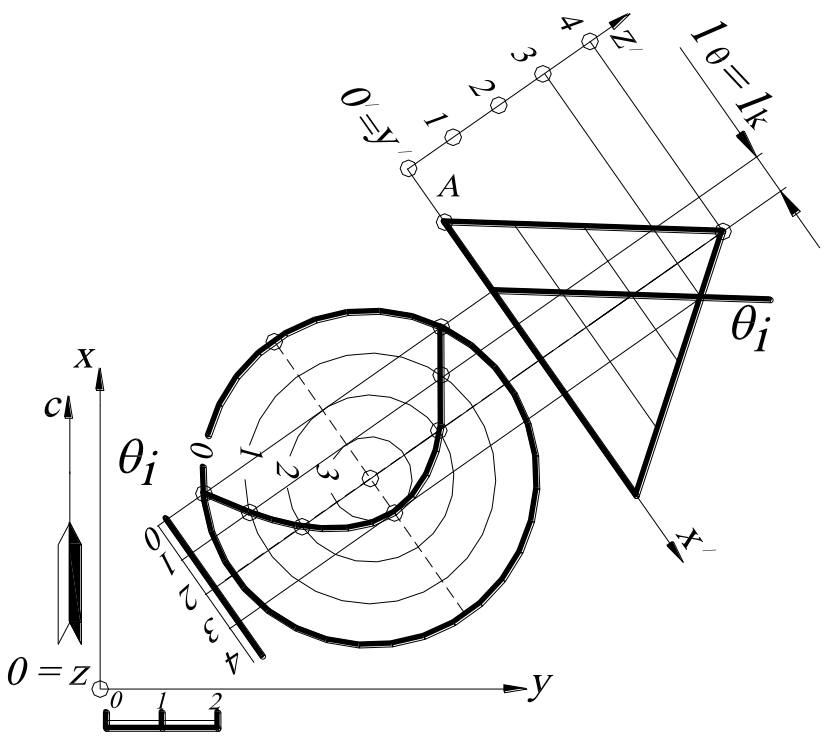


Рис. 60.

4. Парабола, когда секущая плоскость θ_i параллельна одной образующей конуса вращения (парабола имеет одну бесконечно удаленную точку). На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ равен интервалу (масштабу заложения) образующей конуса l_k, то в сечении получается парабола $l_\theta = l_k$, $y^2 = 2px$ (см. рис. 60).

Если *секущая плоскость проходит через вершину конуса*, то в сечении может получиться (рис. 61):

а) *две изотропные (мнимые) прямые,* в пересечении которых появляется действительная точка – вершина конуса *S*, при этом интервал секущей плоскости l_θ будет больше интервала образующей конуса вращения l_k: $l_\theta > l_k$;

б) *две совпавшие прямые*, интервал секущей плоскости l_θ будет равен интервалу образующей конуса l_k: $l_\theta = l_k$;

в) *две пересекающиеся прямые*, интервал секущей плоскости l_θ меньше интервала образующей конуса l_k: $l_\theta < l_k$ (а также если секущая плоскость проходит через ось конуса).

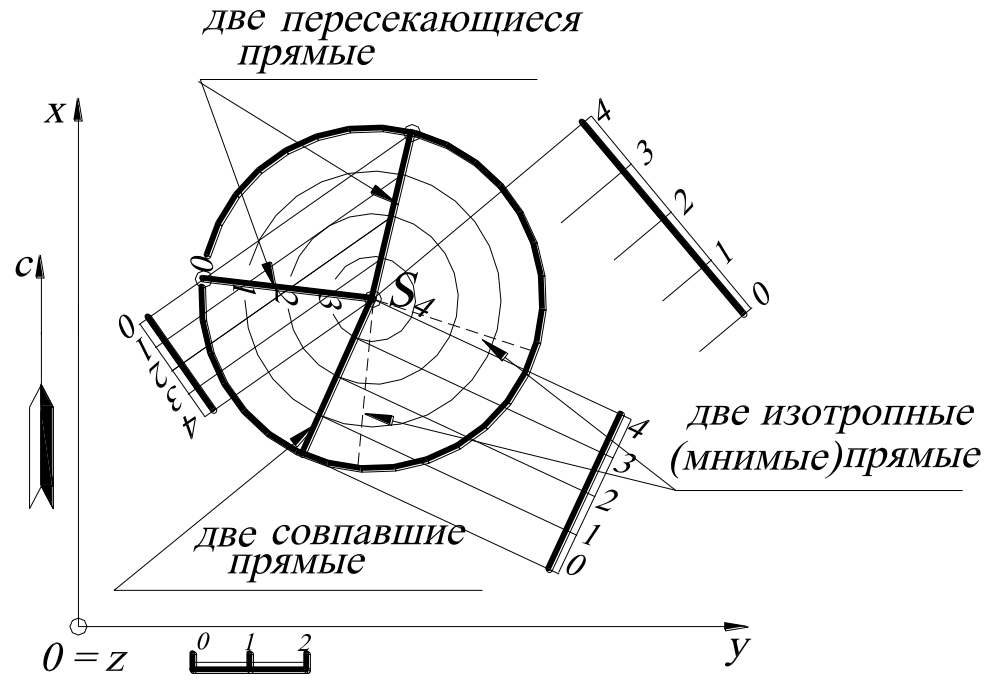


Рис. 61.

4.7. Найти точки пересечения прямой $A_{10}B_{40}$ и прямого кругового конуса, заданного вершиной S_{60} и основанием заданного радиуса с отметкой ***10***.

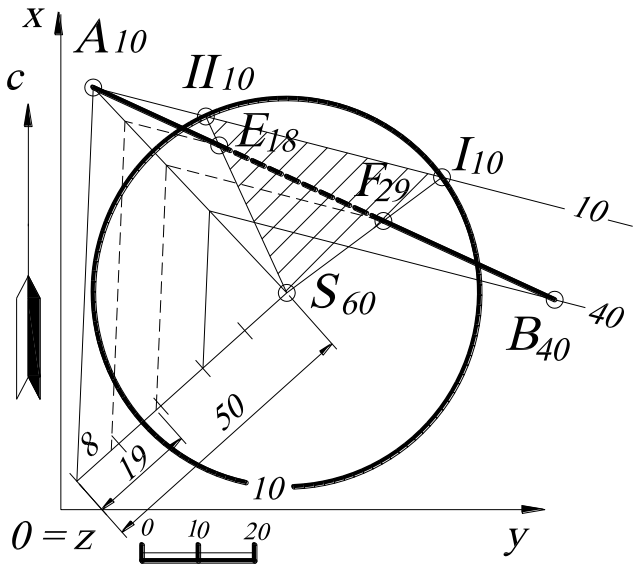


Рис. 62.

Решение (рис. 62). Алгоритм решения этой задачи см. в задаче 4.5. Через вершину конуса S_{60} (см. задачу 4.3) и прямую $A_{10}B_{40}$ задают плоскость $S_{60}A_{10}B_{40}$ – это плоскость общего положения. Строят горизонтали этой плоскости (например, ***40***-ю и ***10***-ю), проградуировав отрезок $S_{60}A_{10}$. Находят пересечение плоскости $S_{60}A_{10}B_{40}$ с поверхностью заданного

конуса – это две образующие $S_{60}I_{10}$ и $S_{60}II_{10}$. Затем определяют точки пересечения заданной прямой $A_{10}B_{40}$ и полученных образующих $S_{60}I_{10}$ и $S_{60}II_{10}$ – E_{18} и F_{29}, числовые отметки которых определяются градуированием отрезка прямой $A_{10}B_{40}$ (см. построение на рис. 62).

4.8. Найти расстояние от точки A_{30} до поверхности прямого кругового конуса, заданного вершиной S_{40} и основанием – окружностью заданного радиуса с отметкой ***0***.

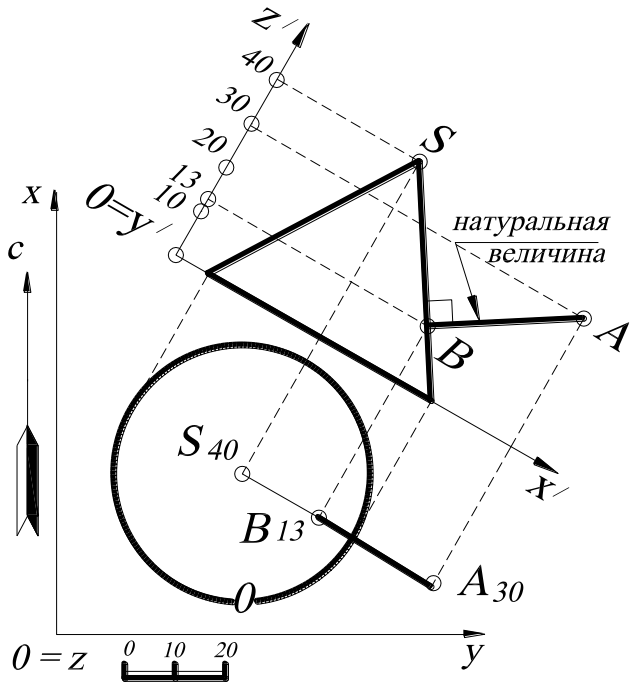


Рис. 63.

Решение (рис. 63). Расстоянием до поверхности конуса является перпендикуляр, опущенный из точки A_{30} к ближайшей образующей конуса. Проекция этого перпендикуляра на плане будет находиться в плоскости, задаваемой точкой A_{30} и осью конуса. Для нахождения точки пересечения этого перпендикуляра с поверхностью конуса строится профиль, параллельный этой плоскости. На профиле определяется точка пересечения перпендикуляра с поверхностью конуса ***B*** и её числовая отметка – ***13***, а также натуральная величина расстояния $A_{30}B_{13}$ (так как отрезок прямой $A_{30}B_{13}$ параллелен плоскости профиля).

4.9. Построить касательную плоскость к поверхности прямого кругового конуса, проходящую через точку K_{20}. Конус задан вершиной S_{30} и основанием ***n*** – окружностью заданного радиуса с числовой отметкой ***0***.

Решение (рис. 64). Известно, что касательная плоскость к поверхности в точке определяется двумя касательными, проведёнными к кривым поверхности,

проходящими через эту точку. Вершина конуса является особой точкой, и через неё проходят множество касательных – образующих конуса. Следовательно, касательная плоскость в этом случае задается прямой $K_{20}S_{30}$ и любой касательной прямой, проведённой к поверхности конуса, например к его параллели.

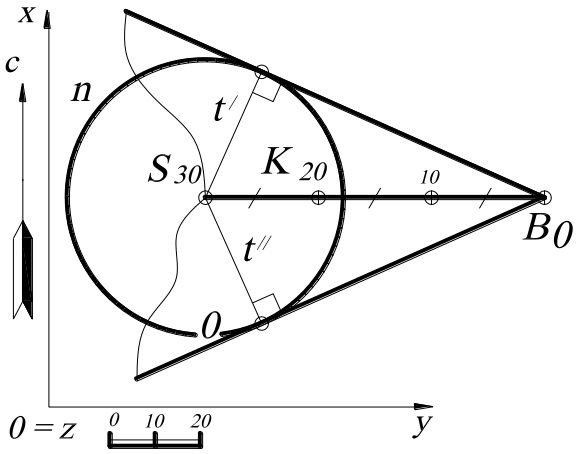


Рис. 64.

Точка K_{20} не принадлежит поверхности конуса. Для построения касательной к основанию конуса определяют точку B_0 – пересечение прямой $S_{30}K_{20}$ с основной плоскостью проекций H. Из точки B_0 строят касательные прямые к основанию конуса n, и в точках касания с основанием конуса определяют образующие конуса t' и t''. Касательные к основанию конуса и образующие t' и t'' будут задавать две касательные плоскости. Решение задачи не изменилось бы, если строить горизонталь конуса с числовой отметкой 20 и проводить к ней касательные из точки K_{20}.

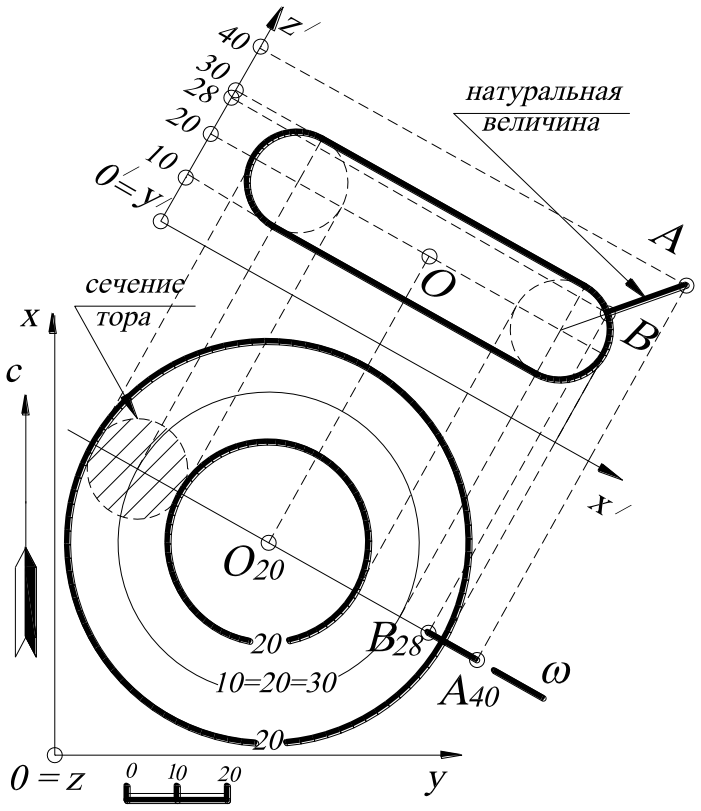


Рис. 65.

4.10. Найти расстояние от точки A_{40} до поверхности тора (круговое кольцо, «бублик»).

Решение. Тор образован вращением окружности вокруг оси, принадлежащей плоскости этой окружности

(эта окружность показана на рис. 65). Расстоянием является прямая, соединяющая заданную точку A_{40} с центром этой окружности – сечением тора, и будет находиться в плоскости, проходящей через центр тора ω. Для нахождения точки пересечения прямой и тора строится профиль параллельно проецирующей плоскости ω.

На профиле определяется искомая точка ***B*** и её числовая отметка ***28***. На плане точка B_{28} находится с помощью линии проекционной связи. Натуральная величина расстояния определяется на профиле (по построению).

4.11. Построить линейчатую поверхность, направляющие ***p, q, r*** которой – скрещивающиеся прямые (рис. 66).

Решение. Образующая ***l***, проходящая через точку ***P***, принадлежащую направляющей ***p***, пересекает прямые ***q*** и ***r*** и при движении точки ***P*** по прямой ***p*** описывает поверхность, называемую ***однополостным (линейчатым) гиперболоидом***. В этом случае необходимо найти образующую ***l***, проходящую через точку ***P*** и две скрещивающиеся прямые ***q*** и ***r***.

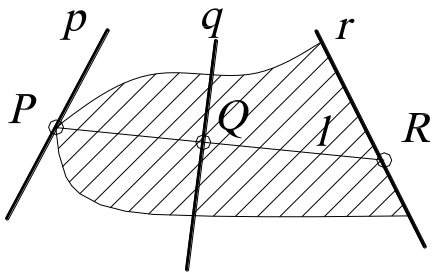


Рис. 66.

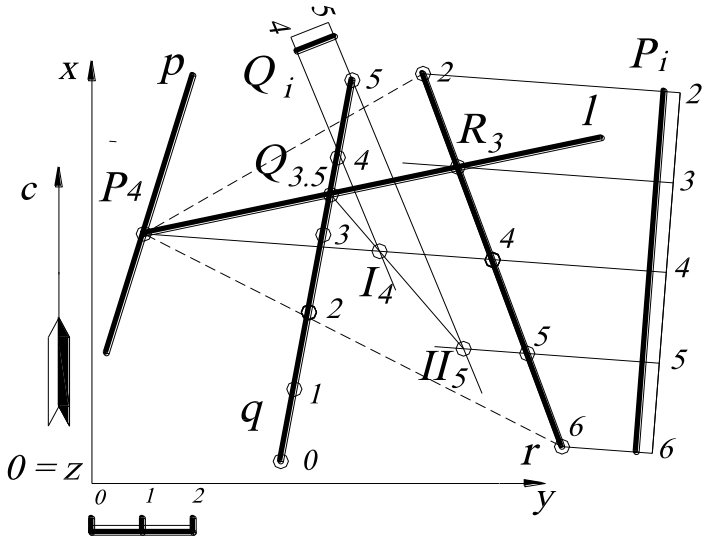


Рис. 67.

Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости, рис. 67).

Алгоритм.

1. На прямую ***r*** (можно выбрать и другую прямую, то есть ***q***) и точку ***P*** «натягивают»

плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают горизонталями P_i.

2. Находят точку пересечения прямой q с плоскостью P_i:

   а) через прямую q проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i;

   б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_4II_5;

   в) находят точку пересечения прямой I_4II_5 и прямой q – точка $Q_{3,5}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку P_4 и построенную точку $Q_{3,5}$, будет искомой прямой l.

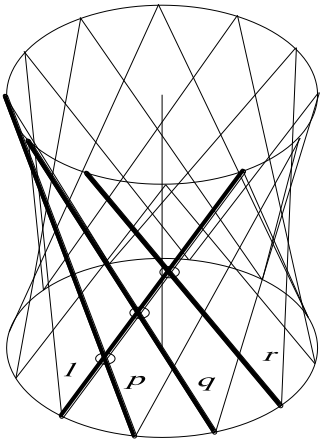


Рис. 68.

Форма поверхности показана на рис. 68.

На рис. 69 построен однополостный гиперболоид в проекциях с числовыми отметками. На профиле очерк гиперболоида – гипербола, которая строится по точкам пересечения параллелей с плоскостью главного меридиана или может быть построена на профиле как огибающая вращающейся образующей l в разных её положениях; на плане очерк однополостного гиперболоида – горловая окружность (горловая параллель) – огибающая горизонтальных проекций прямолинейных образующих l. Однополостный гиперболоид является поверхностью второго порядка.

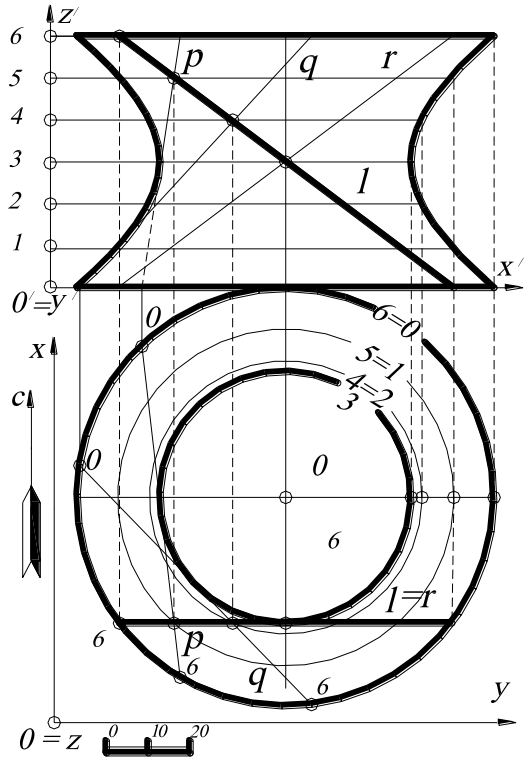


Рис. 69.

Множество прямых, с которыми совпадает при вращении образующая l, называют 1-м семейством на гиперболоиде. Из симметрии поверхности вращения относительно меридиональной плоскости следует существование на гиперболоиде 2-го семейства

прямых. Прямые 1-го семейства закручены влево, прямые 2-го – вправо. Любые две прямые одного семейства скрещиваются, любые две прямые из разных семейств пересекаются (или параллельны). Через каждую точку однополостного гиперболоида проходят одна правая и одна левая прямые.

4.12. Построить к заданной кривой $A_3B_2C_1D_0$ поверхность одинакового ската с углом наклона поверхности к основной плоскости проекций H, равным $\alpha=70^0$.

Решение (рис. 70). Построения выполняются следующим образом:

1. В соответствии с масштабом чертежа строится профиль, в котором проводится прямая под углом α. Получаемый при этом отрезок l характеризует интервал образующих конусов.

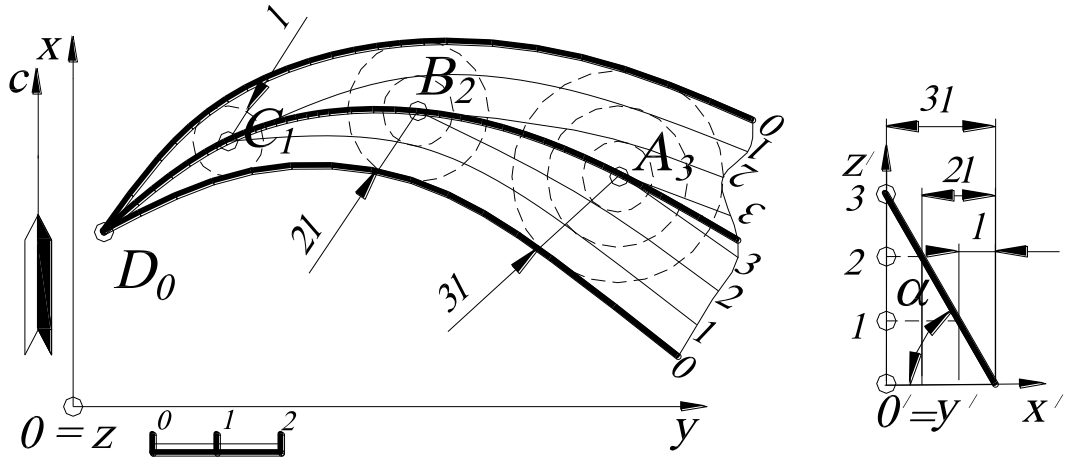


Рис. 70.

2. В соответствии с интервалом l строятся образующие конусов с центрами в точках $C_1B_2A_3$.

3. По касательным к горизонталям конусов с одинаковыми высотными отметками проводятся лекальные кривые горизонталей поверхности одинакового ската.

Наглядное изображение этой поверхности представлено на рис. 71.

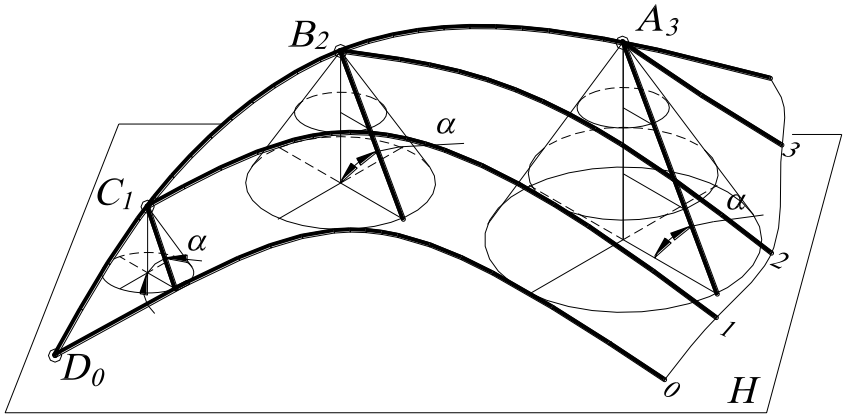
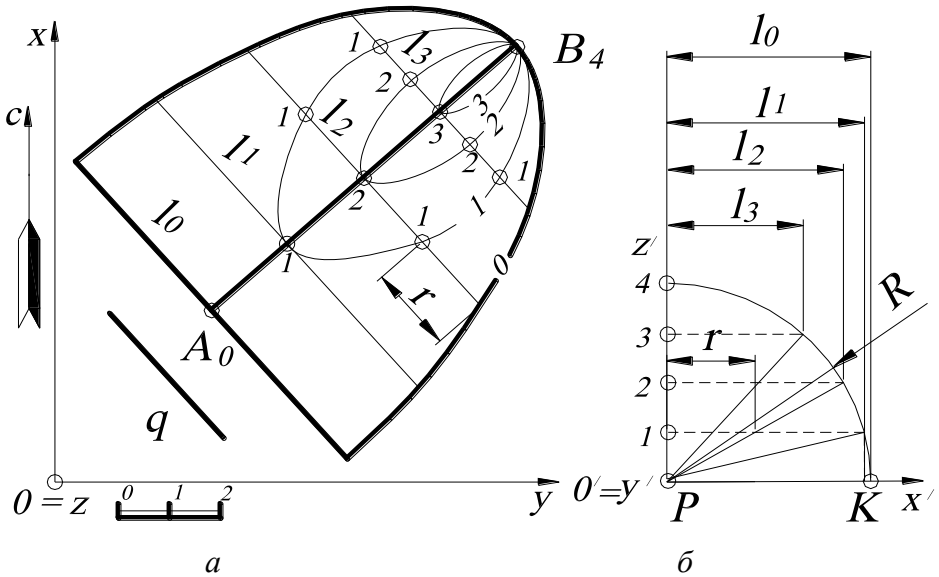


Рис. 71.

4.13. Построить поверхность равнодлинного откоса (частный случай коноида), образующая которой – прямая ***l***, параллельная плоскости параллелизма ***q***. Образующая постоянной длины ***|l|=4*** (по масштабу чертежа) этой поверхности одним концом скользит по направляющей прямой A_0B_4, а другим по горизонтальной плоскости проекций ***H***. Натуральная величина образующей определяется расстоянием от точки B_4 до горизонтальной плоскости проекций ***H***.

Решение (рис. 72). В общем случае поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (вершины этих конусов лежат на направляющей (прямой) A_0B_4, а основания – на горизонтальной плоскости проекций ***H***). Тогда образующую конуса можно



а *б*

Рис. 72.

рассматривать как постоянную образующую поверхности равнодлинного откоса, параллельную плоскости $q \perp H$ (рис. 72, *а*).

Для определения горизонтальных проекций образующих части поверхности равнодлинного откоса проводят окружность (на рис.72, *б* показана часть этой окружности) радиуса $R=4$, равного длине отрезка образующей $PK=l_0$. Рассекают эту окружность отрезками горизонтальных прямых, расстояния между которыми в масштабе чертежа равны единице (линейный масштаб). Длину отрезка PK можно рассматривать как постоянную образующую конусов.

Затем строятся образующие поверхности равнодлинного откоса, проходящие через отметки ***0***, ***1***, ***2***, ***3***, причём горизонтальные проекции этих образующих на плане перпендикулярны направляющей A_0B_4. В точке с отметкой «***4***» образующая поверхности будет проецирующей.

Построенные образующие на плане градуируют с интервалом, равным единице, то есть определяют промежуточные высотные отметки, расположенные между концами отрезка образующей. Градуировка осуществляется с помощью переноса соответствующих высотных отметок. Для этого используется сетка горизонтальных сечений на профиле (рис. 72, *б*) (например, расстояние ***r*** на образующей l_2 соответствует точке с высотной отметкой ***1***). Точки с одинаковыми высотными отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые являются горизонталями поверхности равнодлинного откоса.

Наглядное изображение этой поверхности представлено на рис. 73.

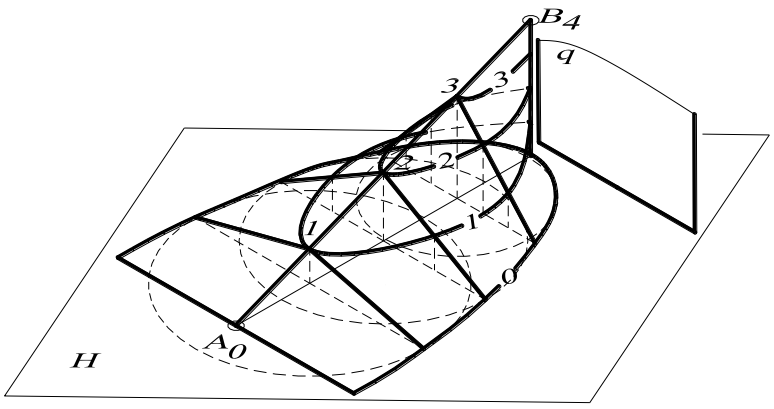


Рис. 73.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

4.1. Определить расстояние от поверхности сферы до прямого кругового конуса. Сфера с центром ***O(50, 60, 70)***, $R_{сферы}$***=25 мм***. Конус с вершиной ***S(20, 30, 80)*** и основанием конуса – окружностью ***R=20 мм***, принадлежащей плоскости проекций ***xOy***.

4.2. Найти на поверхности наклонного конуса с круглым основанием образующие, наклонённые к основной плоскости проекций ***xOy*** под углом 30^0. Конус задан вершиной ***S(110***, ***10***, ***60)*** и основанием – окружностью с центром ***O(35***, ***55***, ***0)*** и радиусом ***R=30 мм***.

4.3. Построить проекцию сферы радиусом ***30 мм***, касательной к горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, к плоскости общего положения $A_{60}B_0C_{30}$ и к вертикальной плоскости, проходящей через *а)* ось ***Ox***, *б)* ось ***Oy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(50***, ***45***, ***60)***, ***B(50***, ***105***, ***0)***, ***C(10***, ***75***, ***30)***.

4.4. На отрезке прямой $A_{40}B_{20}$ построить точку $C_?$, удалённую от начала системы координат ***O*** на ***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***10***, ***40)***, ***B(40***, ***50***, ***20)***.

4.5. Построить проекции конуса вращения с вершиной в точке S_{60}. Отрезок прямой $S_{60}K_{45}$ – одна из образующих конуса. Окружность основания лежит в плоскости $A_{50}B_{30}C_0$. Проекции точек заданы координатами: ***A(10***, ***10***, ***50)***, ***B(65***, ***30***, ***30)***, ***C(10***, ***60***, ***0)***, ***S(35***, ***75***, ***60)***, ***K(55***, ***25***, ***45)***.

4.6. Построить проекцию конуса вращения, лежащего на горизонтальной плоскости проекций и касающегося её по прямой $O_?S_?$. Точка $S_?$ – вершина конуса; угол, который образующая составляет с осью конуса, - 30^0. Радиус окружности основания – ***30 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***O(35***, ***15***, ***?)***, ***S(35***, ***75***, ***?)***.

4.7. Через прямую $A_{45}B_{65}$ провести плоскость ω, касательную к сфере с центром ***O(30***, ***65***, ***35)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30***, ***10***, ***45)***, ***B(30***, ***45***, ***65)***.

4.8. Построить проекцию конуса вращения, основание которого принадлежит плоскости $A_{50}B_{30}C_0$, высота ***h=60 мм*** и радиус основания ***R=25 мм***. Центр основания – точка ***O(35***, ***40***, ***20)***. Проекции точек заданы координатами: ***A(10***, ***10***, ***50)***, ***B(65***, ***30***, ***30)***, ***C(10***, ***60***, ***0)***.

4.9. Построить проекцию прямого цилиндра вращения, основание которого принадлежит плоскости $A_{50}B_{30}C_0$, высота ***h=60 мм*** и радиус основания ***R=25 мм***. Центр основания – точка ***O(35***, ***40***, ***20)***. Проекции точек плоскости заданы координатами: ***A(10***, ***10***, ***50)***, ***B(65***, ***30***, ***30)***, ***C(10***, ***60***, ***0)***.

4.10. Построить проекции точек пересечения прямой со сферой, заданной центром ***O(35***, ***55***, ***30)*** и радиусом ***R= 30 мм***. Прямая задана проекциями точек: *а)* ***A(15***, ***20***, ***15)***, ***B(15***, ***90***, ***15)***, *б)* ***C(20***, ***40***, ***70)***, ***D(20***, ***40***, ***0)***, *в)* ***F(70***, ***45***, ***60)***, ***E(25***, ***95***, ***20)***.

4.11. Построить проекции точек пересечения прямой с прямым конусом вращения, заданным вершиной ***S(35***, ***50***, ***50)***, окружностью основания с центром ***O(35***, ***50***, ***0)*** и радиусом ***R=30 мм***, лежащей в горизонтальной плоскости проекций ***xOy***. Прямая задана проекциями точек: *а)* ***A(15***, ***20***, ***15)***, ***B(15***, ***90***, ***15)***, *б)* ***C(20***, ***40***, ***70)***, ***D(20***, ***40***, ***0)***, *в)* ***F(65***, ***20***, ***40)***, ***E(35***, ***85***, ***10)***.

4.12. Через прямую $A_{40}B_{60}$ провести плоскость ω, пересекающую прямой конус вращения по параболе. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Прямая задана проекциями точек: ***A(10***, ***5***, ***40)***, ***B(55***, ***30***, ***60)***.

4.13. Построить сечение прямого конуса вращения плоскостью, которая проходит через прямую ***KM*** и перпендикулярна к образующим этого конуса. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Найти натуральную величину сечения. Координаты точек – ***K(80***, ***35***, ***40)***, ***M(20***, ***15***, ***40)***.

4.14. Построить сечение прямого конуса вращения плоскостью, которая проходит через прямую ***KM*** и параллельна образующим этого конуса. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Найти натуральную величину сечения. Координаты точек – ***K(65***, ***50***, ***0)***, ***M(0***, ***50***, ***0)***.

4.15. Построить сечение прямого конуса вращения плоскостью, проходящей через отрезок прямой ***KE*** и наклонённой к горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** под углом 75^0. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Найти натуральную величину сечения. Координаты точек – ***K(65***, ***50***, ***55)***, ***E(0***, ***50***, ***55)***.

4.16. Построить сечение наклонного цилиндра плоскостью, проходящей через точку ***A(35***, ***85***, ***80)*** и перпендикулярной к образующим данного цилиндра. Цилиндр задан осью $O_0O'_{80}$ и основанием – окружностью, лежащей в горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(35***, ***105***, ***0)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекция точки $O'(35, 25, 80)$. Найти натуральную величину сечения.

5. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

5.1. Найти высотную отметку точки $A_?$, принадлежащую топографической поверхности.

Решение (рис. 74). Через точку $A_?$ на плане проводят линию ската $I_{90}II_{80}$, являющуюся прямой перепада высот, которую затем градуируют. Для этого из точки I_{90} проводят отрезок прямой $I_{90}II'$ под произвольным углом α и откладывают на нём от точки I_{90} разницу высотных отметок, выбрав единичный масштаб (см. задачу 1.1). Произвольный отрезок $I_{90}II'$, на котором откладывают разницу числовых отметок точек, называют шкалой масштабов. Соединяют полученную точку II' с точкой II_{80} . Затем с помощью подобных треугольников находят точку A', то есть проводят прямую из искомой точки A, параллельную отрезку прямой $II_{80}II'$. Далее по шкале масштабов определяют высотную отметку точки A на прямой $I_{90}II'$. Таким образом, высотная отметка точки A соответствует 84. С помощью вышеописанного построения можно строить промежуточные изогипсы.

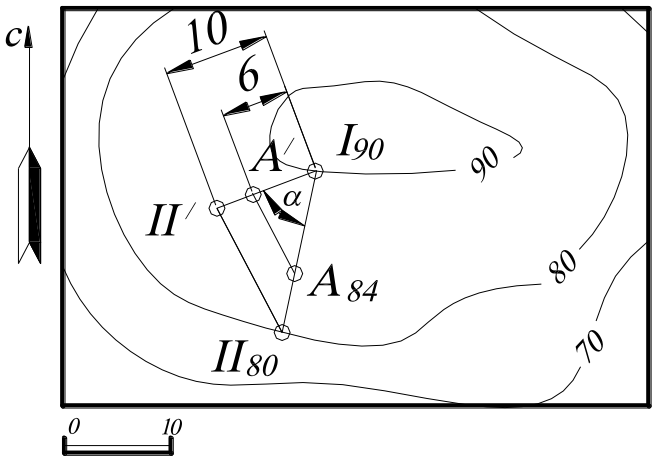


Рис. 74.

5.2. Построить линию пересечения топографической поверхности и плоскости.

Решение. При пересечении топографической поверхности плоскостью возможны три варианта.

1. Плоскость занимает проецирующее положение.

В этом случае проекция линии пересечения совпадает со следом плоскости (так как плоскость проецирующая), а линия пересечения будет иметь высотные

отметки, совпадающие с высотными отметками изогипс. Линию пересечения строят на профиле (в геологии такие сечения называют геологическими вертикальными разрезами). На рис. 75 показано построение линии пересечения проецирующей плоскости с топографической поверхностью.

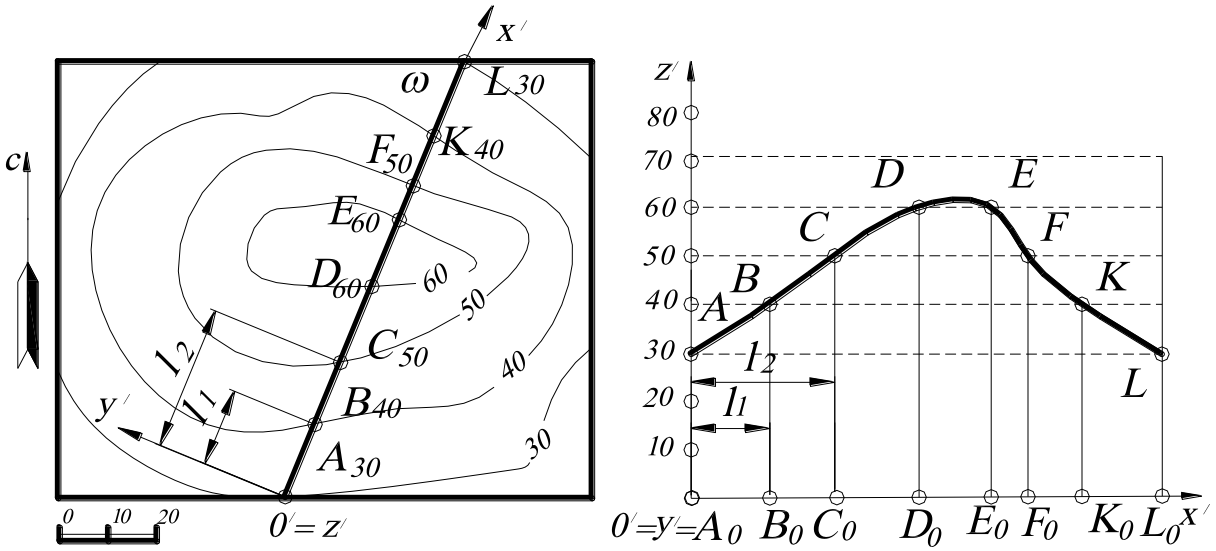


Рис. 75.

Построение осуществляется следующим образом. На плане задают новую систему координат $O'x'y'z'$, совпадающую с проекцией проецирующей плоскости ω, и находят точки пересечения с изогипсами A_{30}, B_{40}, C_{50}, D_{60}, E_{60}, F_{50}, K_{40}, L_{30}, имеющие одинаковые высотные отметки. На профиле по оси x' откладывают заложения этих точек l_1, l_2,… (на рис.75 показаны только два, остальные строятся аналогично) и получают основания точек A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0, K_0, L_0 (или проекции на основную плоскость проекций), которые затем поднимают по перпендикулярам на соответствующие высотные отметки и соединяют плавной кривой линией.

2. Плоскость занимает горизонтальное положение.

Найти линию пересечения заданной топографической поверхности горизонтальной плоскостью H_{82} (рис. 76). Нахождение линии пересечения топографической поверхности с горизонтальной плоскостью сводится к нахождению изогипсы, так как все изогипсы получаются в результате пересечения заданного

рельефа горизонтальными плоскостями. Однако если горизонтальная плоскость имеет числовую отметку, отличную от высоты заданного сечения топографической поверхности, то в этом случае необходимо найти изогипсу с промежуточной числовой отметкой.

Для определения на плане горизонтальной плоскости, проходящей через высотную отметку ***82***, необходимо построить изогипсу с отметкой ***82***. Для этого между изогипсами ***80*** и ***90*** строят ряд линий ската, считая, что перепад высот носит линейный характер. С помощью градуирования находят на этих линиях ската числовые отметки ***82*** (см. задачу 5.1) и, соединив последовательно полученные точки кривой линией, получают искомую изогипсу, которая называется промежуточной. Эта изогипса будет определять линию пересечения горизонтальной плоскости H_{82} с заданной топографической поверхностью.

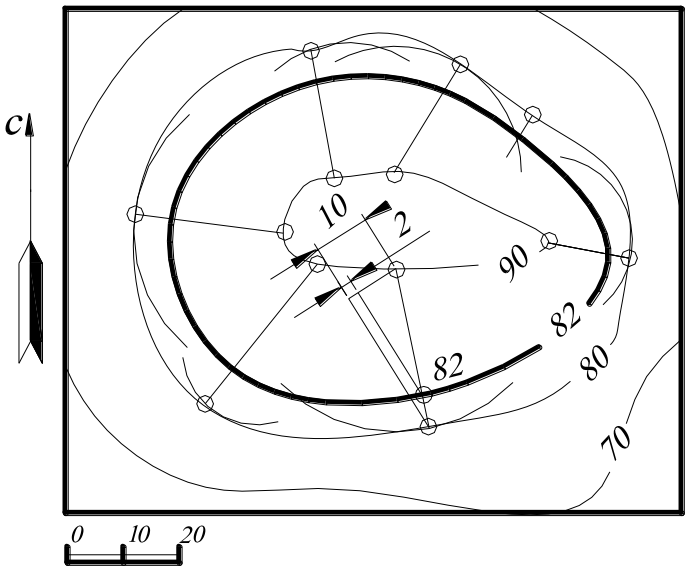


Рис. 76.

3. Плоскость занимает общее положение.

Для искомой линии пересечения заданных поверхностей (топографической поверхности и плоскости) необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежали бы заданным поверхностям.

Для нахождения общих точек необходимо в заданной плоскости построить горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс заданной топографической поверхности (рис. 77). Линии (горизонтали плоскости и изогипсы топографической поверхности) с одинаковыми высотными отметками в пересечении дадут общие точки, так как они лежат в одних горизонтальных

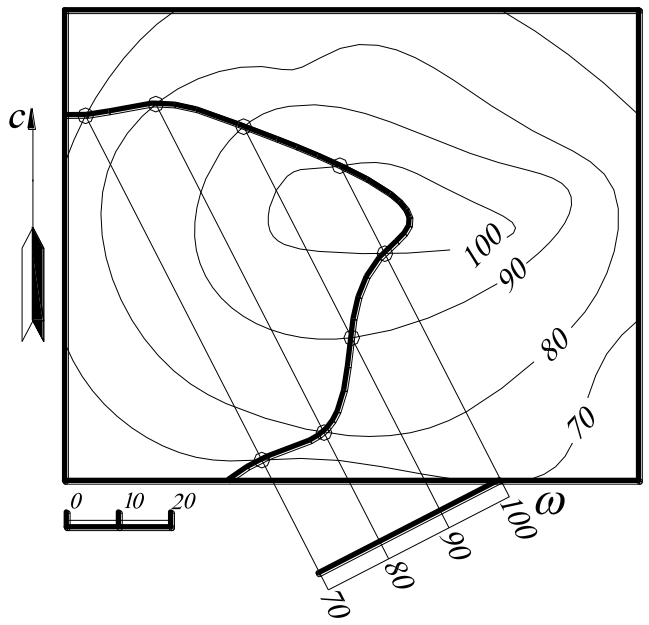


Рис. 77.

наковые высотные отметки, то есть с помощью горизонтальных вспомогательных плоскостей.

Однако иногда приходится применять и другие вспомогательные плоскости. Так, в случае рис. 78 точки ***A***, ***B*** и ***D*** построены с помощью горизонтальных плоскостей с отметками ***55*** и ***65*** (то есть промежуточных горизонталей плоскости P_i и промежуточных изогипс топографической поверхности). Горизонтали плоскости и поверхности с этими отметками начерчены штриховыми линиями. На плоскости их можно построить точно, а на поверхности их строят приближенно.

плоскостях. Затем найденные точки соединяют плавной кривой линией, которая будет являться пересечением плоскости с топографической поверхностью.

Линия пересечения топографической поверхности с плоскостью и любой другой поверхностью строится, вообще говоря, по точкам пересечения их одноимённых горизонталей, имеющих оди-

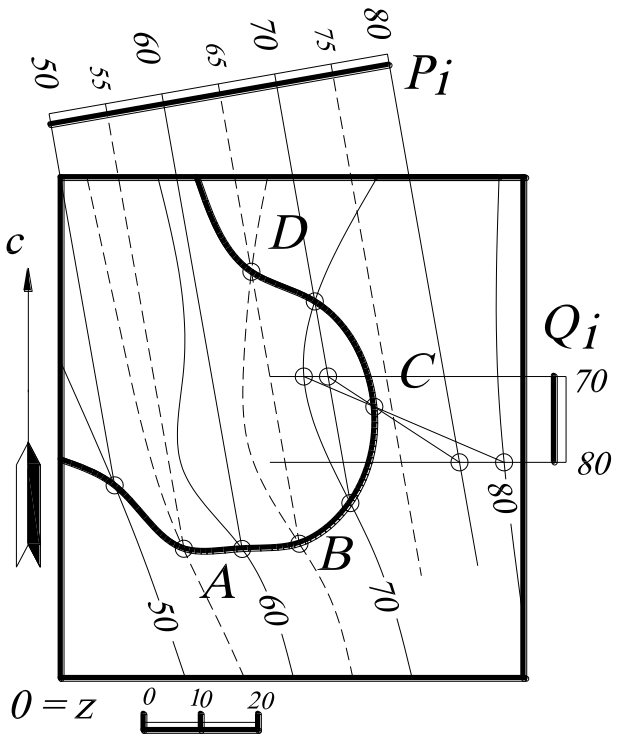


Рис. 78.

Точка ***C*** построена с помощью плоскости общего положения Q_i. Топографическую поверхность в окрестности этих точек считают плоскостью, а её горизонтали – параллельными прямыми; при этом линии её пересечения со вспомога-

тельными плоскостями – прямые. Другими словами, находят сначала пересечение плоскости Q_i с топографической поверхностью и с заданной плоскостью P_i (отрезки прямых), а затем пересечение этих отрезков – точка D.

5.3. Найти точки пересечения заданной топографической поверхности с прямой $A_{70}B_{40}$.

Решение. Для нахождения точек (точки) пересечения топографической поверхности и прямой пользуются следующим ***алгоритмом***.

1. Через заданную прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник. Таких плоскостей можно провести пучок ∞^1.

2. Находят линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника с заданной топографической поверхностью.

3. Искомые точки будут находиться на пересечении заданной прямой с найденной линией пересечения.

4. Определяется видимость на чертеже.

Рассмотрим применение этого алгоритма на конкретном примере (рис. 79).

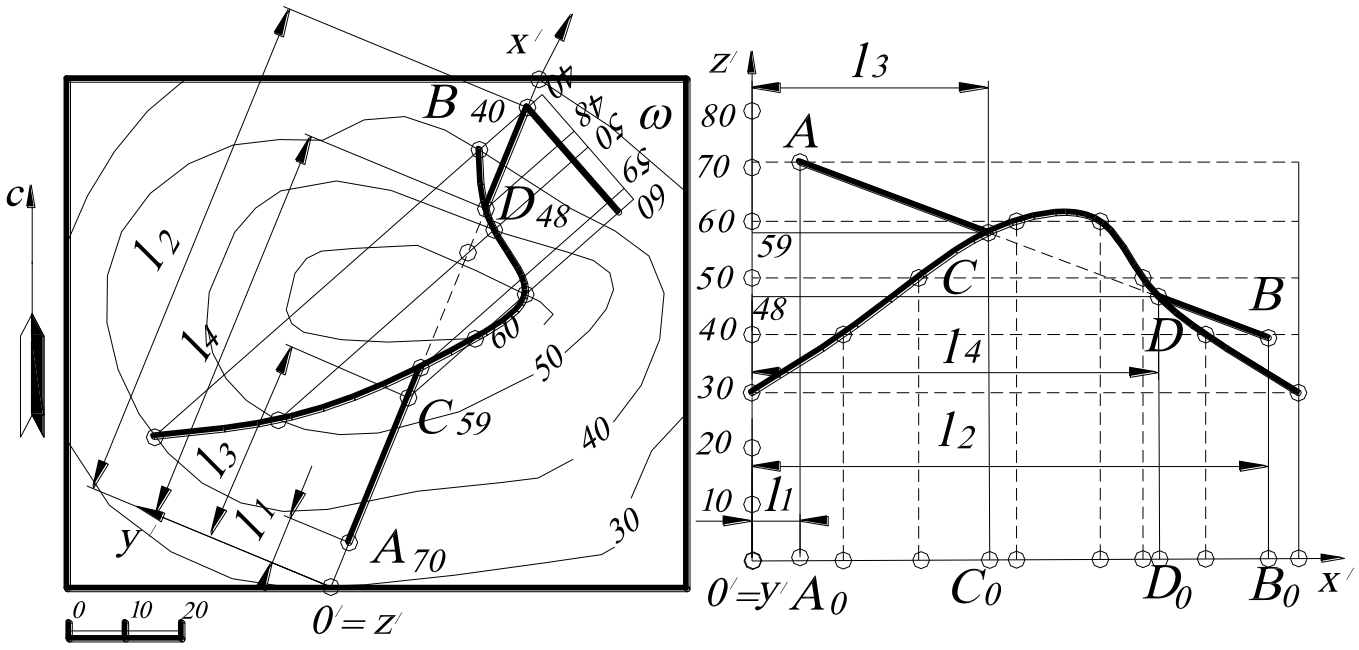


Рис. 79.

1. Через отрезок прямой $A_{70}B_{40}$ на плане проводят вспомогательную плоскость-посредник ω.

2. Находят линию пересечения этой плоскости-посредника ω с топографической поверхностью. Для этого градуируют прямую $A_{70}B_{40}$ и проводят горизонтали вспомогательной плоскости-посредника. Затем находят общие точки горизонталей ω и изогипс топографической поверхности, соединяя их последовательно плавной линией.

3. Находят точки пересечения C и D прямой $A_{70}B_{40}$ и построенной кривой линии и определяют их высотные отметки C_{59}, D_{48}.

4. Определяют видимость прямой $A_{70}B_{40}$ по конкурирующим точкам.

5.4. Построить линию пересечения топографической поверхности с усечённой пирамидой (в реальной ситуации с котлованом), уклоны боковых граней которой к горизонтальному основанию с числовой отметкой ***3***: ***i=1:1*** – с севера и юга и ***i=1:1,5*** – запада и востока.

Решение (рис. 80). Строят горизонтали западной и восточной граней пирамиды с интервалом ***1,5 м***, то есть полторы единицы линейного масштаба (см. п. 2.4), а севера и юга – ***1 м*** (одна единица линейного масштаба). Прямые пересечения смежных граней (рёбра пирамиды) проходят через точки пересечения одноимённых горизонталей этих граней. Линия пересечения поверхностей определяется как линия, соединяющая точки пересечения изогипс топографической поверхности и горизонталей граней пирамиды с одинаковыми высотными отметками. Видимость определяется по конкурирующим точкам, принадлежащим рёбру пирамиды и изогипсе. Например, точки A_5 и B_4 принадлежат обеим поверхностям, проекции которых совпадают. Если точка A_5 принадлежит топографической поверхности, а точка B_4 – поверхности пирамиды, при этом точка A_5 находится выше, то это означает, что топографическая поверхность является видимой. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

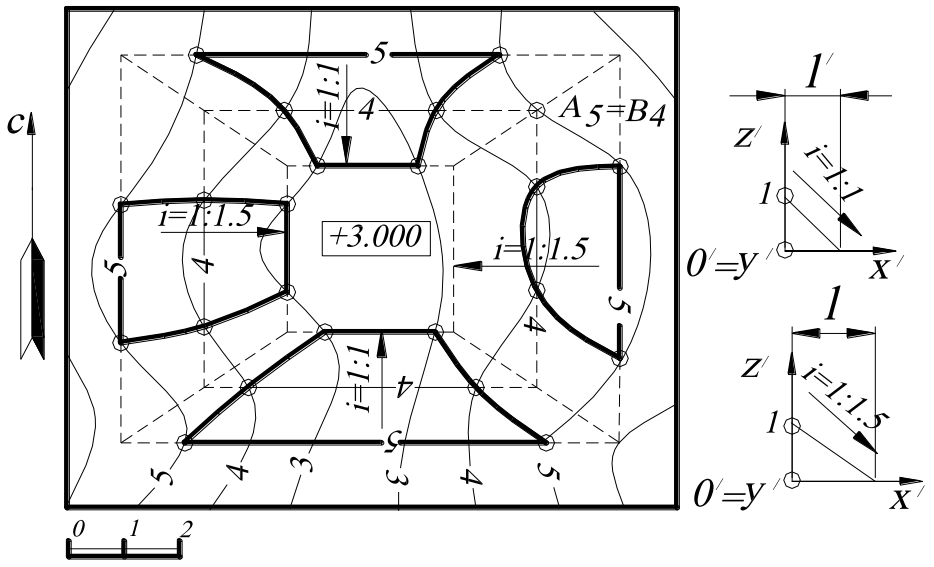


Рис. 80.

5.5. Найти линию пересечения топографической поверхности с коническим котлованом, угол падения образующих которого равен 45^0. Дно котлована - окружность с числовой отметкой ***3***.

Решение (рис. 81). На конической поверхности (котловане) строят горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс топографической поверхности. Для этого на профиле определяют интервал горизонталей конуса ***l***. Находят точки пересечения линий, имеющих одинаковые высотные отметки и, последовательно соединив эти точки плавной кривой, получают искомую линию пересечения. Видимость поверхностей определяется исходя из условия конкурирующих точек, принадлежащих обеим поверхностям, проекции которых совпадают,

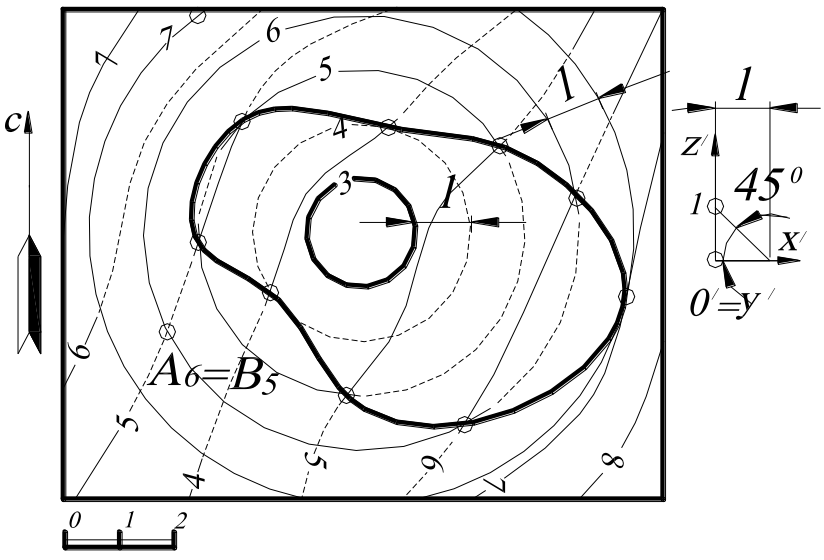
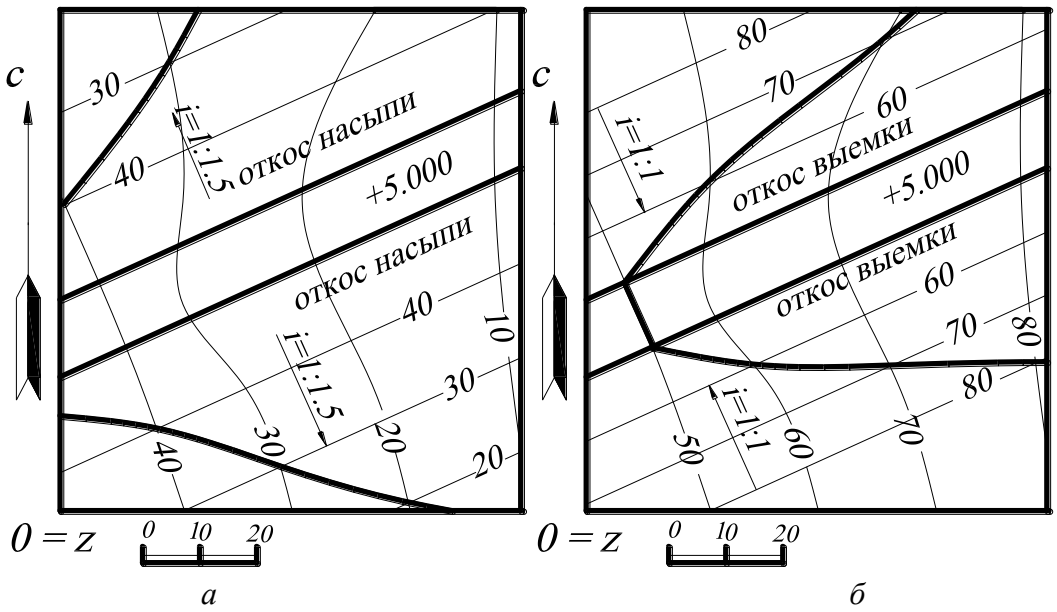


Рис. 81.

например A_6 и B_5. Другими словами, если точка A_6 принадлежит поверхности конуса, а точка B_5 - топографической поверхности, при этом точка A_6 находится выше, то это означает, что конус является видимым. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

5.6. Построить откосы и найти их пересечение с топографической поверхностью: а) насыпи прямолинейного горизонтального участка дороги с отметкой ***5***; уклон насыпи ***i=1:1,5***; б) выемки прямолинейного участка дороги с отметкой ***5***; уклон выемки ***i=1:1*** (рис. 82, *а*, *б*).

Решение. Сначала строят плоскости откосов (построение уклона, см. задачу 1.9), которые задаются горизонталями: а) интервал горизонталей на откосах насыпи – ***1,5*** (то есть полторы единицы линейного масштаба); б) интервал на откосах выемки – ***1*** (одна единица линейного масштаба. Затем находят общие точки построенных горизонталей и изогипс топографической поверхности.

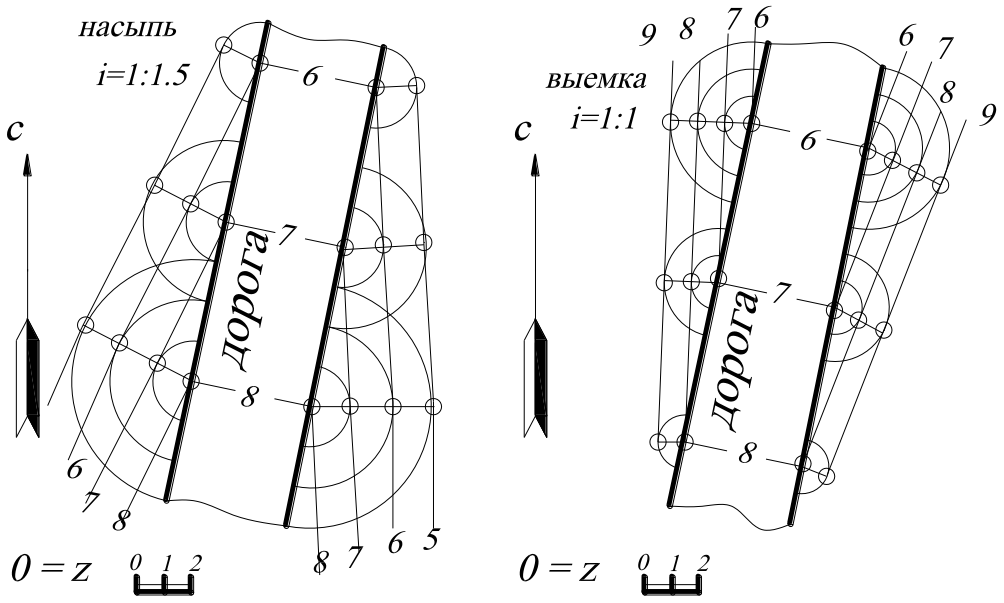


а *б*

Рис. 82.

5.7. Построить: а) откосы насыпи прямолинейного наклонного участка дороги. Уклон насыпи ***i=1:1.5***; б) откосы выемки прямолинейного наклонного участка дороги. Уклон выемки ***i=1:1***.

Решение (рис. 83, *а*, *б*). Каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих которого равен заданному уклону откоса. Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них). Интервал на откосах насыпи –***1,5*** (полторы единицы линейного масштаба), выемки – ***1*** (единица линейного масштаба).



а *б*

Рис. 83.

5.8. Построить откосы: а) насыпи криволинейного горизонтального участка дороги с отметкой ***5***. Ось дороги и её бровки – концентрические окружности. Уклон насыпи ***i=1:1.5***; б) выемки криволинейного горизонтального участка дороги с отметкой ***5***. Ось дороги и её бровки – концентрические окружности. Уклон выемки ***i = 1:1***.

Решение (рис. 84, *а*, *б*). Горизонтали откосов – концентрические окружности. Разность радиусов соседних горизонталей равна ***1,5*** на откосах насыпи (полторы единицы линейного масштаба) и ***1*** (единица линейного масштаба) – на откосах выемки. Поверхности откосов – конусы вращения с общей осью, но различными вершинами. На насыпи вершина западного откоса выше дороги, а во-

сточного ниже, а в выемке – наоборот. В том случае, если ось дороги и её бровки не являются концентрическими окружностями, то построения выполняются иначе.

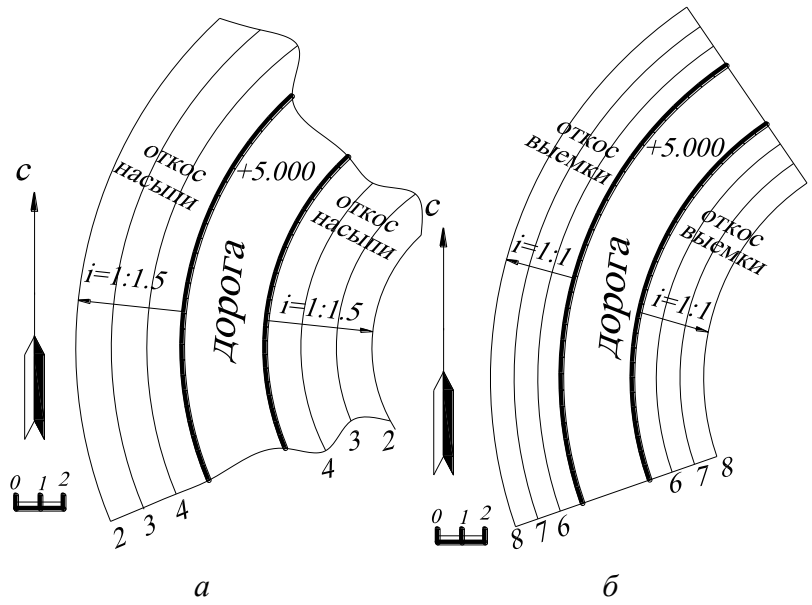


Рис. 84.

Строят конусы с вершинами на бровке дороги и с заданным уклоном образующих, а затем проводят касательные к одноимённым горизонталям этих конусов. Другими словами, поверхность откоса касается всех этих конусов, то есть является их огибающей. Здесь недостаточно построить только один из этих конусов, как в задаче 5.7, наоборот, чем больше построено конусов, тем точнее можно построить огибающие.

5.9. Задана часть топографической поверхности и градуированная ось - дорога заданной ширины. Построить границы откосов насыпи с уклоном ***i=1:1***.

Решение (рис. 85). Плоскость дороги состоит из двух участков: слева - прямолинейного участка с отметкой *7*, а справа - наклонного ***7-10***, имеющего уклон ***1:4*** (то есть интервал между горизонталями равен четыре единицы линейного масштаба).

Вначале строят плоскости откосов дороги, задавая их горизонталями. Горизонтали откосов левого участка дороги расположены на расстоянии интервала - ***1*** (то есть одна единица линейного масштаба). Для построения горизонталей откосов правого участка дороги каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих ко-

торого равен заданному уклону откоса ***1:1***. Следовательно, интервал конуса равен ***1*** (то есть единице линейного масштаба). Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них), то есть горизонтали этой плоскости касаются горизонталей конусов – концентрических окружностей.

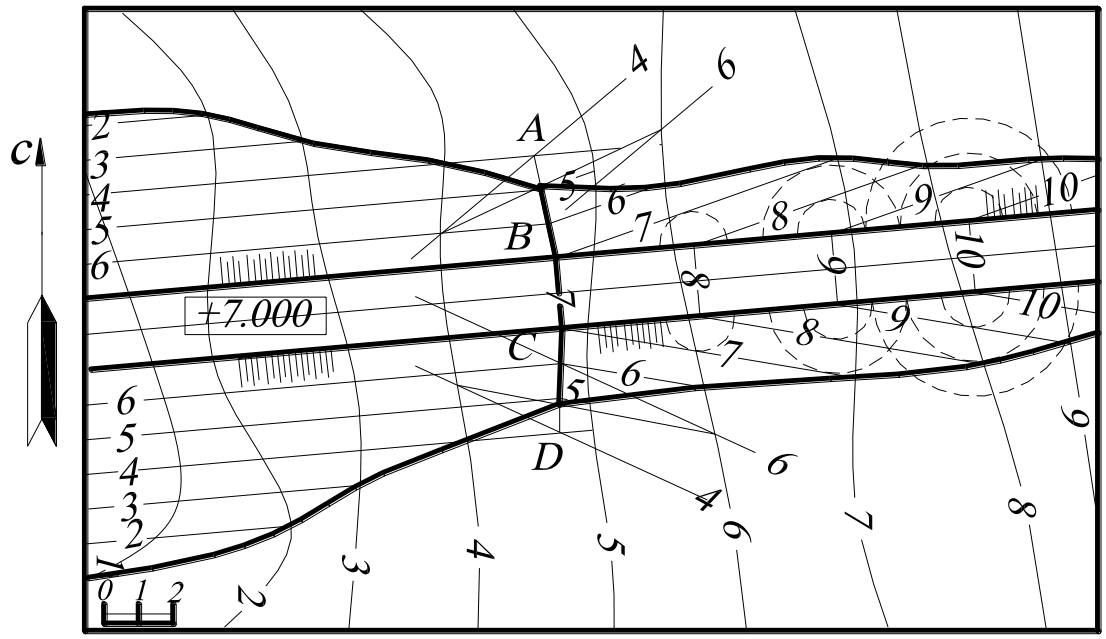


Рис. 85.

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом, которые пересекаются по прямым ***AB*** и ***CD*** (точки ***A*** и ***D*** – точки пересечения этих прямых с топографической поверхностью). Точки пересечения прямых ***AB*** и ***CD*** с топографической поверхностью определяются с помощью вспомогательных плоскостей общего положения, а именно, например, через прямую ***AB*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_4 и h_6) и находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***AB*** будет являться искомой точкой – точкой пересечения прямой ***AB*** и топографической поверхности. Затем по точкам пересечения одноимённых горизонталей находят границы всех откосов.

После определения границ всех откосов на каждом из них чертят так называемые *берг-штрихи* (параллельные длинные и короткие черточки), которые показывают направление стока воды по откосу. Они начинаются от верхнего края откоса и направлены по линиям наибольшего ската, то есть перпендикулярно его горизонталям; на коническом откосе они проходят через вершину конуса (см. ГОСТ 21.108 – 78 «Условные графические изображения и обозначения на чертежах генеральных планов и транспорта»).

5.10. Задан план местности в горизонталях и проектируемой на этом участке местности горизонтальной площадки на отметке ***7 м*** и прямолинейного плоского въезда на неё (рис. 86). Площадка имеет форму прямоугольника с примыкающим к нему полукругом. Уклоны всех откосов ***i=1:1***. В зоне выемки к площадке должна примыкать канава для стока воды (кювет) шириной ***1 м***; отметка внешнего края канавы равна отметке её внутреннего края, то есть ***7 м***.

Выделенную на чертеже ***7***-ю горизонталь топографической поверхности называют линией нулевых работ – она отделяет зону выемки (на востоке) от зоны насыпи (на западе).

Вначале строятся горизонтали откосов насыпи и выемки. Откосы насыпи, примыкающие к прямолинейным краям площадки, и откосы выемки, примыкающие к прямолинейным внешним краям канавы, – это плоскости, горизонтали которых параллельны этим краям (которые являются ***7***-ми горизонталями этих откосов и идут через ***1 м***).

Откосы насыпи и выемки, граничащие с круглыми краями площадки и канавы, имеют форму конусов вращения, а их горизонтали на плане - концентрические окружности, разность радиусов (интервал) которых ***1 м*** (так как уклон равен ***1:1***).

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом и всех откосов с землёй – в основном по точкам пересечения одноимённых горизонталей. Для точного определения точек ***A***, ***D***, ***C***, ***E*** применяют вспомогательные

плоскости общего положения. Например, для нахождения точки ***A*** через прямую ***m*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_2 и h_3), находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***m*** будет

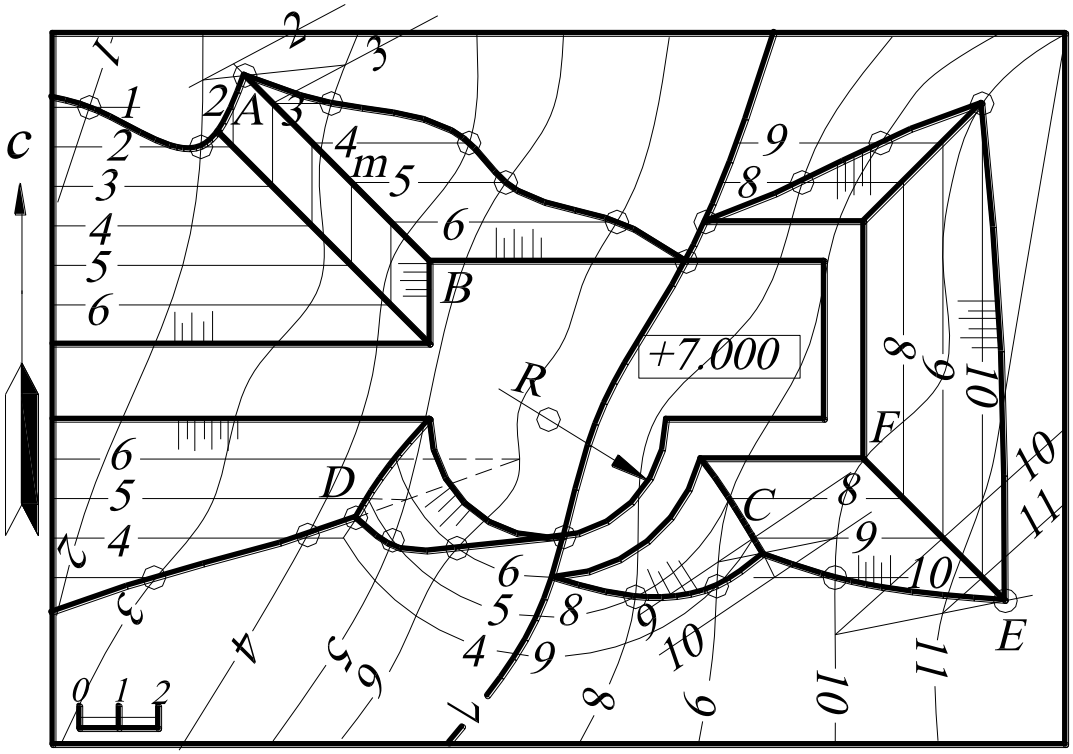


Рис. 86.

являться искомой точкой ***A*** – точкой пересечения прямой ***m*** и топографической поверхности.

Линия пересечения плоского и конического откосов насыпи и выемки - парабола, поскольку плоскость и конус имеют одинаковый уклон (интервал), то есть плоскость параллельна одной образующей конуса (см. «Конические сечения»).

Линия пересечения двух откосов друг с другом и две линии пересечения этих откосов с землёй сходятся в одной точке – общей точке этих трёх поверхностей. После определения границ всех откосов на каждом из них чертят берг-штрихи.

На рис. 87 коническая поверхность задана уклоном ***i=1:2***, а плоскость P_i - уклоном ***i=1:3.5***, то есть плоскость P_i имеет меньший уклон, чем коническая поверхность. В этом случае плоскость P_i пересекает все образующие конической поверхности, следовательно, в сечении получается эллипс.

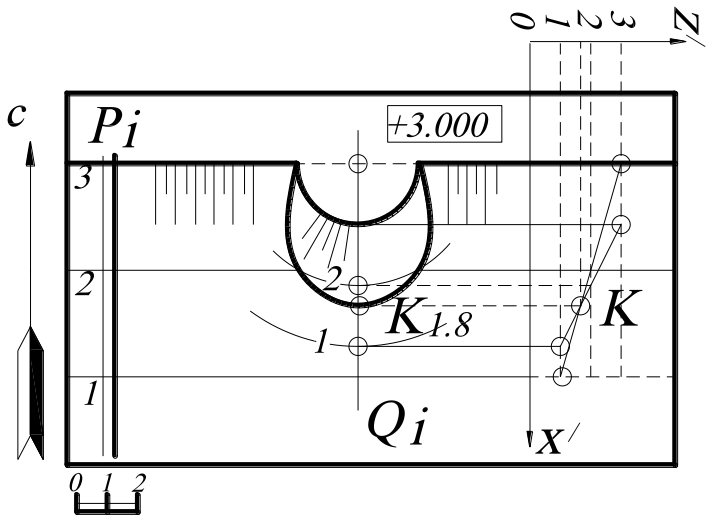


Рис. 87.

Линию пересечения конической поверхности с плоскостью P_i определяют точки пересечения их горизонталей с одинаковыми числовыми отметками. Нижняя точка эллипса $K_{1.8}$ (точка принадлежащая оси эллипса) определена с помощью сечения горизонтально проецирующей плоскости Q_i. В сечении этой плоскостью показаны профиль плоскости P_i и конической поверхности. Точка их пересечения K определяет положение и числовую отметку точки $K_{1.8}$.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

5.1. Построить пересечение топографической поверхности с двумя параллельными плоскостями $\omega(A_{10}B_{70}C_{40})$ и θ, кратчайшее расстояние между которыми равно ***15 мм***. Плоскость $\omega(A_{10}B_{70}C_{40})$ находится выше плоскости θ. Построить вертикальный разрез в крест

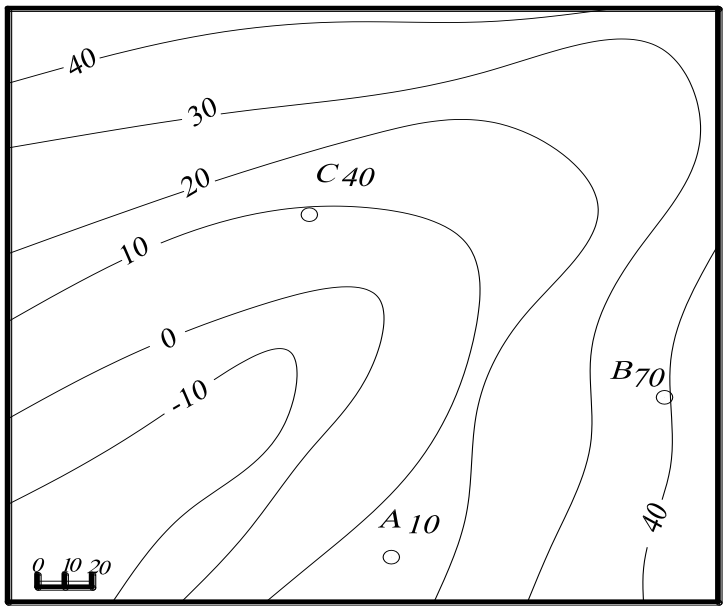


Рис. 88.

простирания, проходящий через точку C_{40}, и построить срез по горизонту ***13*** (рис. 88).

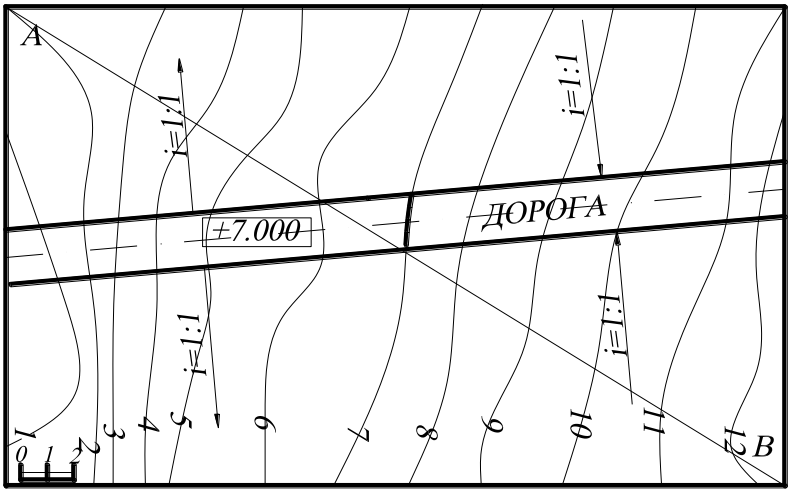


Рис. 89.

5.2. Определить линию пересечения откосов дороги (плоскости) с топографической поверхностью. Построить вертикальный разрез по линии ***A*** – ***B*** (рис. 89).

5.3. Найти линию пересечения топографической и конической поверхностей. Построить вертикальный разрез, проходящий по линии ***A*** – ***B*** (рис. 90).

5.4. Построить линию пересечения топографической и цилиндрической поверхностей (рис. 91).

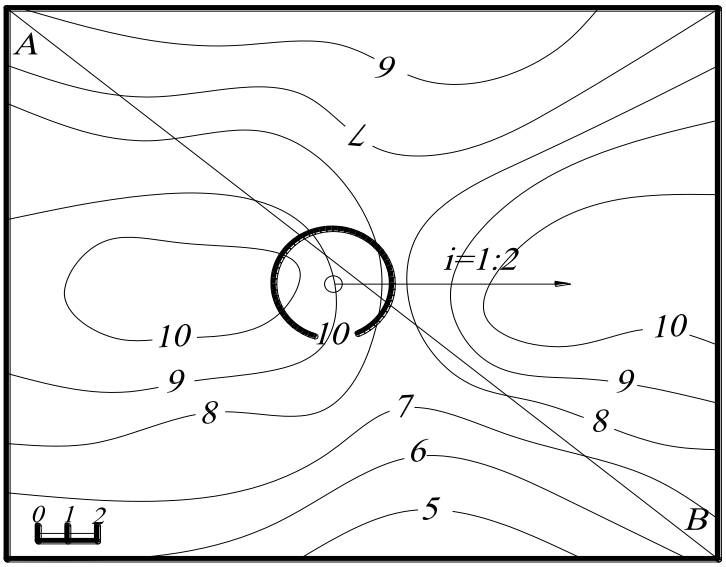
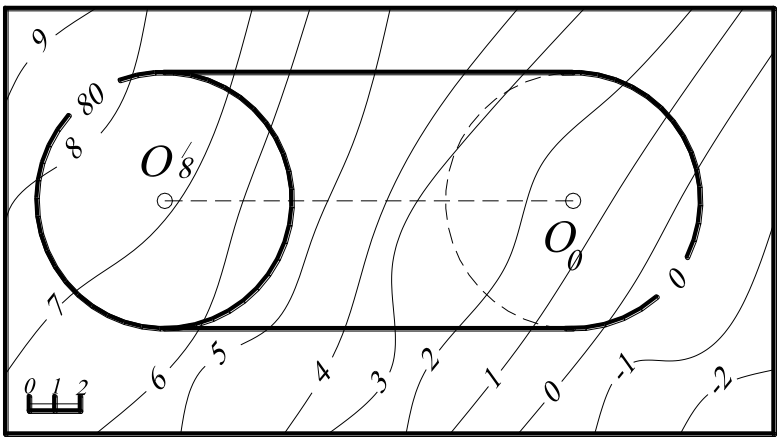


Рис. 90.



5.5. Задан план участка местности и проектируемой на этом участке горизонтальной площадки с отметкой ***8***. Построить границы откосов с заданными уклонами (рис. 92).

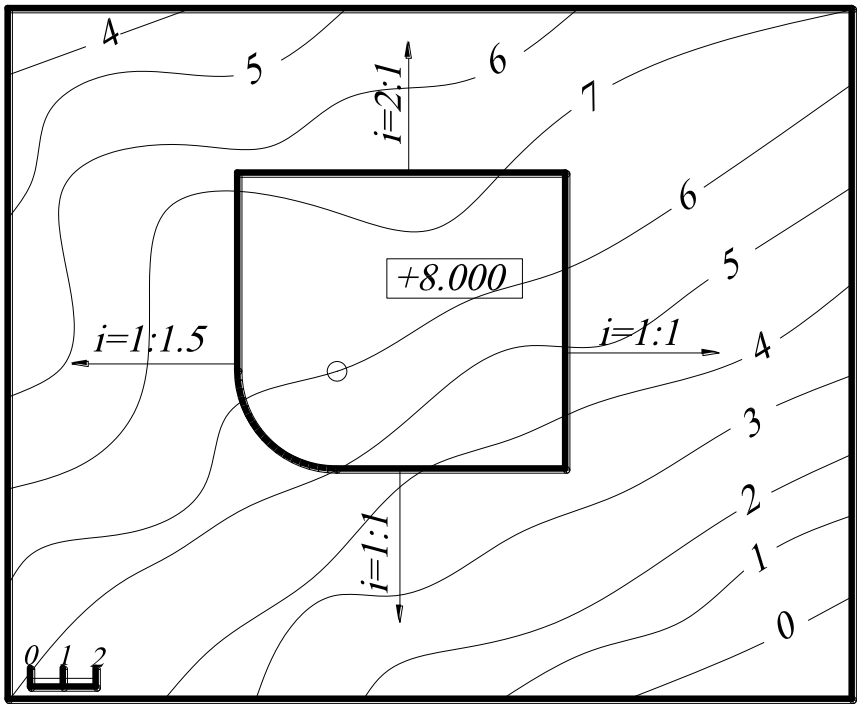


Рис. 92.

6. РАЗВЁРТКИ

6.1. Построить развертку поверхности треугольной призмы способом нормального сечения.

Решение (рис. 93). Проводят плоскость ***n*** перпендикулярно к боковым ребрам призмы в любом удобном месте. Для этого используют метод замены плоскостей проекций.

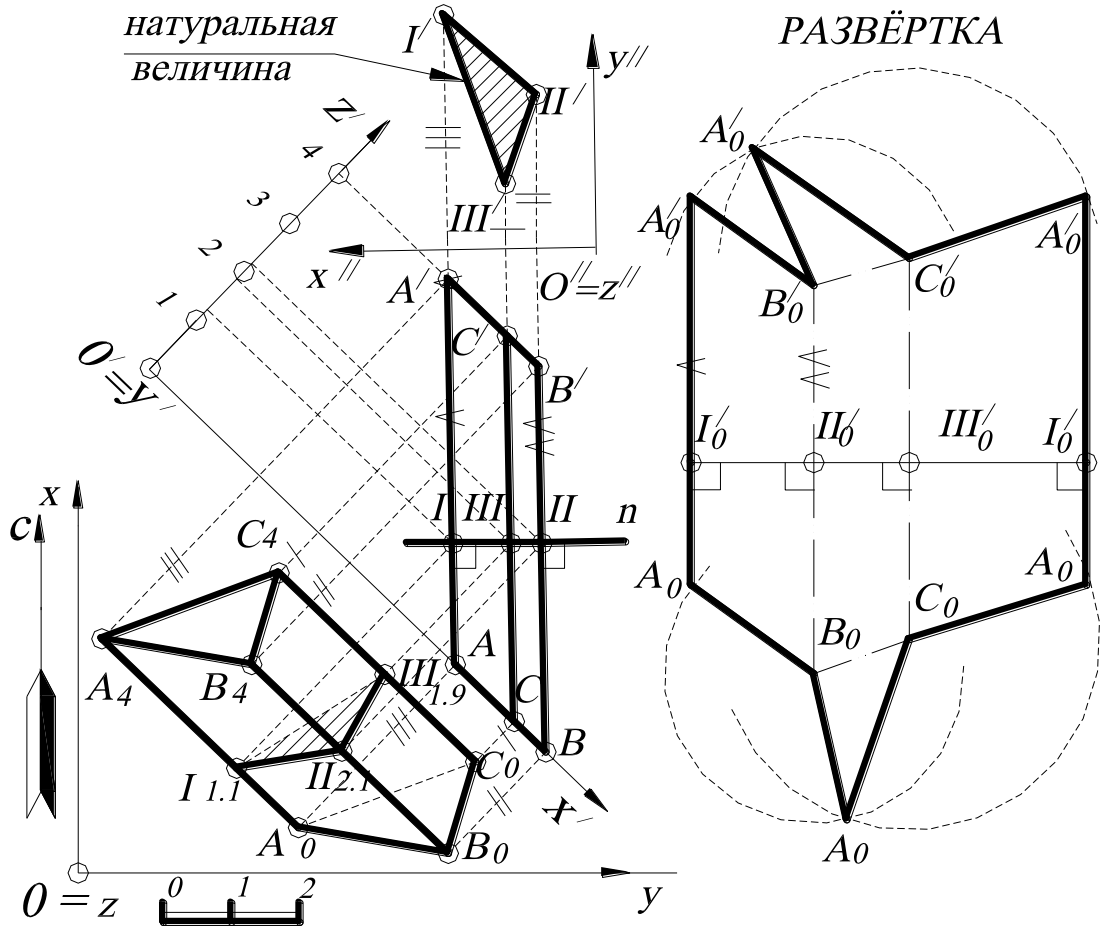


Рис. 93.

Находят натуральную величину нормального сечения методом двойной замены плоскостей проекций (***I′ II′ III′*** – натуральная величина нормального сечения). Полученную ломаную линию натуральной величины нормального сечения ***I′ II′ III′ I′*** разворачивают в прямую линию, которая на рис. 93 обозначена ***I′0 II′0 III′0***. Через точки ***I′0***, ***II′0***, ***III′0***, и ***I′0*** проводят вертикальные линии и откладывают

на них натуральную величину рёбер (перпендикулярно вверх и вниз от нормального сечения) до верхнего и нижнего оснований призмы соответственно, в данном случае взятые с профиля (так как плоскость профиля параллельна проекциям рёбер). Получают точки A_0, B_0, C_0 и A'_0, B'_0 и C'_0, при этом длины рёбер $IA=I'_0A_0$, $IA'=I'_0A'_0$; $IIB=II'_0B_0$, $IIB'=II'_0B'_0$; $IIIC=III'_0C_0$, $IIIC'=III'_0C'_0$. Найденные точки A_0, B_0, C_0 (снизу) и A'_0, B'_0 и C'_0 (сверху) последовательно соединяют ломаной линией и получают развертку боковой поверхности призмы. Затем пристраивают натуральные величины фигур верхнего и нижнего оснований методом засечек. В данном примере основания призмы являются натуральными величинами, так как нижнее основание призмы принадлежит горизонтальной плоскости проекций xOy, а верхнее основание параллельно ей. Линии сгиба на развертке изображаем штрихпунктирной линией с двумя точками.

6.2. Построить развёртку призмы способом раскатки

Решение (рис. 94). В данном случае ребра призмы занимают положение горизонталей. Вращаем призму последовательно вокруг прямых C_0D_0, B_2E_2, A_0F_0. При этом точки – вершины призмы перемещаются в плоскостях, перпендикулярных боковым ребрам.

Определив натуральную величину отрезков A_0B_2, B_2C_0, F_0E_2, E_2D_0 способом прямоугольного треугольника (для того чтобы не затемнять чертеж, построение натуральной величины выполнено на отдельном поле чертежа), находят положение точек B, A, C, D, F, E. Натуральные величины оснований были построены для проверки точности решения задачи, так как боковые ребра параллельны между собой. Последовательно соединив найденные точки, получаем развертку боковой поверхности призмы. На рис. 94 показано также построение на развёртке точки $K_{0.5}$, лежащей на видимой грани призмы $B_2C_0D_0E_2$, основанное на свойстве принадлежности точки плоскости. Следовательно, через точку $K_{0.5}$ проводят прямую, принадлежащую грани $B_2C_0D_0E_2$, и переносят эту прямую на развёртку, перемещая точку $K_{0.5}$.

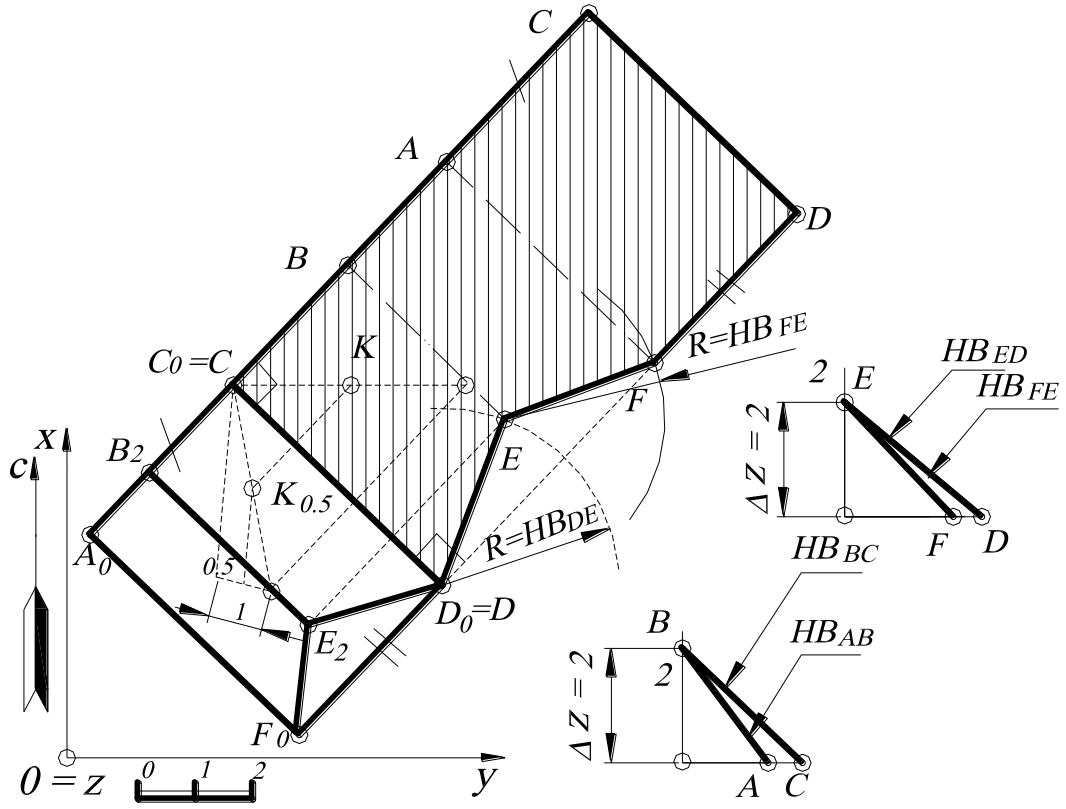


Рис. 94.

6.3. Построить развертку пирамиды $S_4A_0B_0C_0D_0$.

Решение (рис. 95). Разбивают диагональю A_0C_0 основание пирамиды $A_0B_0C_0D_0$. Определяют натуральные величины граней пирамиды. Натуральная величина основания пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ совпадает с ее проекцией, так как принадлежит плоскости ***xOy***. Для нахождения натуральных величин боковых рёбер пирамиды используют способ вращения вокруг проецирующей прямой (на рис. 93 это отрезок прямой S_0O_0). Поворачивая все боковые рёбра пирамиды и совмещая их с проецирующей плоскостью ω, строят профиль, плоскость которого параллельна плоскости ω. Натуральные величины рёбер - $|SA|$, $|SB|$, $|SC|$, $|SD|$ - находят на профиле, откладывая соответствующие числовые отметки.

На свободном поле чертежа последовательно совмещают все натуральные величины треугольников методом засечек, получая развертку пирамиды. Линии сгиба вычерчивают штрихпунктирной линией с двумя точками.

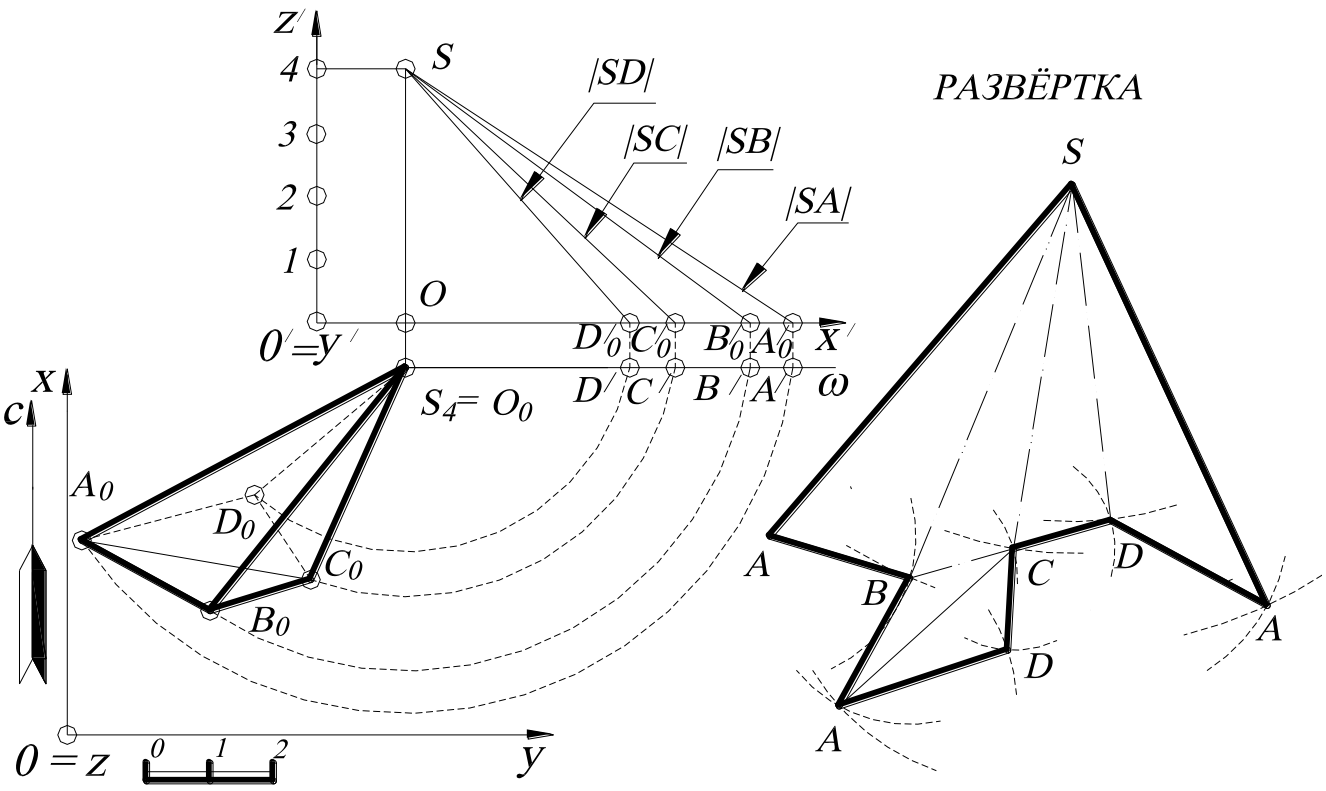


Рис. 95.

6.4. Дана пирамида $S_{30}A_0B_0C_0D_0$. Соединить две точки F_{10} и E_{19}, принадлежащие боковой поверхности пирамиды, кратчайшей линией на поверхности (такая линия на поверхности называется *геодезической*). Точка E_{19} принадлежит ребру $S_{30}C_0$, точка F_{10} принадлежит грани $S_{30}C_0B_0$.

Решение (рис. 96). На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развёртку двух смежных граней пирамиды $S_{30}A_0B_0$ и $S_{30}B_0C_0$. Натуральная величина рёбер основания A_0B_0 и A_0C_0 совпадает с их проекцией, а натуральные величины боковых рёбер определяют методом прямоугольного треугольника (напоминаем, что развёртка строится только по натуральным величинам рёбер). На свободном поле чертежа последовательно выстраивают две грани (или два треугольника в натуральную величину) с помощью засечек циркуля. Линию сгиба показывают штрихпунктирной линией с двумя точками.

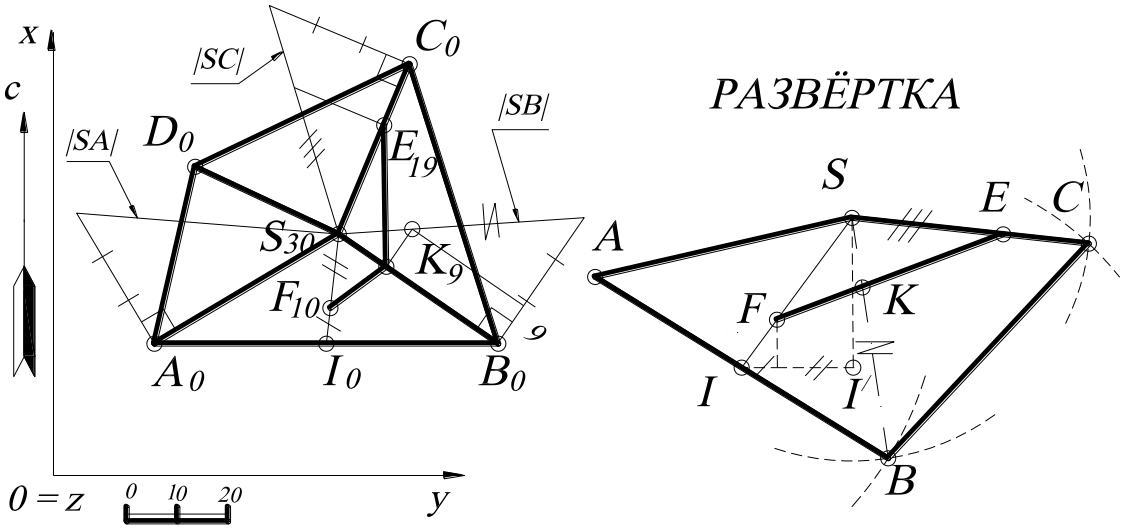


Рис. 96.

На развёртке строят точки ***F*** и ***E***. Чтобы построить точку ***E*** на развёртке, на плане проекцию точки E_{19} переносят на натуральную величину ребра |***SC***| (с помощью подобных треугольников). Чтобы построить точку F_{10} на развёртке, проводят через неё прямую (на плане) $S_{30}I$ (так как известно, что точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости). На развёртке строят прямую ***SI*** (точка ***I*** находится на натуральной величине ***AB***). Затем с помощью пропорционального деления отрезка ***SI*** (на развёртке) находят точку ***F*** (известно, что если точка делит отрезок прямой в заданном отношении, то и проекция этого отрезка делится в том же отношении). На развёртке строят прямую ***FE***. Точка пересечения с ребром ***SB*** – точка ***K***. Для построения точки ***K*** на плане переносят отрезок ***KB*** (можно и отрезок ***SK***) на натуральную величину |***SB***| и с помощью подобных треугольников определяют точку K_9 на ребре $S_{30}B_0$. Числовую отметку точки ***K*** находят, как показано на рис. 96. Ломаная $F_{10}K_9E_{19}$ – проекция кратчайшего расстояния между точками $F_{10}E_{19}$ на поверхности пирамиды.

6.5. Соединить две точки A_1 и B_3, принадлежащие конической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией ***n***. Такая линия на поверхности называется *геодезической* (форму геодезической линии принимает нить, туго натянутая на поверхности).

Решение (рис. 97). На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развертку данной поверхности ***Ф***. Построение развертки выполняют по способу треугольников, заключающемуся в том, что поверхность конуса заменяется вписанной многогранной с треугольными гранями, которая и развертывается.

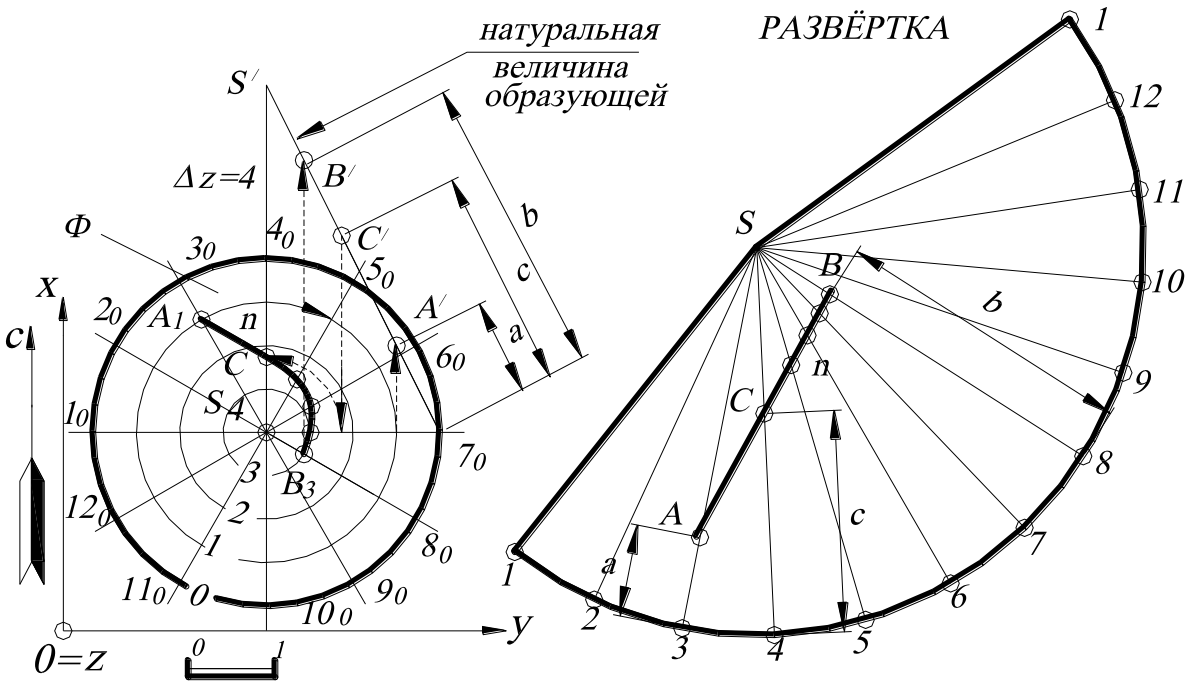


Рис. 97.

В данную коническую поверхность вписывают пирамиду. Для этого основание конуса разбивают на двенадцать равных частей. (Развертка является более точной при наименьшей разности длины дуги и ее хорды).Затем находят натуральную величину ребра правильной пирамиды, которая равна образующей заданного конуса (методом прямоугольного треугольника).

На случайной прямой от точки ***S*** откладывают отрезок ***Sl***, равный натуральной величине образующей конуса. Затем проводят дугу с центром в точке ***S*** и радиусом, равным длине ***Sl***, так как все ребра пирамиды равны между собой. На

построенной дуге засечками отмечают точки ***2***, ***3***…***12***, ***1***, равные длинам хорд $1_0 2_0$; $2_0 3_0 \ldots 12_0 1_0$. Таким образом, построили приближенную развертку конуса.

Далее пропорциональным делением отрезка в заданном отношении (как показано на чертеже) находят образы ***A***, ***B*** данных точек поверхности на развёртке. Затем построенную прямую ***AB*** на развертке переносят в обратном отображении на поверхность ***Ф***, получая геодезическую линию ***n***.

Частный случай. Развертка поверхности прямого кругового конуса является сектором круга радиуса, равного длине ***l*** образующей. Центральный угол φ этого сектора вычисляется по формуле

$$\varphi^0 = \frac{r \cdot 360^0}{l}$$, где r - радиус основания конуса.

6.6. Построить развёртку цилиндрической винтовой линии.

Решение (рис. 98). Построение проекций винтовой линии определяется характером ее образования в пространстве.

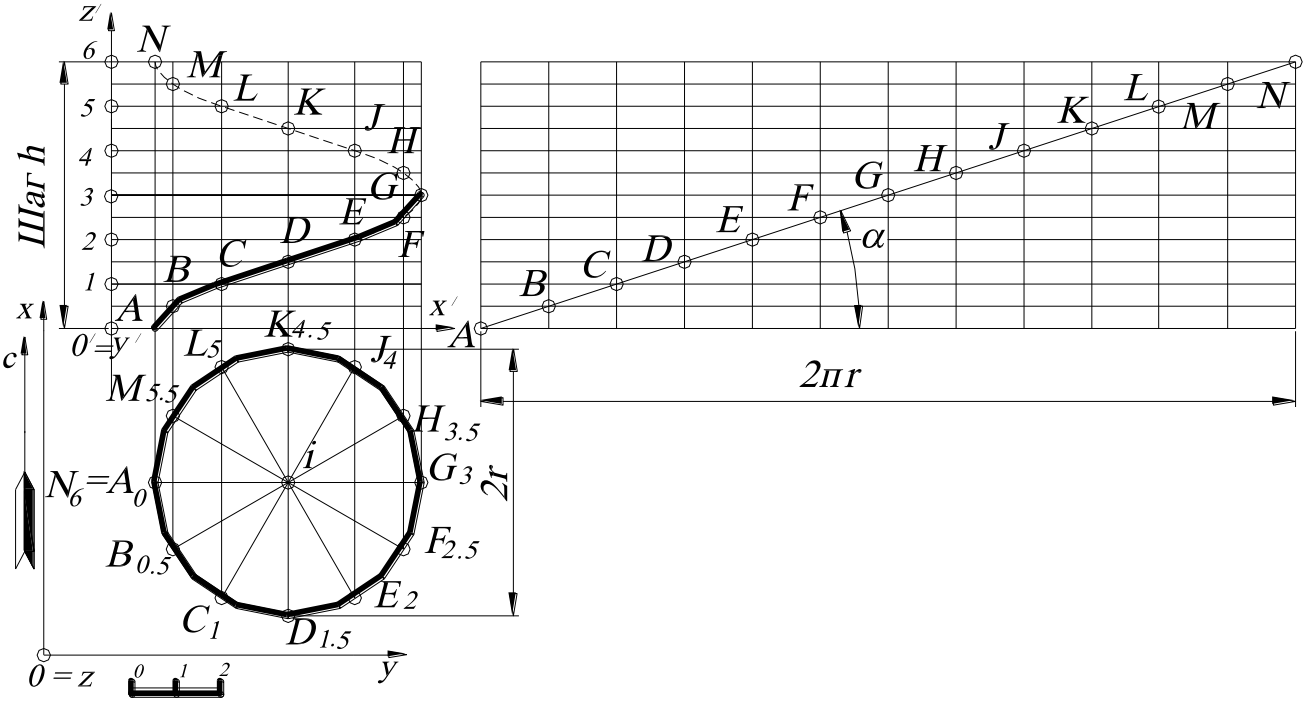


Рис. 98.

Горизонтальная проекция цилиндра и винтовой линии – окружность, совпадающая с проекцией окружности основания цилиндра. Если цилиндр разрезать по его прямолинейной образующей AN и, разгибая, разгладить по плоскости, получится развёртка цилиндра – прямоугольник с высотой h и основанием $2\pi r$, в которое развернётся окружность основания цилиндра. Винтовая линия в результате развёртывания превратится в прямую – диагональ прямоугольника. Это означает, что винтовая линия пересекает все образующие под одним и тем же углом α.

Для построения развёртки винтовой линии делят окружность основания цилиндра, являющуюся горизонтальной проекцией винтовой линии, и отрезок, равный шагу h, отложенный на оси цилиндра, на одинаковое число равных частей. На рассматриваемом чертеже взято 12 частей. Тогда точки на профиле винтовой линии будут лежать на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки деления. Полученные точки соединяют плавной кривой. Как следует из способа построения, данная кривая является гелисой.

При развертывании цилиндрической поверхности на плоскость винтовая линия на развертке превращается в прямую, наклоненную под углом α к горизонтальной прямой – развертке основания цилиндра. Это следует из закона образования винтовой линии, по которому равным угловым перемещениям точки по окружности соответствуют равные прямолинейные перемещения, перпендикулярные плоскости окружности. На развертке равным отрезкам горизонтальной прямой будут соответствовать равные перемещения точки в вертикальном направлении. Итак, траектория точки на развертке представляет собой линию, у которой ординаты точек пропорциональны абсциссам, то есть прямую. Угол α равен углу подъема винтовой линии и определяется по формуле $tg\alpha = \dfrac{h}{2\pi r} = \dfrac{p}{r}$.

Тот факт, что на развёртке винтовая линия перешла в прямую, означает также, что винтовая линия является одной из *геодезических линий* на цилиндре.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

6.1. Дана пирамида ***ABCD*** и две точки ***F*** и ***E***, принадлежащие видимым граням пирамиды. Соединить точки ***F*** и ***E*** кратчайшей линией по поверхности пирамиды. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(140, 120, 40)***, ***B(90, 30, 0)***, ***C(40, 20, 20)***, ***D(20, 130, 0)***; ***E(80, ?, 20)***, ***F(?, 90, 30)***.

6.2. Построить развёртку наклонного цилиндра. Цилиндр задан осью $O_0O'_{80}$ и основанием – окружностью, лежащей в горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(35***, ***105***, ***0)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекция точки O'***(35***, ***25***, ***80)***.

6.3. Построить развёртку додекаэдра (правильного двенадцатигранника) со стороной ***30 мм***.

6.4. Построить полную развёртку усечённого куба $ABCDA'B'C'D'$ плоскостью $K_{50}L_{25}M_0$. Куб задан следующими координатами: ***A(15***, ***45***, ***0)***, ***B(15***, ***85***, ***0)***, ***D(55***, ***45***, ***0)***, A'***(15***, ***45***, ***40)***; плоскость – ***K(10***, ***45***, ***50)***, ***L(70***, ***75***, ***25)***, ***M(10***, ***105***, ***0)***.

6.5. Построить полную развёртку прямого цилиндра вращения, усечённого плоскостью $K_{50}L_{25}M_0$. Цилиндр вращения задан осью $O_{90}O'_0$, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(35***, ***65***, ***0)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10***, ***45***, ***50)***, ***L(70***, ***75***, ***25)***, ***M(10***, ***105***, ***0)***.

6.6. Построить полную развёртку прямой правильной шестигранной призмы, стоящей на горизонтальной плоскости проекций и усечённой плоскостью $K_{50}L_{25}M_0$. Призма задана точкой ***A(10***, ***65***, ***0)***, принадлежащей основанию ***ABCDEF***, с центром описанной окружности вокруг основания ***O(35***, ***65***, ***0)*** и высотой ***h=40***. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10***, ***45***, ***50)***, ***L(70***, ***75***, ***25)***, ***M(10***, ***105***, ***0)***.

6.7. По данной развёртке построить проекцию призмы, поставив её основанием на плоскость ***xOy***. Показать на её поверхности точку $A_?$. Ребро C_0D_0 параллельно оси ***Oy***, ***C(40, 20, 0)*** (рис. 99).

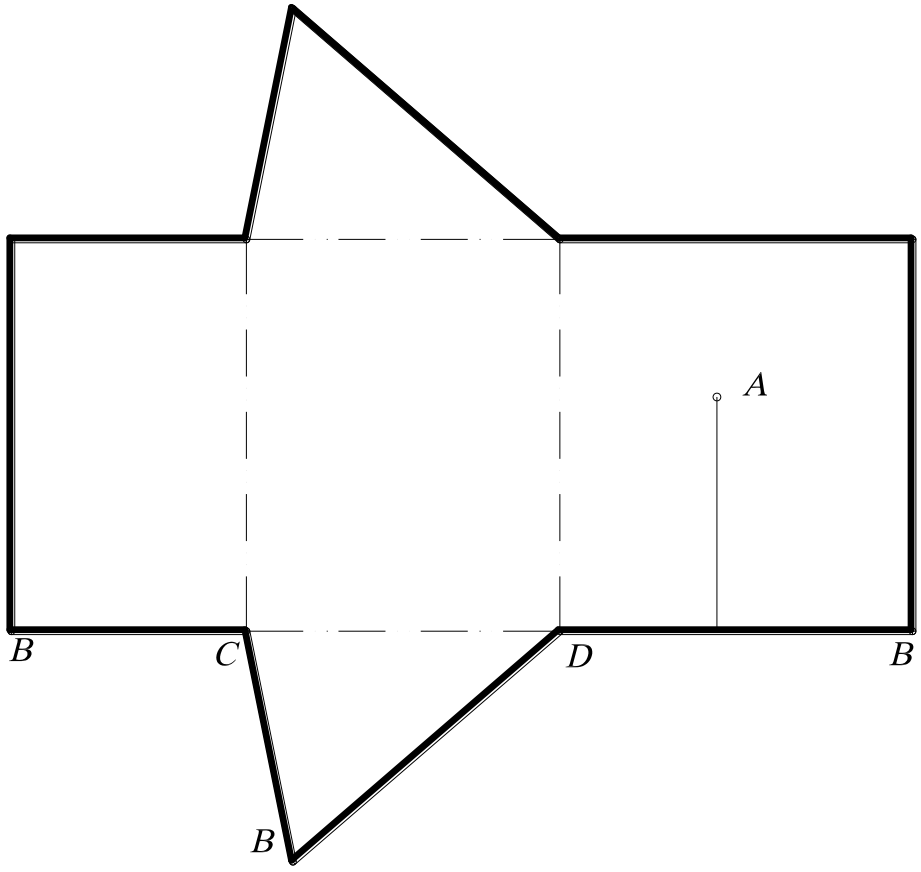


Рис. 99.

6.8. Построить полную развёртку пирамиды ***SABC***, усечённой плоскостью $K_0L_{20}M_{40}$. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10, 0, 0)***, ***L(50, 20, 20)***, ***M(10, 40, 40)***; координаты вершин пирамиды – ***S(30, 20, 80)***, ***A(10, 45, 0)***, ***B(70, 75, 0)***, ***C(10, 105, 0)***

6.9. Построить полную развёртку призмы $ABCA'B'C'$, усечённой плоскостью $K_0L_{20}M_{40}$. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10, 0, 0)***, ***L(50, 20, 20)***, ***M(10, 40, 40)***; координаты вершин призмы – ***A(10, 45, 0)***, ***B(70, 75, 0)***, ***C(40, 105, 0)***, $A'(10, 0, 50)$, $B'(70, 30, 50)$, $C'(40, 60, 50)$.

6.10. По данной развёртке построить проекцию пирамиды, поставив её основанием на плоскость ***xOy***. Показать на её поверхности точку $A_?$. Ребро C_0D_0 параллельно оси ***Oy***, ***C(80, 70, 0)*** (рис. 100).

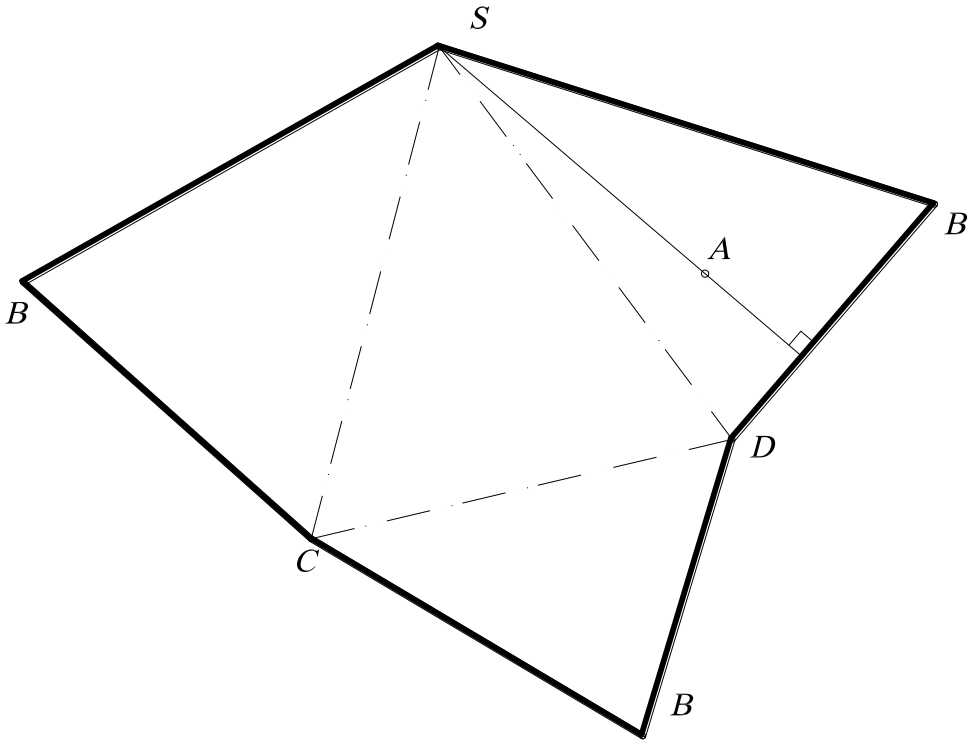


Рис. 100.

6.11. Построить полную развёртку поверхности конуса с вершиной S_{45} и радиусом основания ***R=30 мм*** (рис. 101)

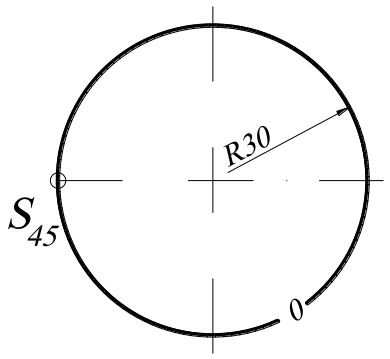


Рис. 101.

6.12. Построить на поверхности цилиндра линию кратчайшего расстояния (геодезическую) между точками ***A*** и ***B***. Точки ***A*** и ***B*** принадлежат видимой части поверхности цилиндра (рис. 102).

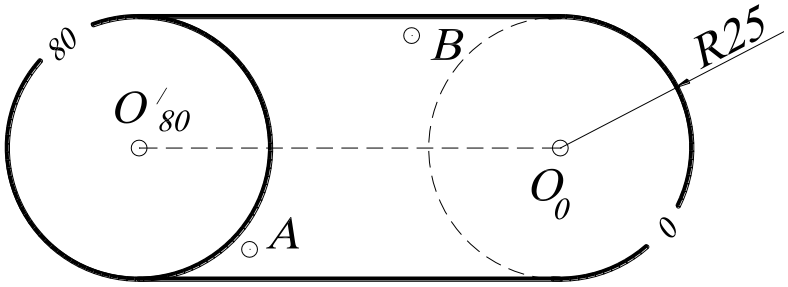


Рис. 102.

7. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ

Для решения комплексных задач необходимо обобщить информацию предыдущих частей данного задачника, сформулировав использованные ранее алгоритмы, а также дать определение понятию «геометрическое место».

Под позиционными понимают задачи по определению общих элементов геометрических многообразий. Позиционные задачи подразделяют:

1) по признаку принадлежности двух геометрических множеств, т. е. если одно множество является подмножеством другого, содержится в последнем (например, прямая принадлежит плоскости);

2) по признаку параллельности, т. е. если одно множество не имеет общих элементов с другим множеством (например, прямая параллельна плоскости);

3) по признаку пересечения двух множеств, т. е. одно множество имеет общие элементы с другим множеством (например, прямая и плоскость при пересечении имеет общий элемент – точку, а при пересечении со сферой может иметь одну общую точку, две или не иметь вообще точки пересечения). Обычно выделяется частный случай пересечения – перпендикулярность геометрических элементов. Кроме этого, имеется частный случай для скрещивающихся прямых, когда они не параллельны, не пересекаются. Мы предлагаем классифицировать задачи исходя из основных фигур пространства. Основными элементами пространства являются точка, кривая (прямая) линия, поверхность (плоскость). Тогда (исходя из комбинаторики) будем иметь 6 типов задач:

1. Взаимное положение двух точек.
2. Взаимное положение точки и прямой (кривой) линии.
3. Взаимное положение двух линий.
4. Взаимное положение точки и поверхности.
5. Взаимное положение линии и поверхности.
6. Взаимное положение двух поверхностей.

Однако мы будем рассматривать эти геометрические фигуры как геометрические места (совокупность точек, положение которых удовлетворяет некоторым геометрическим условиям) трехмерного пространства, так как решение геометрических задач часто сводится к построению геометрических мест. Метод геометрических мест при решении задач на построение известен еще со времен Платона и состоит в следующем: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям 1, 2 …». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи. Элементы множества M, удовлетворяющие условию 1, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие 2 выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, …, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\} = M_1 \cap M_2 \cap \ldots$. Ниже перечисляются основные геометрические места, к нахождению которых приводится решение многих задач.

Однако вначале введем условные обозначения, которыми воспользуемся для символической записи.

- $A_1, A_2, \ldots$ - точки;
- $a_1, a_2, \ldots$ - прямые (кривые) линии;
- $\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ - плоскости;
- $\Phi_1, \Phi_2, \ldots$ - поверхности;
- $\wedge$ - конъюнкция – логическая операция, служащая для образования высказывания «A и B», то есть обозначающая союз «и».
- $\bigcap$ – пересечение геометрических многообразий;
- $\perp$ - перпендикулярность геометрических многообразий;
- $||$ - параллельность геометрических многообразий;
- $\dot{-}$ - обозначение скрещивающихся прямых линий.

Итак, следующие геометрические места рассматриваем, исходя из основных фигур и их частных положений.

1. Геометрическое место точек, равноудаленных от некоторой точки, есть сфера с центром в этой точке. Всякая плоскость, касательная к сфере, будет удалена от его центра на расстояние, равное радиусу сферы, и перпендикулярна к этому радиусу (***A***).
2. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух данных точек, есть плоскость, проходящая через середину отрезка, соединяющего данные точки, и перпендикулярная ему ($A_1 \wedge A_2$).

Примечание. Около пары сфер одинакового радиуса можно описать цилиндр, а если сферы разного радиуса – два конуса.

3. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех данных точек A_1, A_2 и A_3, не лежащих на одной прямой, есть прямая, перпендикулярная к плоскости, определяемой тремя данными точками, и проходящая через центр окружности, описанной через эти три точки, так как окружность однозначно определяется заданием трех точек ($A_1 \wedge A_2 \wedge A_3$).

Это геометрическое место точек может быть построено как линия пересечения двух плоскостей, проходящих через середины отрезков A_1A_2 и A_2A_3 и соответственно к ним перпендикулярных.

4. Геометрическое место точек, равноудаленных от четырех данных точек A_1, A_2, A_3 и A_4, не лежащих в одной плоскости (и определяющих сферу, что подтверждается подсчетом параметров), есть только одна точка – центр сферы, поверхность которой проходит через эти точки. Этот центр находится как точка пересечения плоскостей, проведенных через середины отрезков A_1A_2, A_2A_3 и A_3A_4 и соответственно перпендикулярных им ($A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge A_4$).

Для того чтобы найти пересечение этих трех плоскостей, можно найти прямую пересечения двух плоскостей, а затем найти пересечение этой прямой с третьей плоскостью.

5. Геометрическое место точек, равноудаленных от данной прямой, есть поверхность прямого кругового цилиндра. Всякая плоскость, касательная к этому цилиндру, будет параллельна оси цилиндра и удалена от нее на данное расстояние (***a***).
6. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданных прямой и точки, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра и сферы. Эта линия может быть построена решением задачи на нахождение общих элементов двух поверхностей ($A \wedge a$).
7. Геометрическое место прямых, проходящих через определенную точку на данной прямой и наклоненной к последней под заданным углом ω, есть поверхность прямого кругового конуса ($A \wedge a$).

Примечание. Если провести плоскость, пересекающую конус перпендикулярно к его оси, то поверхность конуса будет служить геометрическим местом прямых, проходящих через вершину и наклоненных к этой плоскости под углом $90^0-\omega$. Всякая плоскость, касательная к такому конусу, будет наклонена под углом $90^0-\omega$ к этой плоскости нормального сечения.

8. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной точки и плоскости, есть линия (две линии) пересечения плоскости со сферой ($A\wedge\alpha$).

Примечание. В частном случае может получиться, что эта плоскость (или две плоскости, или одна из них) будет касательной плоскостью.

9. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданных точки и поверхности на заданное расстояние, есть линия (или две линии, в частном случае ни одной) пересечения сферы с эквидистантой заданной поверхности. Например, эквидистантой сферы будут две сферы с тем же центром, расположенные по разные стороны от ее поверхности на данном расстоянии ($A\wedge\Phi$).

Примечание. В частном случае сфера и эквидистанта поверхности могут быть касательными или не иметь действительных точек пересечения.

10. Геометрическое место точек, равноудаленных от данных двух параллельных прямых, есть плоскость, перпендикулярная к отрезку, определяющему кратчайшее расстояние между данными прямыми, и проходящими через его середину ($a_1 \mid\mid a_2$).

11. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех параллельных прямых a_1, a_2, и a_3, не лежащих в одной плоскости, есть прямая, параллельная данным прямым ($a_1 \mid\mid a_2 \mid\mid a_3$).

Примечание. Если через произвольную точку A_1 на прямой a_1 провести перпендикулярную плоскость α, то последняя пересечет две другие в точках A_2 и A_3. Искомое геометрическое место может быть построено как перпендикуляр к плоскости α, проходящий через центр окружности, описанной в этой плоскости около треугольника $A_1A_2A_3$. Три параллельные прямые однозначно определяют прямой круговой цилиндр (подтверждается подсчетом параметров).

12. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух пересекающихся прямых, есть пара плоскостей, перпендикулярных к плоскости, содержащей данные прямые, проходящие через биссектрисы углов между ними ($a_1 \cap a_2$).

Примечание. Искомые плоскости будут совпадать с плоскостями двух ветвей плоской кривой, на которые распадается линия пересечения двух прямых круговых цилиндров.

13. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух перпендикулярных прямых, есть пара плоскостей (так же как и в п.12), перпендикулярных к плоскости, содержащей данные прямые, проходящие через биссектрисы углов между ними ($a_1 \perp a_2$).

14. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух скрещивающихся прямых, есть линия пересечения двух прямых круговых цилиндров ($a_1 \overline{\cdot} a_2$) или плоскость параллелизма, расположенная на одинаковом расстоянии от заданных скрещивающихся прямых.

Примечание. В частном случае эти цилиндры могут быть касательными или вообще не иметь общих элементов. Тогда геометрическим местом точек будет являться плоскость, параллельная касательным плоскостям к этим цилиндрам.

15. Геометрическое место точек, равноудаленных от данной плоскости, есть пара плоскостей, параллельных данной и расположенных от нее по разные стороны на данном расстоянии ($\underline{\alpha}$).

16. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и плоскости, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра с одной или двумя плоскостями ($\boldsymbol{a} \wedge \boldsymbol{\alpha}$). Могут быть случаи касания и пустого множества общих элементов.

Примечание. В том случае, если расстояние удаления равно нулю, то решается задача на нахождение точки пересечения прямой и плоскости. Это замечание справедливо и для случая прямой и плоскости, ей перпендикулярной ($\boldsymbol{\alpha} \perp \boldsymbol{a}$) и плоскости и пересекающей ее прямой ($\boldsymbol{\alpha} \cap \boldsymbol{a}$).

17. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и параллельной ей плоскости, есть в общем случае прямые пересечения прямого кругового цилиндра и двух плоскостей ($\boldsymbol{a} \parallel \boldsymbol{\alpha}$).

Примечание. Эти прямые в общем случае будут являться образующими данного цилиндра, а в частном – две совпавшие образующие, которые получаются в результате касания плоскости этого цилиндра, а также мнимое пересечение элементов.

18. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и поверхности, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра с эквидистантой заданной поверхности ($\boldsymbol{a} \wedge \boldsymbol{\Phi}$)

Примечание. Если расстояние равно нулю, то строится точка пересечения прямой и поверхности.

19. Геометрическое место точек, равноудаленных от плоскости и точки, есть линия пересечения плоскости (двух плоскостей) со сферой ($\alpha \wedge A$).

Примечание. В частном случае может получиться так, что плоскость будет касательной к поверхности сферы, а также пустое множество общих элементов.

20. При определении взаимного положения плоскостей ($\alpha_1 \wedge \alpha_2$) обычно выделяют следующие варианты: параллельные плоскости ($\alpha_1 \,||\, \alpha_2$); пересекающиеся плоскости ($\alpha_1 \cap \alpha_2$) и их частный случай – перпендикулярные плоскости ($\alpha_1 \perp \alpha_2$). Мы будем рассматривать только два последних случая, объединяя их в единый блок, так как в первом случае получается однопараметрическое множество параллельных плоскостей.

Итак, геометрическое место точек, равноудаленных от двух пересекающихся плоскостей, есть две биссекторные плоскости двугранных углов, образованных этими пересекающимися плоскостями. Каждая биссекторная плоскость проходит через линию пересечения плоскостей и делит пополам соответствующую пару углов между этими плоскостями ($\alpha_1 \cap \alpha_2$), ($\alpha_1 \perp \alpha_2$).

Примечание. Если расстояние удаления равно нулю, то решается задача на нахождение линии пересечения этих плоскостей, которая будет являться геометрическим местом точек, равноудаленных от этих плоскостей.

21. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех пересекающихся плоскостей α_1, α_2 и α_3, есть прямая - линия пересечения плоскостей биссектора, равноделящих двугранные углы между плоскостями α_1и α_2 и α_2 и α_3 ($\alpha_1 \cap \alpha_2 \cap \alpha_3$).

Примечание. Поверхность, касательная к трем пересекающимся плоскостям, является поверхностью прямого кругового конуса с вершиной в точке пересечения этих плоскостей.

22. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех плоскостей, параллельных одной прямой, есть прямая – ось цилиндра, касательного к этим трем плоскостям (($\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \alpha_3$) $||$ a).

23. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной поверхности и плоскости, есть, в общем случае, линия пересечения эквидистантной плоскости и эквидистантной поверхности ($\Phi \wedge \alpha$).

Примечание. В частном случае эта плоскость будет касательной или вообще не иметь ни одной общей точки с заданной поверхностью.

24. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух поверхностей, есть линия пересечения эквидистант этих поверхностей ($\Phi_1 \wedge \Phi_2$).

Примечание. Если расстояние равно нулю, то строится линия пересечения заданных поверхностей. Имеют место случаи касания этих поверхностей и отсутствия общих элементов.

Анализ основных геометрических мест позволяет сделать вывод о том, что для решения позиционных алгоритмических задач необходимы следующие алгоритмы:

1. Нахождение общего элемента прямой и плоскости – точки (табл. 1).
2. Нахождение общего элемента двух плоскостей (табл. 2, 3).
3. Нахождение общих элементов прямой (кривой) линии с поверхностью (табл. 4).
4. Нахождение общих элементов плоскости и поверхности (табл. 5).
5. Нахождение общих элементов двух поверхностей (табл. 6).
6. Построение касательных плоскостей к заданным поверхностям (табл. 7).

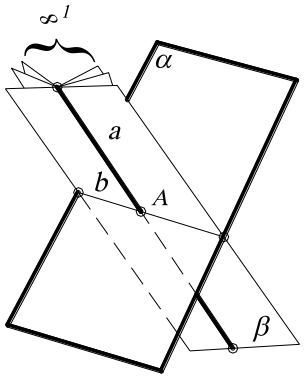
Кроме этих алгоритмов решения позиционных задач в табл. 8 представлен алгоритм основной метрической задачи.

Составим перечисленные алгоритмы.

Таблица 1

Алгоритм построения точки пересечения прямой и плоскости

(основная или первая позиционная задача)

<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 1</td></tr>
<tr><td>1. Через заданную прямую a проводят вспомогательную плоскость-посредник β.* В общем случае таких плоскостей может быть ∞¹.</td><td rowspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Находят прямую b пересечения заданной плоскости α и плоскости посредника β.</td></tr>
<tr><td>3. Искомая точка A определяется в результате пересечения заданной прямой a и полученной прямой b.</td></tr>
<tr><td>4. Определяют видимость прямой методом конкурирующих точек.</td></tr>
<tr><td colspan="2">*Плоскость-посредник выбирается частного положения, однако в проекциях с числовыми отметками она может быть и общего положения.</td></tr>
</table>

Алгоритм А2 – решение задачи на пересечение двух плоскостей общего положения – может быть осуществлен двумя способами:

1. Построить точки пересечения двух прямых одной плоскости с другой плоскостью, то есть использовать два раза алгоритм А1 (табл. 1).
2. Ввести две вспомогательные секущие плоскости частного положения, построить их линии пересечения с заданными плоскостями. Две соответствующие точки пересечения определят искомую линию пересечения данных плоскостей. Другими словами, для нахождения линии пересечения двух плоскостей необходимо найти две общие точки.

Таким образом, для нахождения линии пересечения двух плоскостей сформируем два алгоритма А2.1, А2.2. Эта задача называется второй позиционной задачей начертательной геометрии (табл. 2, 3).

Таблица 2

Построение линии пересечения двух плоскостей

(вторая позиционная задача)

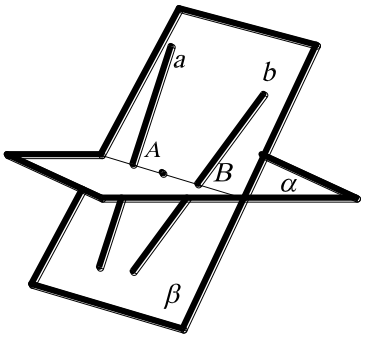
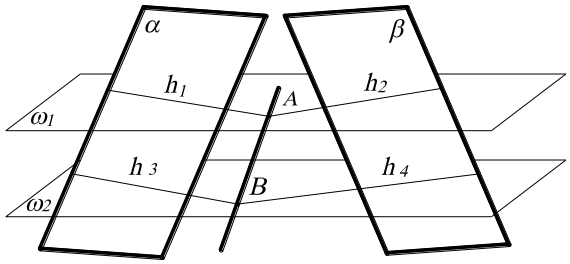
Алгоритм А 2.1	
1. Находят точку ***A*** пересечения прямой а с плоскостью α, используя алгоритм А1.	
2. Находят точку ***B*** пересечения прямой ***b*** с плоскость α, используя алгоритм А1.	
3. Строят прямую ***AB*** – линию пересечения заданных плоскостей α и β.	
4. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. В проекциях с числовыми отметками линию пересечения плоскостей строят как пересечение двух прямых-горизонталей с одинаковыми числовыми отметками.	

Таблица 3

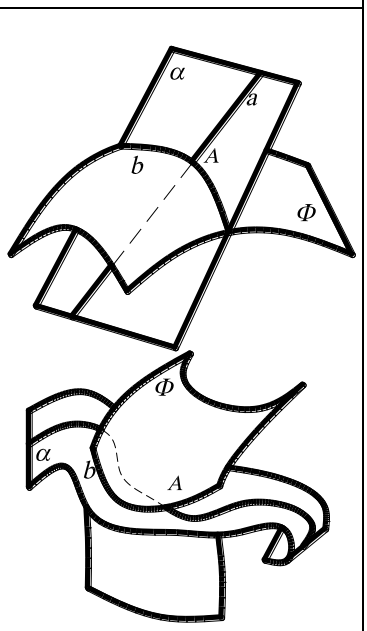
Построение линии пересечения двух плоскостей

Алгоритм А 2.2	
1. Проводят плоскость уровня ω_1 и находят линии пересечения h_1 и h_2 с заданными плоскостями α и β.	
2. Строят точку ***A*** пересечения прямых h_1 и h_2.	
3. Проводят плоскость уровня ω_2 и находят линии пересечения h_3 и h_4 с заданными плоскостями α и β.	
4. Строят точку ***B*** пересечения прямых h_3 и h_4.	
5. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. 1. Если плоскость задана следами, то нужно найти две общие точки. 2. В проекциях с числовыми отметками линию пересечения плоскостей строят как пересечение двух прямых-горизонталей с одинаковыми числовыми отметками.	

Все машины, приборы, любые изделия состоят из отдельных деталей, соединенных между собой. Форму деталей машин образуют, главным образом, сочетание плоскостей и кривых поверхностей (цилиндрической, конической, сферической, торовой), расположенных в пространстве так, что они находятся друг относительно друга в определенном соотношении. Чаще всего они пересекаются, образуя общую для них линию. Поэтому главным этапом конструирования таких деталей является определение границ элементарных исходных поверхностей, которыми и являются линии их взаимного пересечения. Таким образом, задача построения линии пересечения двух поверхностей, достаточно часто встречающаяся в начертательной геометрии, имеет широкое практическое применение в конструкциях технических деталей. Рассмотрим эти алгоритмы (табл. 4-6).

Таблица 4

Нахождение общих элементов кривой (прямой) линии

Алгоритм А 3	
1.Выбирают посредник α так, чтобы заданная кривая (прямая) смогла принадлежать этому посреднику (вспомогательная плоскость или поверхность).	
2. Строят посредник α, в который заключают заданную кривую (прямую) линию ***a***.	
3. Находят линию ***b*** пересечения посредника α с заданной поверхностью ***Ф***.	
4. Искомая точка ***A*** определяется при пересечении построенной кривой ***b*** и заданной а.	
5. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. Если задача решается не на компьютере, то нужно иметь в виду то, чтобы линия пересечения ***b*** была линией, которую на проекциях можно построить циркулем и линейкой (прямая или окружность). В противном случае посредник необходимо заменить.	

Линия пересечения двух поверхностей в общем виде представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на две части и более. Строится линия пересечения при помощи вспомогательных плоскостей или кри-

вых поверхностей, которые называются посредниками. Выбор вспомогательной поверхности (посредника) определяется формой и положением пересекающихся поверхностей. В качестве посредников могут использоваться проецирующие плоскости, плоскости общего положения, цилиндрические, конические и сферические поверхности. Следует по возможности подбирать такие вспомогательные поверхности, которые в пересечении с данными поверхностями дают простые для построения линии (прямые или окружности). Каждый из посредников пересекает данные поверхности в общем случае по некоторым кривым, которые как лежащие в одной и той же плоскости или на одной и той же поверхности, могут пересекаться между собой и тогда определяют одну или несколько точек, лежащих на линии пересечения поверхностей.

Таблица 5

Построение линии пересечения плоскости и поверхности

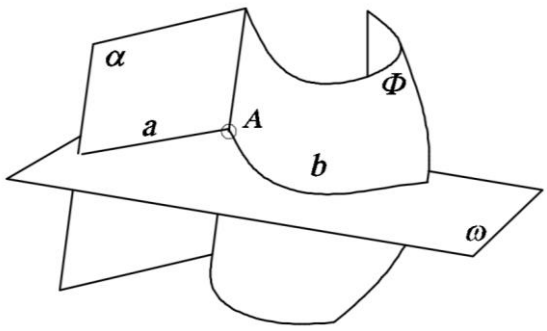
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 4</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную плоскость-посредник ω.</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник ω (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), точки видимости относительно плоскостей проекций).</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Находят линии a и b, по которым посредник ω пересекает заданную плоскость α и поверхность Φ.</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. Отмечают точку A пересечения построенных линий a и b.</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. Операции 1, 2, 3, 4 повторяют нужное число раз (посредники задаются в пределах экстремальных точек). Полученные точки последовательно соединяют линией.</td></tr>
<tr><td colspan="2">6. Определяют видимость полученной линии (если часть поверхности видима, то и линия видимая).</td></tr>
<tr><td colspan="2">*Примечание*. При решении задачи с помощью циркуля и линейки эта плоскость должна пересекать заданную поверхность по прямым или окружностям.</td></tr>
</table>

Таблица 6

Построение линии пересечения двух поверхностей

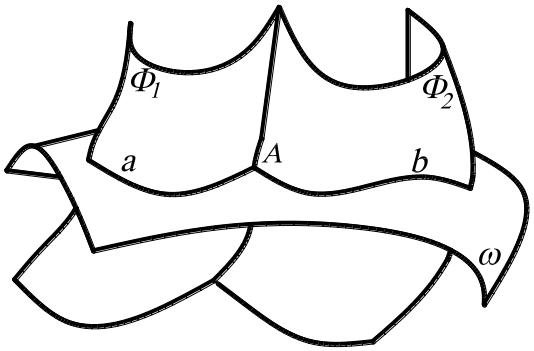
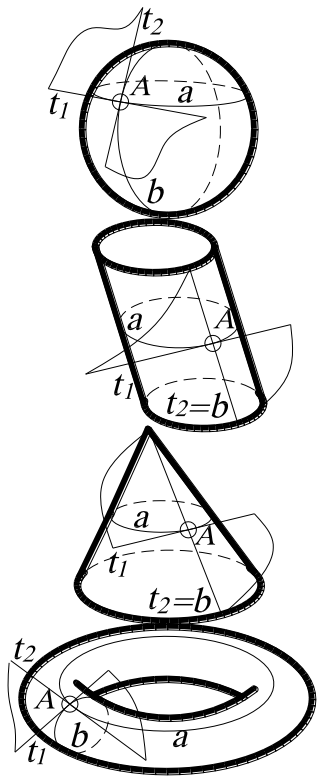
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 5</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную поверхность-посредник $\boldsymbol{\omega}$ так, чтобы ее пересечение с заданными поверхностями осуществлялось по простым линиям.</td><td rowspan="8"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник $\boldsymbol{\omega}$ (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), точки видимости относительно плоскостей проекций).</td></tr>
<tr><td>3. Находят линии a и b, по которым посредник ω пересекает заданные поверхности $\boldsymbol{\Phi_1}$ и $\boldsymbol{\Phi_2}$.</td></tr>
<tr><td>4. Отмечают точку A пересечения построенных линий a и b.</td></tr>
<tr><td>5. Операции 1, 2, 3, 4 повторяют нужное число раз (посредники задаются в пределах экстремальных точек).</td></tr>
<tr><td>6. Полученные точки последовательно соединяют линией.</td></tr>
<tr><td>7. Определяют видимость полученной линии (если часть поверхности видима, то и линия видимая).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Примечание.
1. Если одна из поверхностей является проецирующей, то есть одна из проекций искомой линии уже дана, то другую проекцию искомой линии строят по ее принадлежности второй заданной поверхности.
2. Если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания (теорема Монжа).</td></tr>
</table>

Таблица 7

Построение плоскости, касательной к сфере, цилиндру, конусу, тору

Алгоритм А 6	
1. Через точку ***A***, принадлежащую заданной поверхности, строят образующую ***a*** циклической поверхности (круговое сечение).	
2. Проводят касательную прямую t_1 к полученной окружности ***a***.	
3. Через точку ***A*** строят образующую ***b*** поверхности вращения.	
4. Проводят касательную прямую t_2 к полученной линии ***b***.	
5. Прямые t_1 и t_2, пересекающиеся в точке ***A***, задают касательную плоскость.	

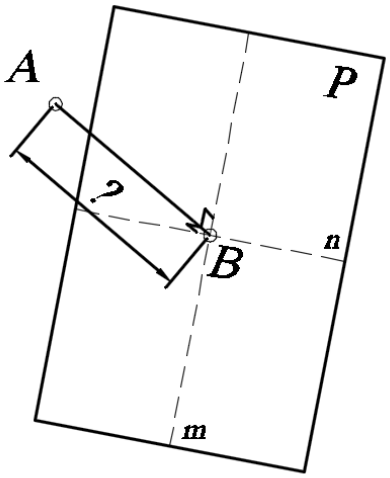
Кроме позиционных задач в начертательной геометрии имеются метрические задачи. Метрическими называют задачи, в которых необходимо определить натуральные значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п. Причем необходимо помнить, что натуральная величина отрезков прямых, плоских фигур определяется на чертеже без дополнительных построений тогда, когда прямая или плоскость фигуры параллельна плоскости проекций, то есть является прямой или плоскостью уровня по отношению к плоскости проекций. В остальных случаях необходимы дополнительные построения или преобразование геометрических объектов до частного положения (способ прямоугольного треугольника, методы вращения или замены плоскостей проекций).

Задача на определение расстояния от точки до плоскости называется основной метрической задачей начертательной геометрии.

Таблица 8

Нахождение расстояния от точки до плоскости

(основная метрическая задача)

Алгоритм А 7	
1. Из точки ***A*** строят прямую, перпендикулярную плоскости ***P*** (по признаку перпендикулярности прямой и плоскости такая прямая должна быть перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим в этой плоскости).	
2. Находят точку ***B*** пересечения перпендикуляра с плоскостью ***P*** (основная позиционная задача, см. А1).	
3. Определяют натуральную величину отрезка прямой ***AB*** любым из известных способов.	

Важнейшей целью при решении задач является формирование общих подходов, а точнее методов к умению решать задачи как можно более широких классов (эвристических задач). Уже с далеких времен многие математики занимались поиском общих эвристических схем, которые помогают в поиске способа решения конкретных задач. Разработкой таких эвристических схем занимался один из комментаторов Евклида Папп, знаменитые математики и философы Рене Декарт (1596-1650), Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716). Так, например, Р. Декарт подчеркивал, что научные открытия и изобретения следует производить не путем беспорядочного блуждания наугад по дорогам науки, а с помощью метода. «Под методом же я разумею достоверные и легкие правила, строго соблюдая которые, человек никогда не примет ничего ложного за истинное» и сможет добывать новое знание – все, что он способен познать – «без изменений траты умственных сил»[1]. Эти слова можно трактовать в том смысле, что при решении задач в различных сферах деятельности (науке, технике, образовании и др.) следует пользо-

[1] Декарт Р. Избр. произв. – М.: Госполитиздат, 1950. – С. 80, 90.

ваться общими подходами (методами), которые преследуют цель максимально возможной интенсификации интеллекта.

В математике, как и в геометрии, в частности начертательной геометрии, общих подходов (методов) решения задач не так уж много, однако они являются достаточно универсальными и с успехом (возможно под другими именами), используются и в других областях знаний. Рассмотрим методы решения задач, которые используются в курсе начертательной геометрии.

1. Метод разбиения задачи на подзадачи. Этот метод состоит в том, что сложную нестандартную задачу разбивают на несколько более простых подзадач, по возможности стандартных или ранее решенных, при последовательном решении которых будет решена и исходная задача. Здесь возможны такие случаи:

• разбиение условий задачи на части;

• разбиение требования задачи на части;

• разбиение области определения задачи на части.

Рассмотрим пример расчленения условия на части. Построить точку A, равноудаленную от сторон линейного угла с вершиной B и принадлежащую прямой a. Линейный угол и отрезок прямой не лежат в одной плоскости. Условие задачи разбивается на две части:

1) геометрическое множество трехмерного пространства, равноудаленное от сторон линейного угла, – это плоскость α, проходящая через биссектрису и перпендикулярная к плоскости этого угла;

2) искомая точка принадлежит заданной прямой a – это пересечение плоскости α с прямой a.

2. Преобразование задачи. Последовательные преобразования сложной комплексной задачи в цепочку эквивалентных задач до получения задачи, которую знаем, как решать. Другими словами, перейти из пространства стереометрии в пространство планиметрии (уменьшить размерность задачи). Например, преобразование элементов задачи из общего положения в частное. При этом эквивалентность задач понимается как совпадение их множеств решений, а преобразова-

ние должно не менять языка ее записи, т. е. если задача была геометрической, то и преобразованная задача тоже должна быть геометрической. В противном случае это уже будет не преобразование, а моделирование.

3. Моделирование. В общем случае этот метод подразумевает замену исходной задачи ее моделью: текстовая (сюжетная) задача переводится в уравнение, систему уравнений или неравенств; уравнение представляется в виде кривой на плоскости или в пространстве и т. п., т. е. в конечном счете сводится к какому-то геометрическому изображению. А поскольку геометрическое моделирование, целью которого является построение моделей, то актуальность приобретают методы построения физических моделей и конструктивных. Физические модели представляют совокупность материальных объектов, оперирование которыми приводит к решению задачи. Такими материальными (реальными) моделями могут служить модели геометрических фигур и тел из разного рода материала (бумаги, пластилина, дерева и т. п.). Конструктивные модели позволяют задавать условие задачи и в аналитическом виде, и в графическом, что значительно упрощает поиск решения задачи. Этот метод широко используется при решении многопараметрических задач, отображающих процессы и явления различных сфер деятельности. В этом случае большое значение имеет понятие «размерности» геометрических пространств (многообразий), поскольку позволяет конструировать на двумерном чертеже гиперповерхности, а также исследовать их методами геометрического моделирования.

4. Введение вспомогательных элементов. В общем случае возможны следующие варианты:

• введение недостающих по смыслу задачи элементов между данными и искомыми элементами (дополнительное построение на чертеже, введение дополнительных переменных для составления уравнений и т. п.);

• преднамеренное погружение задачи в большую размерность, т. е. введение дополнительных параметров, не связанных с условием задачи. Такими элементами являются «посредники», содержащие исходный элемент.

5. Подобие. Построение дополнительных элементов на чертеже, подобных тем, которые получаются в результате решения задачи. Причем дополнительные элементы строятся так, чтобы по отношению к исходным они были симметричными. Этот метод основан на принципе пропорциональности. В качестве подобных элементов в пространстве служат эквидистантные поверхности.

6. Переформулировать. Часто условие задачи сформулировано так, что исходные элементы являются определителем какой-либо поверхности. Например, если в пространстве заданы три пересекающиеся прямые, то известно, что такие прямые являются определителем конуса вращения. Поэтому иногда простая переформулировка позволяет обнаружить искомые элементы. Например, построить прямую, равноудаленную от трех пересекающихся прямых. Такой прямой является ось конуса вращения. Например, построить из шести спичек четыре равносторонних треугольника. Задача переформулируется следующим образом: требуется построить объект с шестью ребрами и четырьмя треугольными гранями, т. е. тетраэдр.

7. Обобщение. Этот метод является общим в математике. Очень часто общее доказать легче, чем частное, и практика математической науки дает в подтверждение этому достаточно много ярких и убедительных примеров. Подобная ситуация определяется часто как «парадокс изобретателя». Об этом методе в той или иной форме высказывались Г. В. Лейбниц, П. Г. Л. Дирихле, Ю. В. Р. Дедекинд, Д. Пойа и др. Достаточно привести несколько принадлежащих им высказываний[2]: «Доказать больше иногда легче» (Д. Пойа); «Решая познавательную задачу, полезно придумать какую-либо другую, общую задачу, которая содержит первоначальную и легче поддается решению» (Г. В. Лейбниц); «Как часто случается, общая задача оказывается легче, чем была бы частная, если бы мы пытались решить ее непосредственно в лоб» (П. Г. Л. Дирихле, Ю. В. Р. Дедекинд).

[2] Цит. из Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: Наука, 1991. – С. 152-153.

Как правило, это обобщение протекает за счет погружения (вложения) исходных элементов задачи в пространство большей размерности, непосредственно связанное с исходными элементами. С геометрической точки зрения, такие пространства являются геометрическими местами – множествами точек, равноудаленными от заданного элемента (или элементов). Поэтому прямая может быть рассматрена как поверхность кругового цилиндра, точка – как сфера и т. п. Использование данного метода предполагает, что из решения обобщенной задачи без особого труда может быть получено решение исходной задачи.

Рассмотрим пример. Построить плоскость на расстоянии R_1 от точки A, на расстоянии R_2 от точки B и на расстоянии R_3 от точки C. Искомая плоскость, удаленная от трех точек A, B и C на заданные расстояния R_1, R_2, R_3, должна быть касательной к трем сферам, центры которых совпадают с точками A, B и C, а радиусы соответственно равны R_1, R_2, R_3. Около каждой пары сфер можно описать конус вращения. Таких конусов будет два. Плоскость, касательная к такому конусу, будет касательной и к вписанным в него сферам. Поэтому задача сводится к построению плоскости, касательной к этим конусам, которая определяется двумя прямыми: а) соединяющей вершины этих конусов; б) касательной к основанию конуса. В результате решения этой задачи могут получиться две плоскости.

Заметим, что метод «Переформулировать» и метод разбиения задачи на подзадачи могут рассматриваться как конкретная разновидность метода «Обобщить». Дело в том, что, переформулировав задачу, т.е. фактически определив какую-либо поверхность, мы получаем новую задачу, являющуюся обобщением, а разбивая задачу на подзадачи, в конечном счете приходим к обобщению этих подзадач. Вообще говоря, при решении задач трудно однозначно утверждать, какой именно метод использовался, поскольку чаще всего при решении задач могут использоваться одновременно несколько методов. Более того, одна и та же задача, исследуемая с опорой на разные методы, может приводить к одному и тому же результату.

Все рассмотренные нами методы не претендуют на полноту классификации методов решения геометро-графических задач, поскольку, во-первых, любая задача априори может преподнести новый метод. Во-вторых, в некоторых случаях простые рассуждения, мысленные операции (анализ, синтез, абстракция, конкретизация и т. п.), приводящие к незначительным «косметическим» изменениям, позволяют получить алгоритм решения сложной задачи. Тем не менее рассмотренные методы содержат некие реальные ориентиры, позволяющие новичку осваивать процесс решения задач и вырабатывать интеллектуальные и практические навыки и умения в этой деятельности.

Предложенные алгоритмы, сконструированные геометрические места, а также методы дают возможность большего понимания при решении нижепредложенных задач.

7.1. *Дано:* конус (заданный вершиной S_3 и основанием – параллель заданного радиуса с нулевой отметкой) и прямая A_9B_7. Построить плоскость, касающуюся данного конуса и параллельную прямой A_9B_7.

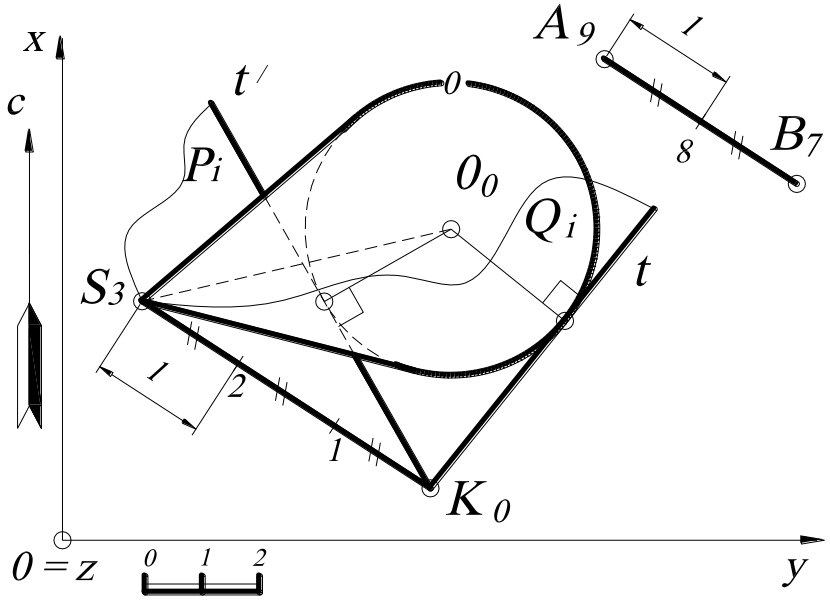


Рис. 103.

Решение (рис. 103). Известно, что прямая параллельна плоскости, если в плоскости найдётся хотя бы одна прямая, параллельная заданной. Следовательно, через вершину конуса S_3 проводят прямую, параллельную заданной прямой A_9B_7 (см. свойства параллельных прямых) и находят на этой прямой точку K с отметкой 0. Из полученной точки K_0 строят касательные прямые t и t' к основанию конуса (см. задачу 4.9). Прямые

S_3K_0 и t будут задавать одну искомую плоскость Q_i, а прямые S_3K_0 и t' - другую P_i.

7.2. *Дано*: точка A_1, точка B_4 и точка C_6. Построить точку $S_?$, равноудалённую от заданных точек A_1, B_4 и C_6 на расстояние ***4.5*** (по линейному масштабу).

Решение (рис. 104). Решение задачи сводится к построению прямого кругового конуса, образующая которого равна ***4.5***. Задача имеет два решения, то есть можно построить два конуса.

Вначале находят окружность основания конуса и точку O – центр основания конуса. По исходным данным, точки A_1, B_4 и C_6 принадлежат плоскости общего положения, следовательно, окружность основания будет проецироваться на плане в виде эллипса. Поэтому методом замены плоскостей проекций определяют натуральную величину треугольника $A_1B_4C_6$ (можно воспользоваться любым другим методом для определения натуральной величины $A_1B_4C_6$). Для этого строят профиль в проекционной связи перпендикулярно горизонталям плоскости $A_1B_4C_6$ и второй заменой плоскости проекций определяют натуральную величину $A_1B_4C_6$ (откладывая соответствующие координаты точек A_1, B_4 и C_6, взятые с плана).

Точка O' определяется на натуральной величине треугольника $A'B'C'$ как центр описанной окружности (точка пересечения серединных перпендикуляров к сторонам треугольника $A'B'C'$). Точку O' проецируют на профиль (используя принадлежность её к треугольнику ABC), определяют её числовую отметку ***3.1***, а затем строят на плане (отложив соответствующую координату).

Находят очерковую образующую $S'E'$, которая на профиле будет изображаться в натуральную величину (так как параллельна плоскости профиля), повернув точку A' вокруг $S'O'$. Затем на профиле из точки O восстанавливают перпендикуляр (высоту конуса) и засечкой циркуля из точки E радиусом ***4.5*** (по масштабу чертежа) определяют точку S – вершину конуса.

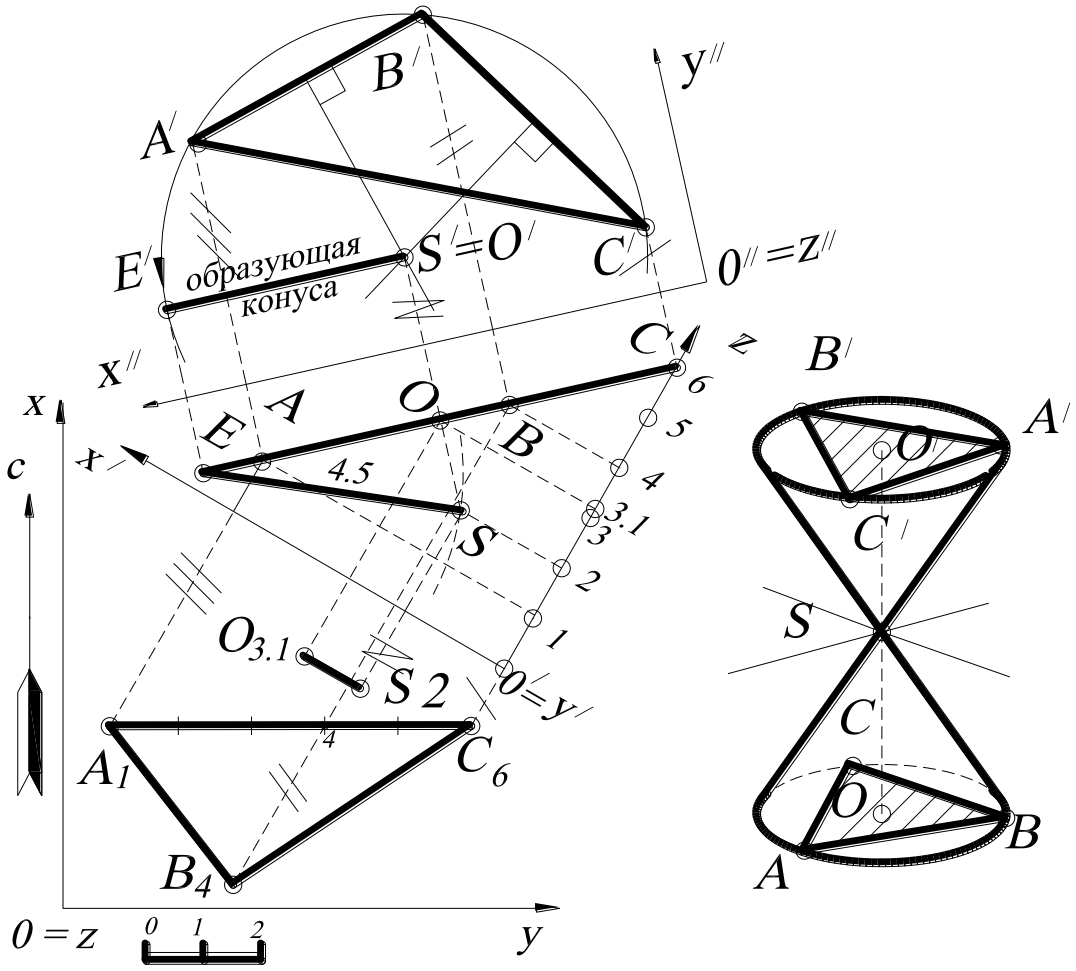


Рис. 104.

Точку ***S*** проецируют на план на прямую, проведённую через точку $O_{3.1}$ перпендикулярно горизонталям, так как высота конуса перпендикулярна его основанию (см. перпендикулярность прямой и плоскости). Точка S_2 – точка, равноудалённая от заданных точек A_1, B_4 и C_6 на расстояние ***4.5***.

7.3. *Дано:* точка O_3, точка $A_?$ и расстояние R. Найти числовую отметку точки $A_?$, если известно, что расстояние между точками $A_?$ и O_3 равно R.

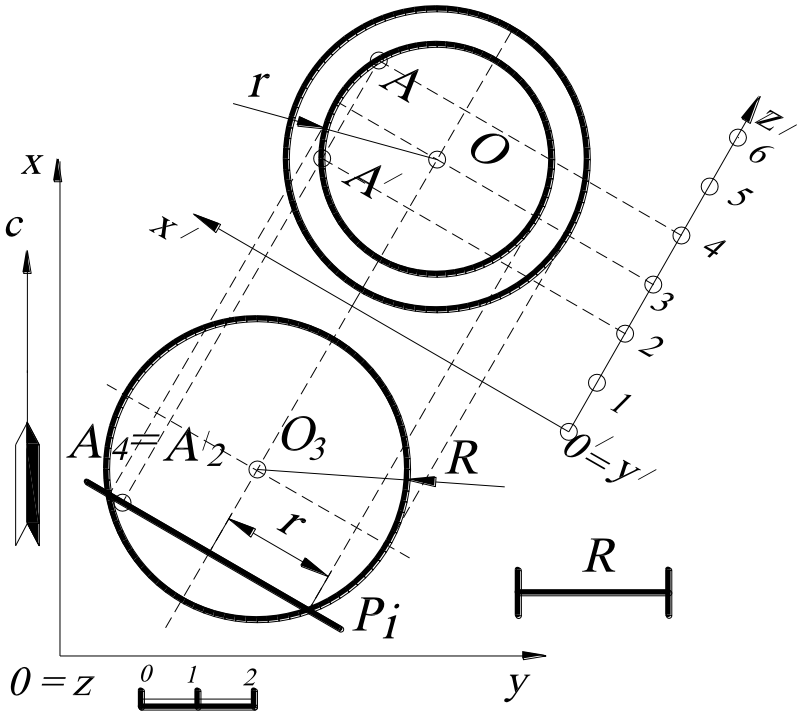


Рис. 105.

Решение (рис. 105). Задача сводится к построению сферы с центром O_3 и радиусом R. Другими словами, точка $A_?$ будет лежать на поверхности этой сферы, а числовая отметка этой точки определяется из принадлежности её к поверхности.

На плане строят сферу с центром O_3 и радиусом R. Известно, что если точка принадлежит поверхности, то она принадлежит линии, лежащей в этой поверхности. Следовательно, проводят через точку $A_?$ плоскость P_i, которая пересечёт эту сферу по окружности – параллели сферы. Затем для нахождения числовой отметки точки $A_?$ строят профиль этой параллели, на которую проецируют точку $A_?$ и определяют числовую отметку – это ***4*** (для наглядности на профиле построена также проекция сферы). Однако точка $A_?$ может иметь отметку ***2*** (см. рис. 103 – точка A'_2), так как в этой задаче два решения.

7.4. *Дано*: сфера (O_3 – центр, R – радиус) и точка $A_?$, принадлежащая этой сфере. На экваторе данной сферы построить точки, отстоящие от точки $A_?$ на расстояние ***r=2*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 106). Задача сводится к нахождению точек пересечения сферы с центром $A_?$ и радиусом ***r=2*** с окружностью – экватором заданной сферы.

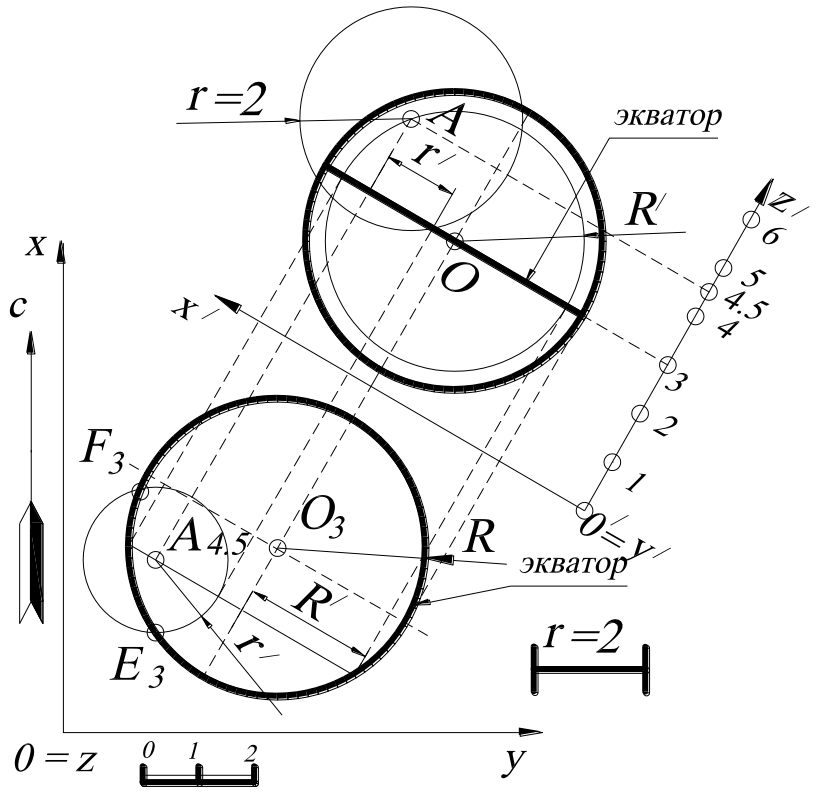


Рис. 106.

Другими словами, строят сферу с центром в точке $A_?$ и радиусом ***r=2*** и определяют пересечение этой сферы с экватором данной сферы. Построения выполняются следующим образом. Вначале находят числовую отметку точки $A_?$. Для этого проводят проецирующую плоскость через точку $A_?$, которая пересечёт заданную сферу по окружности радиуса R'. На профиле эта окружность в пересечении с линией проекционной связи определит числовую отметку точки $A_?$ – ***4.5*** (или ***1.5***, см. предыдущую задачу).

Затем на профиле строят сферу с центром в точке ***A*** и радиусом ***r=2*** и определяют радиус горизонтали r' построенной сферы, который соответствует числовой отметке «экватора» заданной сферы, то есть ***3***-й. На плане строят параллель сферы с радиусом r' и находят точки F_3 и E_3.

7.5. *Дано:* точки A_1, B_4, C_6 и D_2. Построить проекцию точки $O_?$, равноудалённую от четырёх данных точек.

Решение (рис. 107). Задача сводится к построению центра сферы, так как четыре некомпланарные точки задают сферу, а равноудалённая точка от четырёх – центр сферы. В этом случае, построив две параллели сферы, можно найти центр этой сферы, так как центры двух параллелей зададут ось сферы, а серединный перпендикуляр, проведённый к двум точкам, лежащим на одном очерке сферы, в пересечении с осью определит центр искомой сферы.

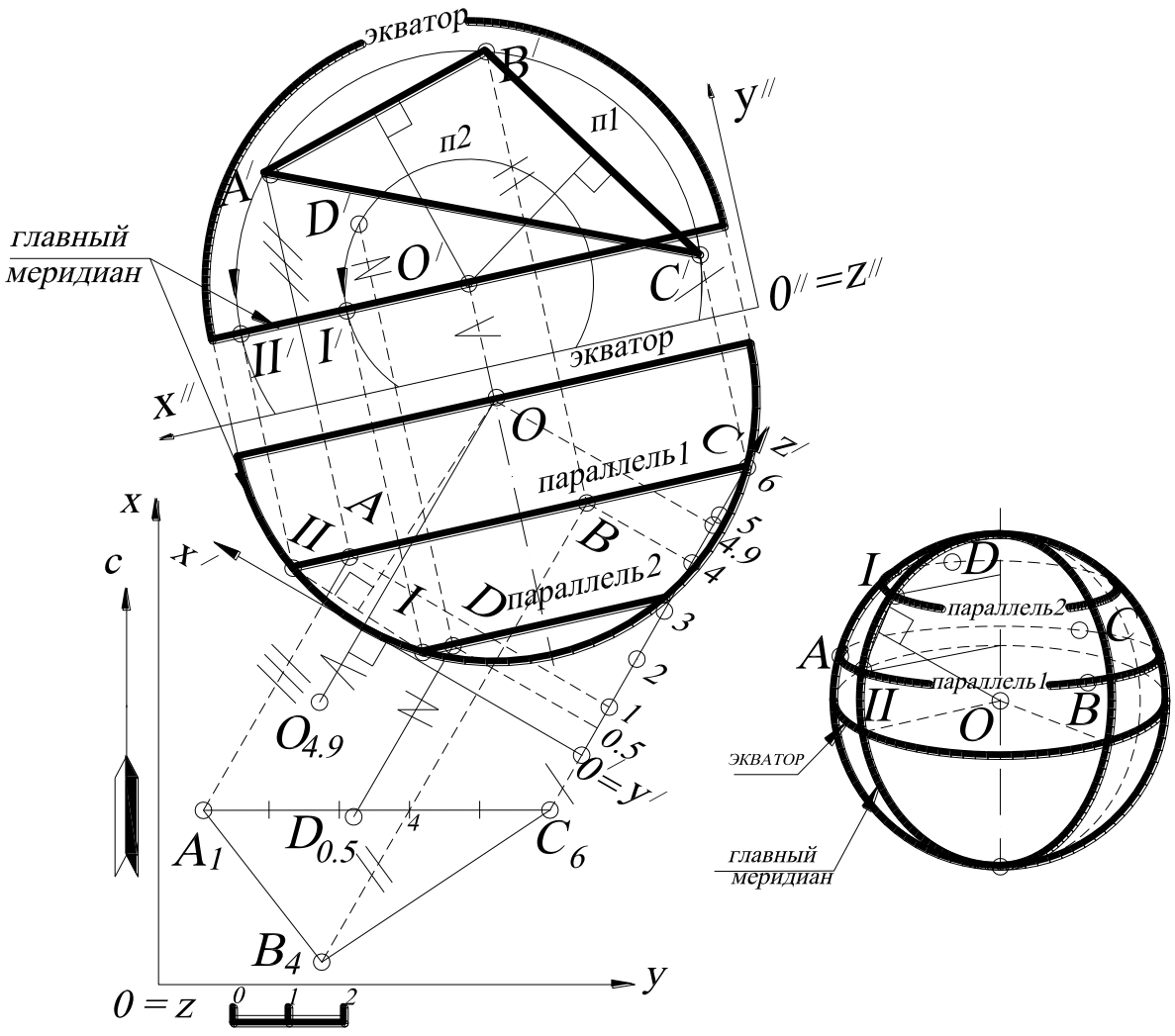


Рис. 107.

Известно, что три точки однозначно задают окружность (см. задачу 7.2), которая будет являться параллелью (горизонтальным сечением) искомой сферы. В

данном случае три точки, например A_1, B_4 и C_6, задают сечение $A_1B_4C_6$ сферы, которое не параллельно основной плоскости проекций H, так как точки A_1, B_4 и C_6 принадлежат плоскости общего положения. Для того чтобы точки A_1, B_4 и C_6 занимали горизонтальное положение, используют метод замены плоскостей проекций. На плане определяют горизонтали плоскости $A_1B_4C_6$, в которой находится ***параллель 1***, и двойной заменой плоскостей проекций определяют центр этой параллели (см. задачу 7.2.) – точка O' (то есть строят два серединных перпендикуляра к сторонам $A'B'$ и $B'C'$). Затем строят точку D', которая принадлежит ***параллели 2***. Точка O' является проекцией центра искомой сферы, а ось сферы на этой проекции является проецирующей прямой. Поэтому строят проекцию очерка сферы на профиле (на рис. 107 показана только его часть). Проекция очерка – «главного меридиана» - сферы на профиле будет проходить через точки I и II, которые определяются из принадлежности к параллелям сферы и линиям проекционной связи. В плоскости проекций $O''x''y''z''$ точки I' и II' принадлежат «главному меридиану», плоскость которого параллельна плоскости профиля.

На профиле строят проекцию оси сферы, которая будет проходить через точку O перпендикулярно параллелям. Затем, соединяя точки I и II , строят серединный перпендикуляр к этому отрезку, пересечение которого с осью даёт искомую точку O с числовой отметкой ***4.9***. Точку O проецируют на план.

7.6. *Дано:* сфера и прямой круговой конус. Построить точки $A_?$ и $B_?$, принадлежащие соответственно данным поверхностям сферы и конуса, если расстояние между ними минимально.

Решение (рис. 108). Задача сводится к нахождению кратчайшего расстояния между точкой и поверхностью (см. задачу 4.8). Проекцией кратчайшего расстояния будет являться прямая t, принадлежащая плоскости ω, задаваемой осью конуса и центром сферы. Для нахождения точек $A_?$ и $B_?$ – точек пересечения прямой t с поверхностями конуса и сферы, строится профиль, плоскость которого параллельна этой плоскости ω. На профиле строят прямую t, которая проходит

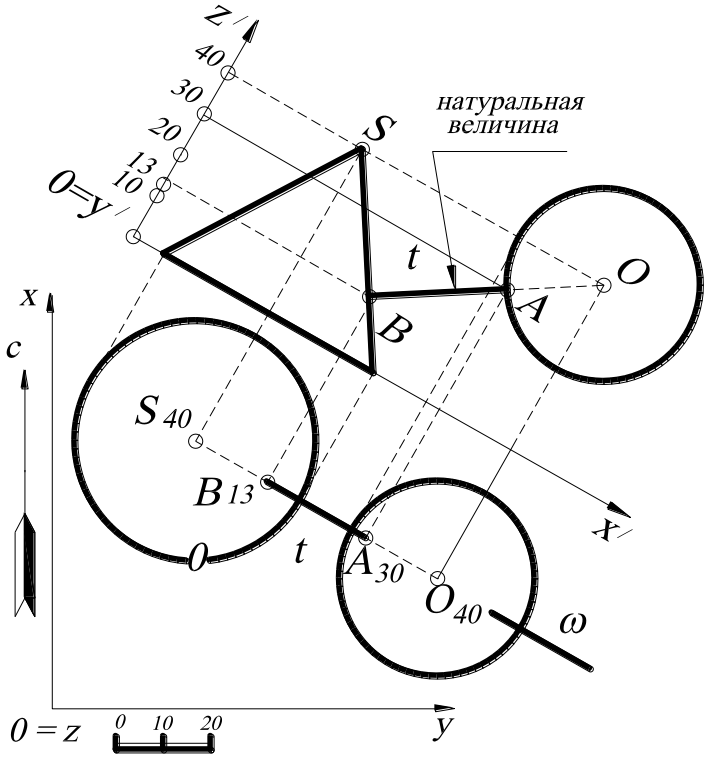


Рис. 108.

через центр сферы – точку ***O*** и перпендикулярна образующей конуса. Точки пересечения прямой ***t*** с очерками заданных поверхностей дадут искомые точки A_{17} и B_{16}, которые затем в проекционной связи находят на плане.

7.7. Дано: три пересекающиеся прямые S_5A_5, S_5B_2 и S_5C_0. Построить прямую ***m***, равнонаклоненную к заданным прямым и проходящую через точку ***S***.

Решение (рис. 109). Задача сводится к построению оси прямого кругового конуса, так как три пересекающиеся прямые задают прямой круговой конус, а прямая, равнонаклоненная к этим прямым, – ось конуса.

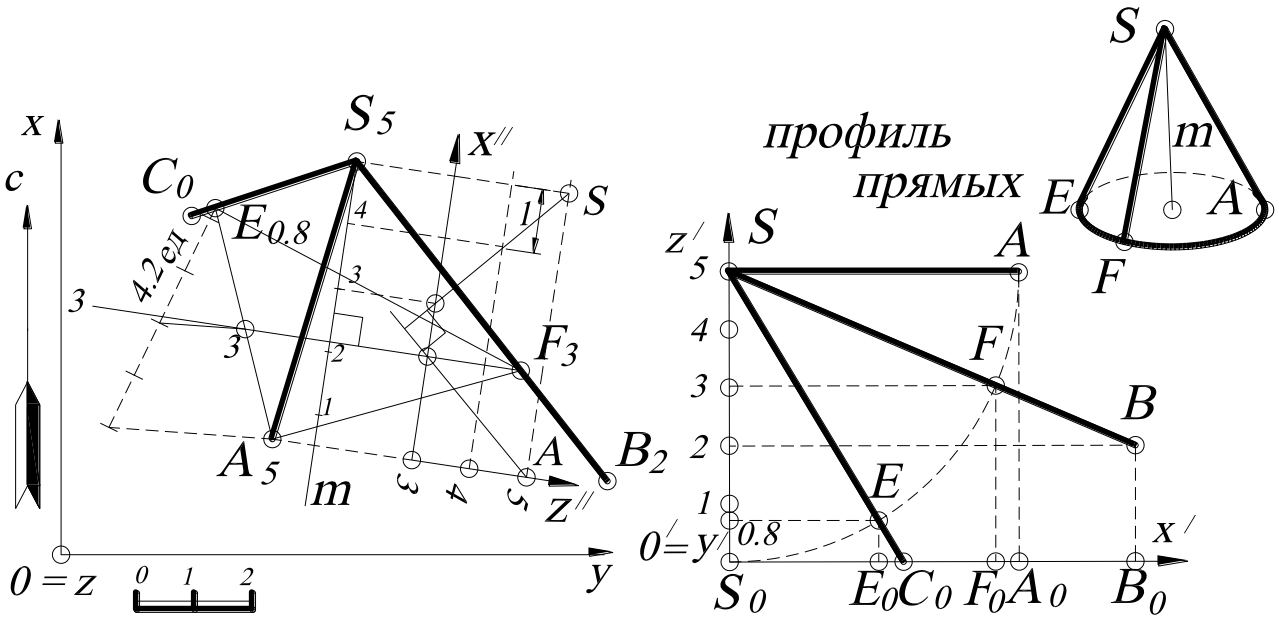


Рис. 109.

Известно, что ось прямого кругового конуса перпендикулярна плоскости основания, а образующие такого конуса задаются отрезками прямых равной длины. Для нахождения натуральных величин и их заложений строят профиль (можно воспользоваться и другим способом, например способом прямоугольного треугольника). На профиле отмеряют отрезки равной длины – ***SA***, ***SF*** и ***SE*** и определяют заложения (проекции) этих прямых одинаковой длины, равной $SA=S_0A_0=S_0F_0=S_0E_0$, которые отмечают на плане соответственно на прямых S_5A_5, S_5B_2 и S_5C_0. Точки A_5, $E_{0.8}$ и F_3 определяют плоскость основания конуса. Затем на плане находят горизонталь плоскости $A_5E_1F_3$ (градуированием). Из точки $E_{0.8}$ проводят произвольную прямую (шкалу высотных отметок) длиной ***4,2ед.*** (на рис. 109 эта длина соответствует масштабу чертежа), а затем по подобию треугольников находят на отрезке $A_5E_{0.8}$ числовую отметку ***3***, которую соединяют с точкой F_3, получая горизонталь h_3. Из точки S_5 строят прямую ***m***, перпендикулярную к плоскости $A_5F_3E_{0.8}$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Для нахождения интервала ***l*** оси конуса строят профиль, задаваемый осями $x'''y'''$ (см. задачи 2.11, 2.12).

Если в условии задачи необходимо определить плоскость, равнонаклонённую к трём пересекающимся прямым, то эта задача решается аналогично, то есть точки A_5, E_1 и F_3 задают искомую плоскость.

7.8. *Дано:* три параллельные прямые A_1B_4, C_3D_6 и E_0F_3. Построить прямую ***m***, равноудалённую от заданных прямых.

Решение (рис. 110). Решение задачи сводится к построению оси цилиндра, так как три параллельные прямые задают круговой цилиндр, а прямая, равноудалённая от этих прямых, – ось цилиндра. С помощью преобразования чертежа (двойной замены плоскостей проекций) переводят прямые A_1B_4, C_3D_6 и E_0F_3 из общего положения в частное – проецирующее (прямые изображаются в виде точек). В этой проекции находят равноудалённую точку (с помощью построения точки пересечения серединных перпендикуляров) – проекцию прямой ***m***, которая

будет задавать проекцию оси цилиндра. Затем последовательно прямую ***m*** находят на плане. В этом случае прямая задаётся произвольной точкой и направлением, так как образующие цилиндра параллельны его оси.

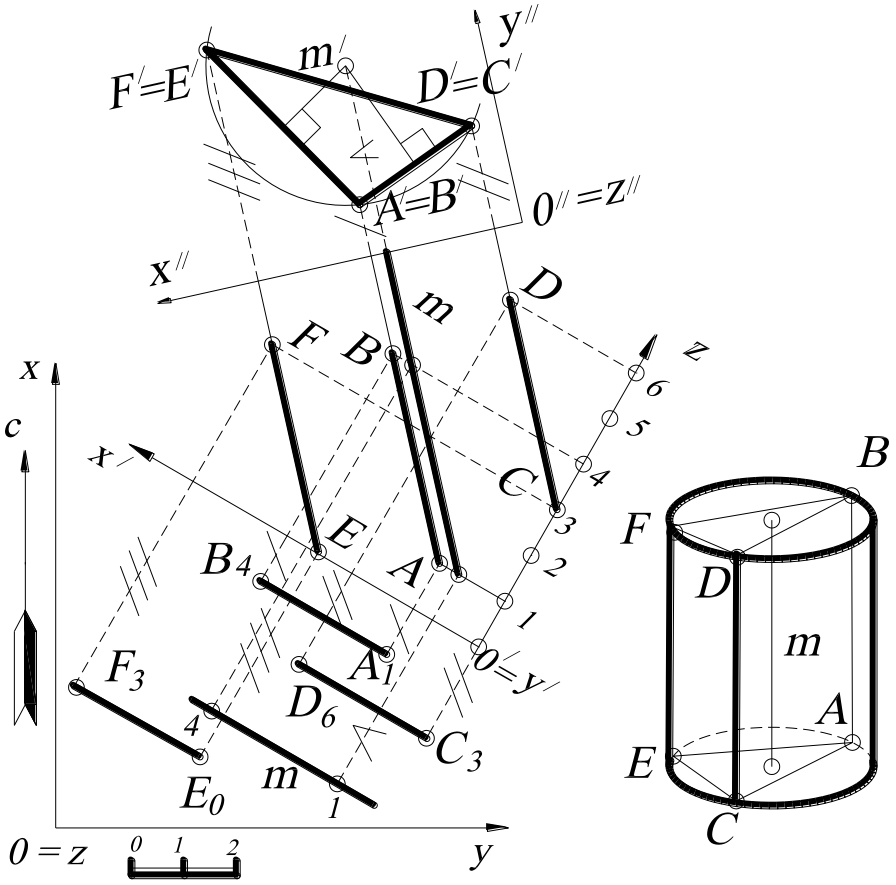


Рис. 110.

7.9. *Дано:* точка A_{20} и прямой круговой конус с вершиной S_{40}, стоящий на основной плоскости проекций ***H***. Провести через точку A_{20} плоскость, отстоящую на ***10*** (в масштабе чертежа) от поверхности конуса.

Решение (рис. 111). В данном случае удобнее всего воспользоваться эквидистантной поверхностью (от лат. aequus- «равный» + distntia- «расстояние»), то есть поверхностью, все точки которой отстоят от заданной поверхности на заданное расстояние. Задача сводится к построению касательной плоскости к эквидистантной поверхности, отстоящей от заданного конуса на расстояние ***10***. Строят эквидистантную поверхность, то есть конус, для чего строят профиль,

параллельный проекции прямой $S_{40}A_{20}$ (см. задачу 4.9). На профиле находят точку L – вершину эквидистантного конуса, проекция которого показана штриховыми линиями, и определяют точку B.

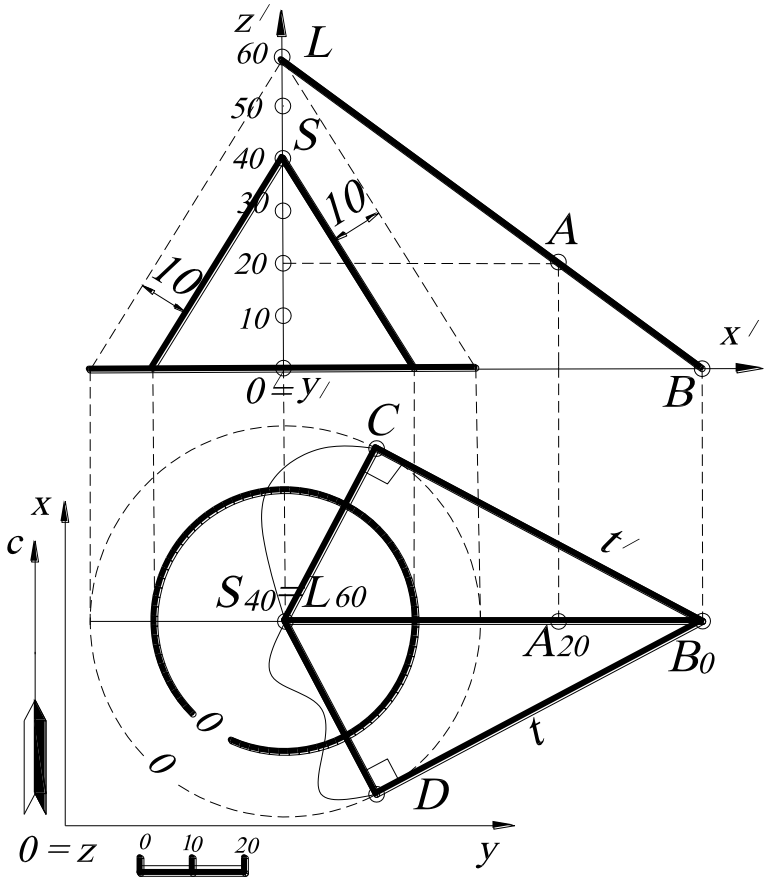


Рис. 111.

На плане из точки B_0 строят касательные к основанию эквидистантного конуса. Задача имеет два решения: пересекающиеся прямые t и $L_{60}B_0$ задают одну касательную плоскость, а прямые t' и $L_{60}B_0$ – другую.

7.10. *Дано:* прямая A_7B_0 и сфера с центром O_4 и радиусом R. Построить сферу радиуса $r=1$ (по масштабу чертежа), касающуюся данной сферы, если центр искомой сферы принадлежит прямой A_7B_0.

Решение (рис. 112). В данном случае необходимо определить точку на прямой A_7B_0, удалённую от заданной сферы на расстояние ***r=1*** – центр касательной

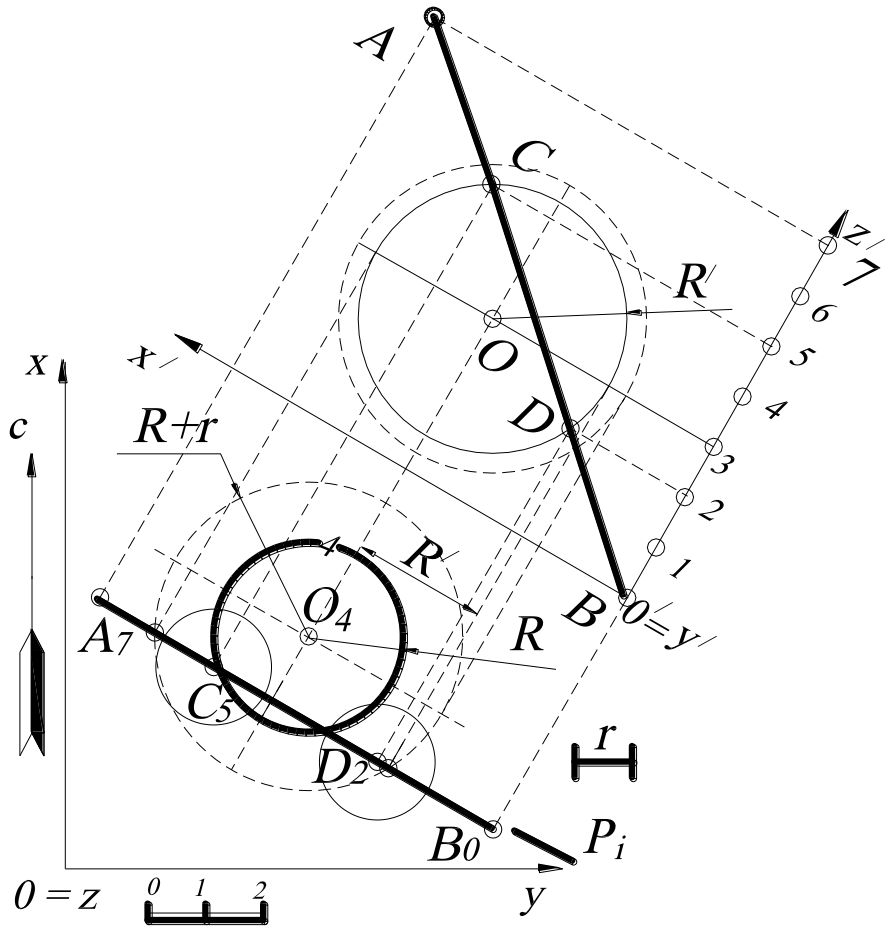


Рис. 112.

сферы. Таких точек будет две – с двух сторон сферы. В этом случае используется эквидистантная поверхность (см. задачу 7.9), то есть строят сферу радиусом ***R+r*** (на чертеже показана штриховыми линиями). Тогда задача сводится к нахождению точек пересечения прямой A_7B_0 с эквидистантной сферой (см. задачу 4.5). Для этого строится профиль, плоскость которого параллельна вспомогательной плоскости P_i, проведённой через прямую A_7B_0. На профиле находят пересечение эквидистантной сферы с проекцией прямой ***AB*** как пересечение параллели сферы R' и прямой ***AB*** (точки ***C*** и ***D*** – центры искомых касательных сфер). Проецируют точки ***C*** и ***D*** на план и строят две сферы из этих центров радиусом ***r***.

7.11. Построить плоскость $_{\Delta}\overline{\overline{A}}_?\,\overline{\overline{B}}_?\,\overline{\overline{C}}_?$, симметричную заданной плоскости $_{\Delta}A_0B_0C_0$ относительно плоскости общего положения $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$. Определить двугранный угол между плоскостью $_{\Delta}A_0B_0C_0$ и плоскостью $_{\Delta}\overline{\overline{A}}_?\,\overline{\overline{B}}_?\,\overline{\overline{C}}_?$.

Решение. Декартову систему координат выбирают так, чтобы оси x и y совпадали с осями x и y в ортогональных проекциях (рис. 113), так как эта задача может аналогично решаться на эпюре Монжа (для удобства считывания изображений).

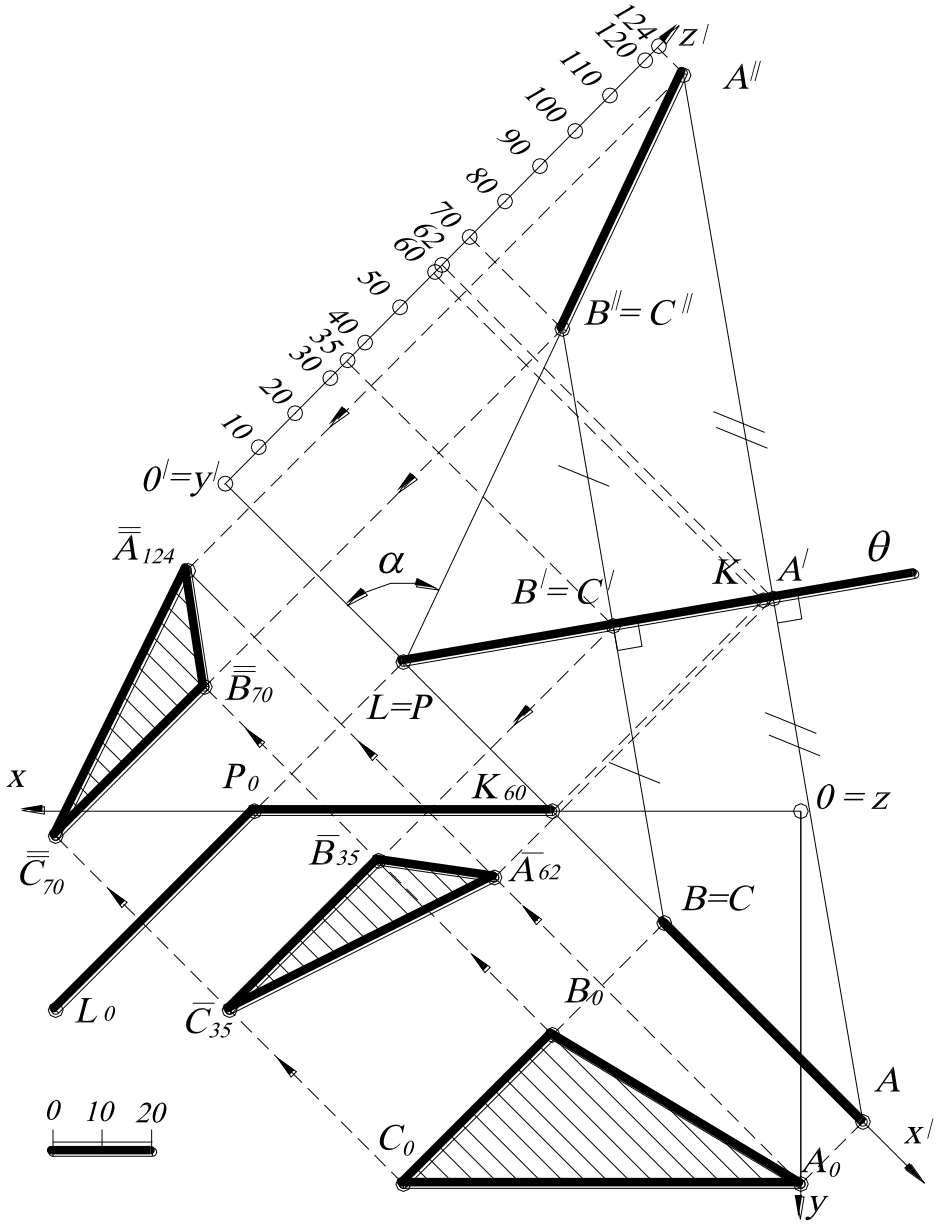


Рис. 113.

Для построения плоскости $\Delta \overline{\overline{A_?}}\,\overline{\overline{B_?}}\,\overline{\overline{C_?}}$, симметричной заданному треугольнику $\Delta A_0B_0C_0$ относительно плоскости $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$, строят профиль так, чтобы плоскость симметрии проецировалась в виде прямой линии. Поэтому новую ось $x^{\swarrow}$ выбирают перпендикулярно к горизонталям плоскости $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$. Тогда прямая P_0L_0, будет проецироваться на профиле в точку, так как высотная отметка точки L и P равна нулю. Плоскость $\Delta\, A_0B_0C_0$ будет проецироваться на профиле в виде отрезка прямой, так как этот треугольник лежит в горизонтальной плоскости проекций.

На профиле строят плоскость $A^{//}B^{//}C^{//}$, симметричную ABC относительно $\theta\,(LPK)$, а также плоскость $A^{/}B^{/}C^{/}$, принадлежащую $\theta\,(LPK)$.

Построение плоскости $A^{/}B^{/}C^{/}$ показано на рис. 111 стрелками, высотные отметки определяются на профиле. Аналогично строится треугольник $A^{//}B^{//}C^{//}$. В нашем случае треугольники ABC и $A^{//}B^{//}C^{//}$ на профиле являются проецирующими. Следовательно, угол между плоскостями равен α (угол между плоскостями считается острым).

В случае если $\Delta\, A_{60}B_{40}C_{10}$ занимает общее положение, то искомая плоскость $\Delta \overline{\overline{A_?}}\,\overline{\overline{B_?}}\,\overline{\overline{C_?}}$ будет строиться аналогичным образом (рис. 114). Однако на профиле плоскость ABC не будет проецирующей, а также будет занимать общее положение.

Таким образом, новую ось $x^{\swarrow}$ профиля выбирают перпендикулярно горизонталям плоскости $\theta\left(P_0K_{70}L_0\right)$ и строят заданную плоскость $A_{60}B_{40}C_{10}$ на профиле. Последовательность построений на рис. 114 показана стрелками.

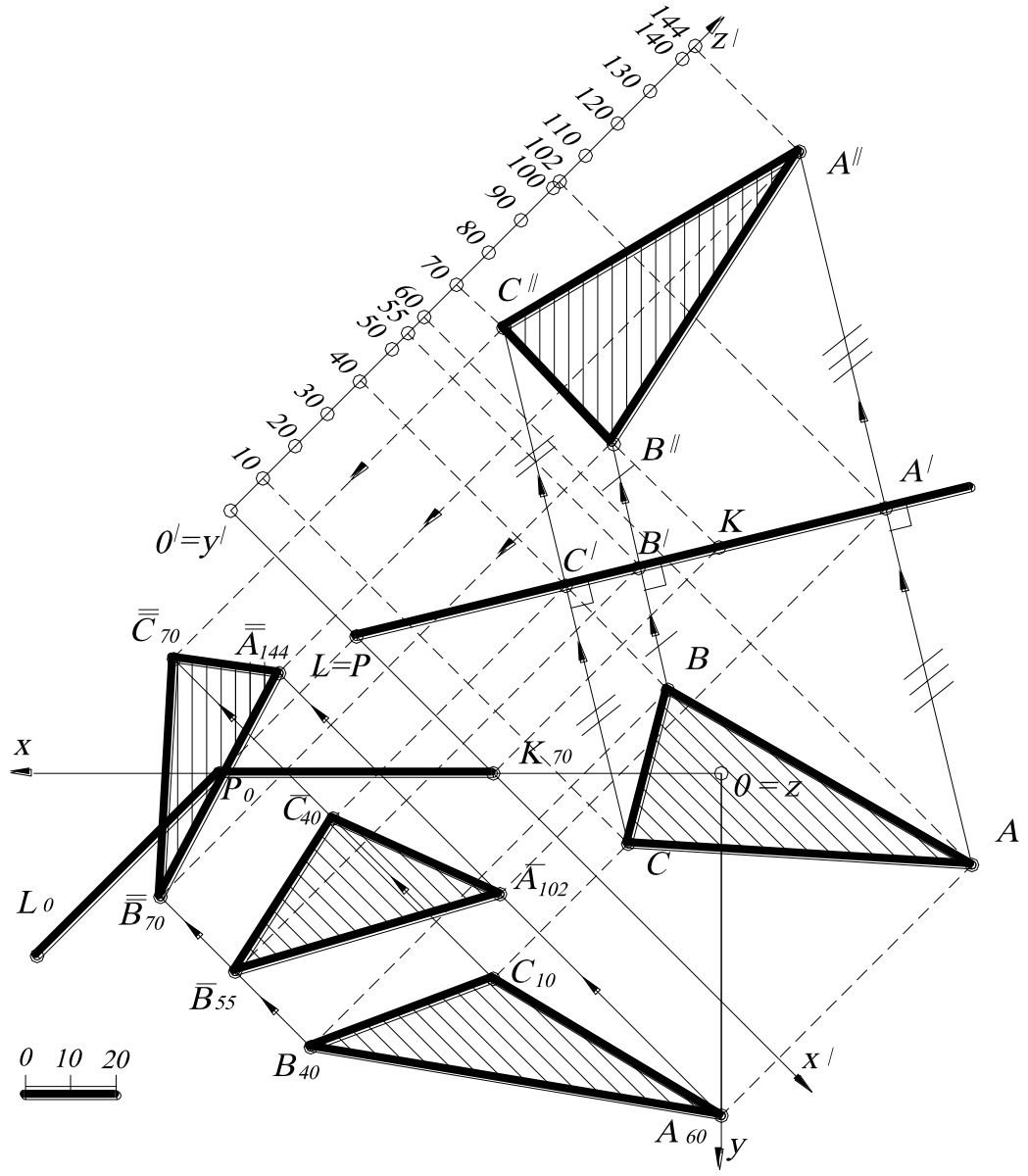


Рис. 114.

Для определения угла между плоскостями $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $\overline{\overline{A}}_{144}\overline{\overline{B}}_{70}\overline{\overline{C}}_{70}$ следует скопировать исходные данные треугольников $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $A_{144}B_{68}C_{70}$, а также точку B_{55} на свободное поле чертежа (см. задачу 2.26). Затем из точки B_{55} последовательно опустить перпендикуляры на плоскости $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $A_{144}B_{68}C_{70}$ (рис.115).

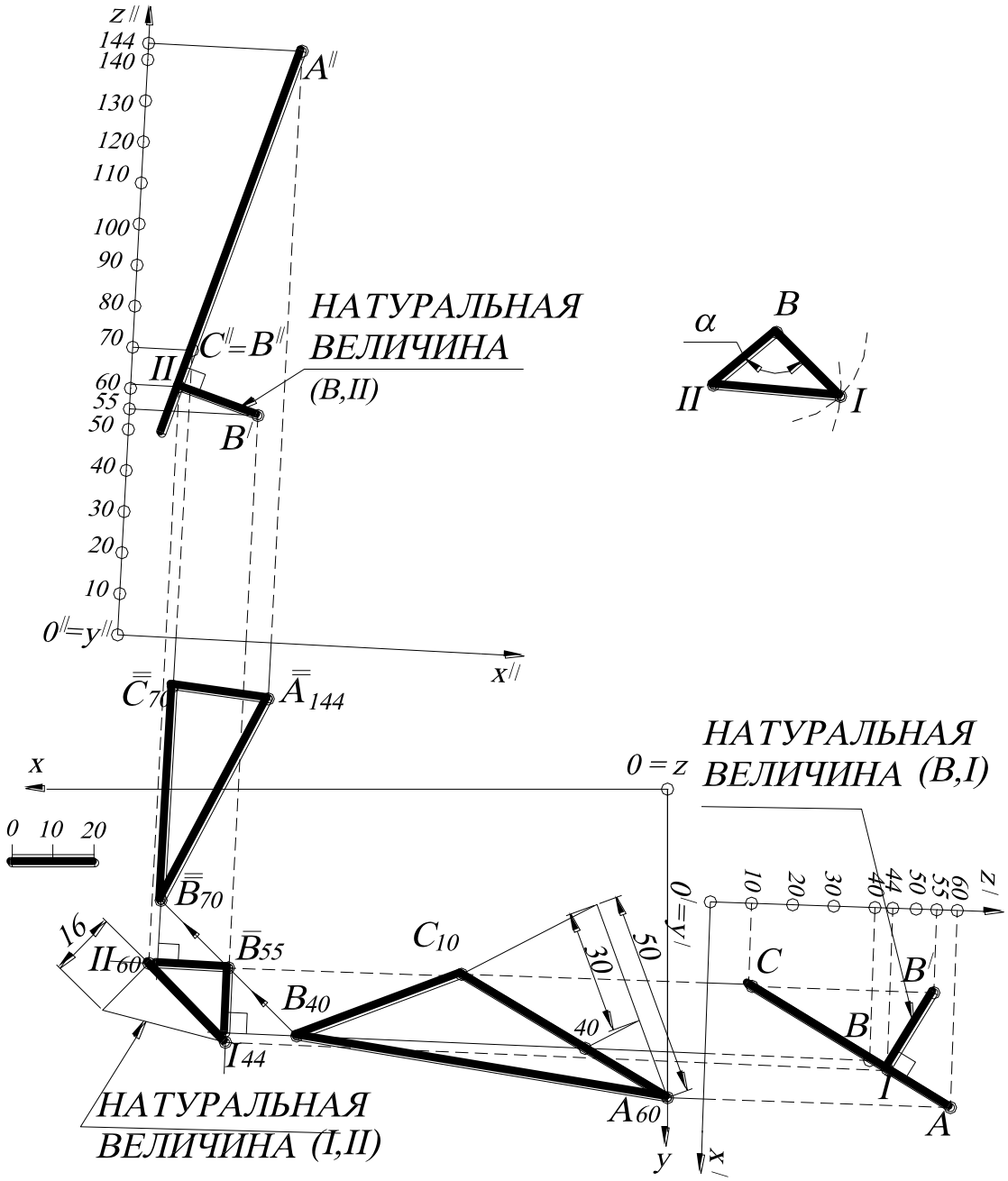


Рис.115.

Для определения расстояния от точки B_{55} до треугольника $A_{60}B_{40}C_{10}$ строят новый профиль $O'x'y'z'$, у которого ось x' будет направлена под прямым углом к горизонталям плоскости $A_{60}B_{40}C_{10}$. В этом случае треугольник $A_{60}B_{40}C_{10}$ будет проецироваться на этот профиль в виде прямой линии, что и требовалось получить. Строят на этом профиле проекцию точки B_{55}, которая находится на линии

проекционной связи, перпендикулярной оси x', и на расстоянии от этой оси, равном ***55*** (координата *z*). Из полученной проекции точки B' (на профиле) строят перпендикуляр на проецирующую плоскость ***ABC*** и получают отрезок ***(B,I)***, который проецируется в натуральную величину. На плане точка I_{44} будет находиться на пересечении прямой, параллельной оси x' (перпендикуляра к горизонтали плоскости $A_{60}B_{40}C_{10}$) и линии проекционной связи.

Аналогичным образом находят расстояние от точки B_{55} до плоскости $A_{144}B_{70}C_{70}$ ($B_{70}C_{70}$ – горизонталь плоскости) и строят проекцию этого расстояния на плане. Затем методом прямоугольного треугольника находят натуральную величину отрезка ***(I, II)***. На свободном поле чертежа методом засечек строят натуральную величину Δ ***B I II*** , а угол при вершине ***B*** будет определять искомый угол α.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

7.1. Построить прямую $F_{10}E_{80}$, равноудаленную от сторон треугольника ***ABC***. Проекции точек ***A***, ***B*** и ***C*** заданы следующими координатами: ***A(80,50,20)***, ***B(60,110,70)***, ***C(40,60,10)***.

7.2. Построить прямую $C_?D_?$ длиной ***40 мм***, параллельную прямой $A_{10}B_{50}$, если расстояние между ними ***a=30***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40, 20, 10)***, ***B(15, 65, 50)***, ***C(50, 40, ?)***, ***D(35, ?, ?)***.

7.3. Построить проекцию прямой, пересекающую прямую $A_{60}B_0$, параллельную $C_{10}D_{50}$ и отстоящую от последней на расстояние ***r=20***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(35, 15, 60)***, ***B(45, 60, 0)***, ***C(30, 40, 10)***, ***D(10, 80, 50)***.

7.4. Построить плоскость, проходящую через точку ***A(40, 75, 50)*** и составляющую угол 45^0 с основной плоскостью проекций ***xOy*** и угол 30^0 с вертикальной плоскостью, проходящей через ось ***Oy***.

7.5. Построить плоскость, проходящую через точку ***A(25***, ***85***, ***10)*** и касающуюся одновременно двух сфер ω и ω'. Сфера ω задана центром ***O(20***, ***20***, ***25)*** и радиусом ***R=15***, сфера ω' задана центром ***O′(55***, ***70***, ***25)*** и радиусом ***R′=20***. Указать возможное количество решений.

7.6. В плоскости ***ABC*** построить точку, удалённую от заданных точек F_{50} и E_{40} на расстояние R_1***=40 мм*** и R_2***=30 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(50***, ***20***, ***80)***, ***B(15***, ***120***, ***0)***, ***C(85***, ***85***, ***40)***, ***F(60***, ***40***, ***50)***, ***E(50***, ***80***, ***40)***. Указать возможное количество решений.

7.7. Определить направление луча (азимут падения и интервал), выходящего из точки ***A(50***, ***50***, ***60)*** и проходящего через точку ***B(10***, ***95***, ***30)*** после отражения от плоскости ω. Плоскость ω задана тремя точками ***C(75***, ***25***, ***50)***, ***D(30***, ***45***, ***30)***, ***E(50***, ***100***, ***0)***.

7.8. Даны две пересекающиеся прямые ***AB*** и ***BC***. Через прямую ***BC*** построить плоскость, составляющую с прямой ***AB*** угол 30^0. Проекции точек прямой заданы следующими координатами: ***A(10***, ***35***, ***50)***, ***B(30***, ***85***, ***20)***, ***C(20***, ***20***, ***10)***.

7.9. Найти на прямой $K_{30}E_{10}$ точку, равноудалённую от сторон линейного угла $A\hat{B}C$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(30***, ***5***, ***50)***, ***B(70***, ***60***, ***30)***, ***C(10***, ***110***, ***0)***, ***K(60***, ***35***, ***30)***, ***E(10***, ***75***, ***10)***.

7.10. Найти точку $S_?$, равноудалённую от сторон треугольника $A_{20}B_{50}C_{70}$ на расстояние ***a=50 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(35***, ***15***, ***20)***, ***B(15***, ***60***, ***50)***, ***C(50***, ***75***, ***70)***. Указать возможное количество решений.

7.11. Через точку K_{30} провести плоскость, равнонаклонённую к прямым ***SA***, ***SB***, ***SC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***K(100***, ***40***, ***30)***, ***S(55***, ***65***, ***20)***, ***A(40***, ***25***, ***20)***, ***B(10***, ***65***, ***50)***, ***C(55***, ***65***, ***20)***.

7.12. Через точку S_{20} провести прямую, равнонаклонённую к прямым ***SA***, ***SB***, ***SC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***S(55***, ***65***, ***20)***, ***A(40***, ***25***, ***20)***, ***B(10***, ***65***, ***50)***, ***C(40***, ***100***, ***60)***.

7.13. Построить прямую, проходящую через точку S_{20} и равнонаклонённую к прямым $A_{30}B_{80}$, $C_{50}D_{80}$, $F_{20}E_{20}$. Проекции точек заданы следующими коорди-

натами: ***S(55, 65, 20)***, ***A(90, 65, 30)***, ***B(80, 90, 80)***, ***C(100, 45, 50)***, ***D(55, 45, 80)***, ***F(70, 0, 20)***, ***E(85, 40, 20)***.

7.14. Через заданные точки A_{40} и B_{25} построить прямые, равнонаклонённые к прямой $C_{50}D_{20}$ и пересекающие последнюю в одной точке $S_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 90, 40)***, ***B(30, 5, 25)***, ***C(40, 15, 50)***, ***D(10, 70, 20)***.

7.15. Через точку A_{50} построить прямые, пересекающие прямую $C_{20}D_{60}$ и отстоящие от точки B_{50} на расстояние ***r=40 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(5, 130, 50)***, ***B(55, 80, 50)***, ***C(15, 65, 20)***, ***D(45, 135, 60)***.

7.16. Построить сферу, касающуюся трёх параллельных прямых ***AB***, ***CD***, ***FE*** и горизонтальной плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(60, 10, 40)***, ***B(45, 55, 70)***, ***C(25, 10, 20)***, ***F(30, 50, 20)***.

7.17. Найти точку K_{40}, равноудалённую от трёх параллельных прямых $A_{40}B_{70}$, $C_{20}D_?$, $F_{20}E_{50}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(60, 10, 40)***, ***B(45, 55, 70)***, ***C(25, 10, 20)***, ***F(30, 50, 20)***.

7.18. На биссектрисе угла, образованного отрезками прямых $A_{50}B_{30}$ и $A_{50}C_0$, найти точку, находящуюся от данной точки K_{70} на расстоянии ***25 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 10, 50)***, ***B(55, 35, 30)***, ***C(15, 60,0)***, ***K(45, 100, 70)***. Указать возможное количество решений.

7.19. На поверхности данной сферы ω найти точки, равноудалённые от сторон треугольника $A_{50}B_0C_{30}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(80, 10, 50)***, ***B(75, 45, 0)***, ***C(60, 20, 30)***. Сфера ω задана центром ***O(50, 105, 90)*** и радиусом ***R=35 мм***.

7.20. Построить проекции квадрата $A_{20}B_?C_?D_?$, сторона которого принадлежит прямой $A_{20}K_{50}$, а вершина $B_?$ лежит в плоскости треугольника $K_0L_{40}M_{30}$. Сторона квадрата ***a=35 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(55, 45, 20)***, ***K(60, 85, 0)***, ***L(35, 120, 40)***, ***M(25, 85, 30)***. Указать возможное количество решений.

7.21. Построить проекции цилиндра вращения, ось которого принадлежит отрезку прямой $O_{20}K_{50}$. Цилиндрическая поверхность касается прямой $A_{40}B_{10}$. Точка O_{20} – центр нижнего основания цилиндра, а высота его – ***60 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***O(40***, ***20***, ***20)***, ***K(25***, ***70***, ***50)***, ***A(55***, ***55***, ***40)***, ***B(15***, ***90***, ***10)***.

7.22. Построить плоскость, касательную к двум сферам ω, ω' и параллельную заданной прямой $A_{20}B_{70}$. Проекция прямой задана координатами точек ***A(55***, ***60***, ***20)***, ***B(35***, ***110***, ***70)***. Сфера ω задана центром ***O(45***, ***25***, ***20)*** и радиусом ***R=20 мм***; сфера ω' задана центром O'***(95***, ***75***, ***30)*** и радиусом R'***=25 мм***.

7.23. Построить плоскость, касательную к наклонному цилиндру и сфере. Цилиндр задан осью $O_0O'_{60}$ и основанием – окружностью радиуса ***R=20 мм***. Сфера задана центром ***S(40***, ***110***, ***30)*** и радиусом ***r=15 мм***. Проекции точек имеют следующие координаты: ***O(75***, ***75***, ***0)***, O'***(45***, ***20***, ***60)***.

7.24. В плоскости $K_{60}L_{80}M_{40}$ найти точки, удалённые от двух параллельных прямых $A_{20}B_{50}$ и $C_{40}D_{70}$ на расстояние ***R=20 мм*** от $A_{20}B_{50}$ и на расстоянии ***r=30 мм*** от $C_{40}D_{70}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(70***, ***20***, ***20)***, ***B(50***, ***70***, ***50)***, ***C(45***, ***10***, ***40)***, ***D(25***, ***?***, ***70)***; ***K(55***, ***105***, ***60)***, ***L(5***, ***70***, ***80)***, ***M(5***, ***110***, ***40)***.

7.25. Построить точки пересечения конуса вращения с окружностью ω. Конус вращения стоит на горизонтальной плоскости проекций и задан вершиной ***S(30***, ***50***, ***55)*** и круговым основанием с центром ***C(30***, ***50***, ***0)*** и радиусом ***R=30 мм***. Окружность ω задана центром ***O(15***, ***50***, ***30)*** и радиусом ***r=20***, причём плоскость окружности ω параллельна вертикальной плоскости, проходящей через ось ***Oy***.

7.26. Четыре шара радиуса ***R=20 мм*** лежат на дне куба со стороной ***4R=80 мм***. Построить шар, касающийся четырёх данных шаров и верхнего основания куба.

7.27. Через данную точку M_{110} провести плоскость, пересекающую боковую поверхность пирамиды ***SABCD*** по параллелограмму. Проекции точек заданы координатами: ***S(135, 120, 150) A(55, 15, 20)***, ***B(95, 180, 70)***, ***C(20, 160, 30)***, ***D(20, 25, 0) M(160, 55, 110)***.

7.28. Построить плоскость, касающуюся трёх сфер ω, ω' и ω''. Сфера ω задана центром ***A(40, 35, 25)*** и радиусом ***R=25 мм***, сфера ω' - центром ***B(40, 35, 65)*** и радиусом R'***=10 мм***, сфера ω'' - центром ***C(40, 85, 15)*** и радиусом R''***=15 мм***.

7.29. Построить прямую $F_?E_?$, пересекающую две скрещивающиеся прямые $A_{20}B_{70}$ и $C_{30}D_{60}$ и перпендикулярную плоскости $K_{30}L_{50}M_{50}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(10, 10, 20)***, ***B(65, 45, 70)***, ***C(80, 60, 30)***, ***D(30, 75, 60)***, ***K(35, 90, 30)***, ***L(35, 150, 80)***, ***M(5, 115, 50)***.

7.30. В произвольный тетраэдр вписать сферу, построив предварительно её центр.

7.31. Построить проекцию куба $ABCDA'B'C'D'$, ребро AA' которого принадлежит отрезку прямой $A_{20}K_{50}$, а вершина $B_?$ лежит в плоскости треугольника $K_0L_{40}M_{30}$. Ребро куба ***a=35 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(55, 45, 20)***, ***K(60, 85, 0)***, ***L(35, 120, 40)***, ***M(25, 85, 30)***.

7.32. Дан куб $ABCDA'B'C'D'$, основание ***ABCD*** которого принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Ребро куба ***a=80***. На ребре ***AD*** как на диаметре построена сфера. Построить проекцию второй сферы, лежащей внутри куба и касающейся первой сферы и граней трёхгранного угла с вершиной A'.

7.33. Дан куб $ABCDA'B'C'D'$, основание ***ABCD*** которого принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Ребро куба ***a=80***. Сфера ***R=20 мм***, лежащая внутри куба, касается граней трёхгранного угла с вершиной ***A***. Построить проекцию второй сферы, лежащей внутри куба и касающейся первой сферы и граней трёхгранного угла с вершиной C'.

7.34. Дан куб $ABCDA'B'C'D'$, основание $ABCD$ которого принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Ребро куба $a=80$. Сфера $R=30$ *мм*, лежащая внутри куба, касается граней трёхгранного угла с вершиной A. Построить проекцию второй сферы, лежащей внутри куба и касающейся первой сферы и граней трёхгранного угла с вершиной C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значительное место в вузовском курсе начертательной геометрии занимает решение задач. Пожалуй, не менее половины всего учебного времени, а в ряде случаев и большей половины всего учебного времени тратится на решение задач.

Между тем большинство студентов так и не научаются в должной степени решению задач и, встретившись с задачей совсем не трудной, но незнакомого или малознакомого вида, не знают, как к ней подступиться, с чего начать решение, и после нескольких попыток отказываются от этого, как им кажется, безнадежного дела. Однако некоторые студенты сумели найти общий подход к решению любых задач.

Многочисленные показывают, что традиционная методика решения задач не способствует формированию у студентов общих умений и способностей к решению задач.

Какова эта методика? Изучив какой-либо теоретический раздел программы, преподаватель на лекции демонстрирует решение одной или нескольких задач на применение изученной теории, затем подобные задачи студенты должны прорешать дома по сборнику задач. После этого на практических занятиях решаются задачи комплексного плана, с использованием информации, полученной при решении предыдущих типовых задач.

Казалось бы, в методике начертательной геометрии должны быть разработаны методы и приемы обучения задач. Однако, как показывает процесс обучения, считается, что «спасение утопающего – дело рук самого утопающего». Нет общей концепции подачи информации, при которой студент смог бы «выплыть» из сложившейся ситуации. Необходимо выработать общую методику решения задач, при которой студенты и выпускники технических вузов не содрогались, услышав слова «начертательная геометрия».

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горная графическая документация. – М.: Изд. стандартов, 1983. – 200 с.

Горная энциклопедия / гл. ред. Е. А. Козловский. Т. 1– Т.5– М.: Сов. энциклопедия, 1989.

Ломоносов, Г. Г. Инженерная графика/ Г. Г. Ломоносов. - М.: Недра, 1984. – 287 с.

Нартова, Л. Г. Начертательная геометрия. Теория и практика [Текст]: учебник для вузов / Л. Г. Нартова, В. И. Якунин. - М.: Дрофа, 2008. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 297.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия: учебник для вузов/ В. А. Пеклич. – М.: Изд-во АСВ, 1999. - 248 с.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / В. А. Пеклич. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. - 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 265.

Русскевич, Н. Л. Начертательная геометрия/ Н. Л. Русскевич. – Киев: Вища школа, 1978. - 312 с.

Тарасов, Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве/ Б. Ф. Тарасов. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Фролов, С А. Сборник задач по начертательной геометрии [Текст]: учебное пособие/ С. А. Фролов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 192 с.: ил.

Фролов, С. А. Методы преобразования ортогональных проекций/ С. А. Фролов.- М.: Машгиз, 1963. –144 с.

Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / С. А. Фролов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2008. - 286 с.: цв.ил.

Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение [Текст]: учебник / А. А. Чекмарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Владос, 2005. - 471 с.: ил. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 465-466.

Четверухин, Н. Ф. Курс начертательной геометрии/ Н. Ф. Четверухин. – М.: Высшая школа, 1968. – 276 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Задачи и решения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 132 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Теория и приложения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие…… ***3***

1. Прямая. Способы задания прямой. Градуирование. Взаимное положение прямых……. ***4***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***10***

2. Плоскость. Способы задания. Взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей…….. ***14***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***42***

3. Многогранники…… ***46***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***58***

4. Поверхности……. ***61***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***78***

5. Топографические поверхности…….. ***81***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***94***

6. Развёртки…….. ***97***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***105***

7. Комплексные задачи…… ***108***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***143***

Заключение……. ***149***

Список рекомендуемой литературы……. ***150***

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

Шангин Георгий Андреевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка и графика авторов

Подписано в печать 22.04.2015. Формат 60х84 $^{1}/_{16}$. Бумага писчая. Печать на ризографе. Печ. л. 9,5. Уч. изд. л. 8,5. Тираж 300 экз. Заказ №

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский гос. горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники
издательства УГГУ

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Уральский государственный горный университет»

Е. И. Шангина
Г.А. Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Допущено Учебно-методическим объединением
в области горного дела в качестве учебного пособия
для студентов направления 650600 «Горное дело»

Издание второе, стереотипное

Екатеринбург – 2015

УДК 514.18
Ш 20

Рецензенты: *Денисов М. А*. профессор, д-р техн. наук кафедры «Инженерная графика» Уральского федерального университета
Савельев Ю. А. канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» Уральского государственного университета путей сообщения.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Шангина Е.И., Шангин Г.А.
Ш 20 Инженерная графика. Теория и приложения: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 254 с.: ил.

Изложены современные геометрические основы отображения различных многообразий и их инвариантные свойства, такие как, симметрия, пропорциональность, размерность. Освещены теоретические положения курса начертательной геометрии в проекциях с числовыми отметками, рассмотрены ортогональные, аксонометрические проекции, дано обобщение методов решения задач. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Горное дело», а также по направлениям «Прикладная геология» и «Технологии геологической разведки», а также может быть полезно при организации научных исследований студентам, аспирантам и преподавателям, специализирующимся в области геометрического моделирования.

УДК 514.18

©Уральская гос. горно-геолог. академия, 2006
© Уральский государственный горный университет, 2015
© Шангина Е. И., 2006
© Шангина Е. И., Шангин Г. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геометрию (geometria – «землемерие», греч.) издавна причисляли к семи свободным искусствам: грамматика, риторика, диалектика, арифметика, геометрия, астрономия, музыка.

«Геометрия как таковая начинается интуитивно. Её история проходит такой путь, что грубые идеи формы, массы, площади поверхностей, длины анализируются, уточняются, делаются абстрактными и приводят к понятию геометрических фигур. Известна неспособность большинства животных и некоторых примитивных рас людей понимать рисунок. Не имея глубины, кроме той, которая имитирована мастерством рисунка и тенями, он производит на неразвитый интеллект впечатление плоских областей, контрастно раскрашенных». [*]

Начертательную геометрию, понимая под ней классические методы – метод Монжа, аксонометрию, перспективу, проекции с числовыми отметками, обычно определяют как ***раздел геометрии, изучающий способы отображения пространства на плоскость, то есть способы изображения пространственных фигур (точнее сказать многообразий) на плоском чертеже***. Причём под плоскостью чертежа в настоящее время понимается не только классический чертёж, но и экран компьютера. Говорят, что чертёж – язык техники, а начертательная геометрия – грамматика этого языка.

Как правило, решаемые в начертательной геометрии задачи – это задачи конструктивные, то есть задачи на построение (в отличие от задач на доказательство или на вычисление). Вначале следует представить, «увидеть» пространственную конструкцию – ***оригинал***, составить план (***алгоритм***) решения трёхмерной (в общем случае многомерной) задачи, а затем переходить к реализации этих действий на чертеже, то есть переводу этого алгоритма на «язык» изображений ***(проекций***). Этот метод позволяет получать ***геометрическую модель*** и называется ***геометрическим моделированием***.

[*] D.M.Y. Sommerville. An introduction to the geometry of N dimension. London, 1929. – 7 p.

Основным условием построения геометрической модели является её ***обратимость***, то есть построение модели по заданному оригиналу и, наоборот, построение оригинала по заданной модели. Следовательно, возникает задача взаимно однозначного и взаимно непрерывного соответствия между оригиналом и моделью (и наоборот). Поэтому в первой части учебного пособия в сжатой форме излагаются теоретические вопросы современной начертательной геометрии. Здесь даются элементы теории множеств (отображения, преобразования, произведение преобразований), рассматривается понятие «размерность» и различные примеры подсчёта параметров для проверки корректности постановки геометрической задачи. Рассмотрены различные системы координат. В обзорной форме излагается теория получения некоторых видов проекций.

В современных компьютерных программах для создания графических объектов имеются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего пользователи ПК не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

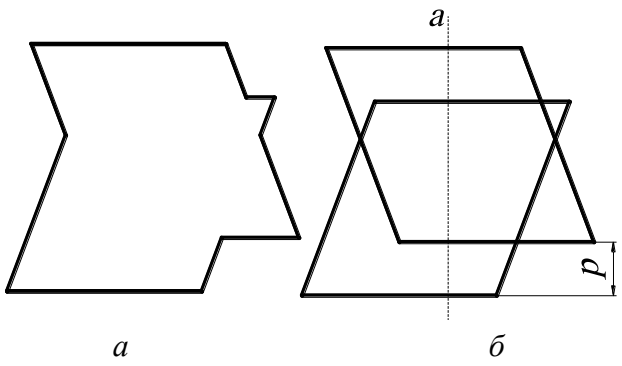


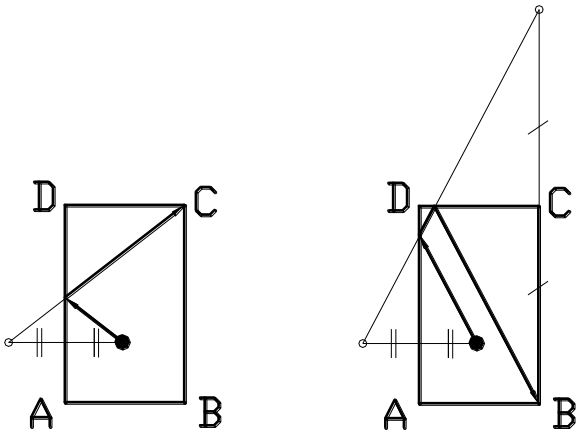
Рис. 1.

Примером может служить метод построения геометрического многообразия, показанного на рис. 1, *а*, *б*. Построение геометрической фигуры (см. рис. 1, *а*), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии.

Однако такая методика является не всегда удобной, так как снижается точность изображения, и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (см. рис. 1, *б*), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью ***a*** и параллельного переноса ***p***.

Другая задача, связанная с симметрией, которая может встретиться в повседневной жизни. Определить направление удара по бильярдному шару, чтобы: 1) шар ударился о борт ***AD*** и затем попал в точку (лузу) ***C***; 2) шар ударился о борт ***AD***, затем о борт ***DC*** и попал в точку (лузу) ***B*** (рис. 2, *а*, *б*). Путь шара определяется законом отражения (угол падения равен углу отражения), а траектория движения шара строится согласно зеркальной симметрии.

Во времена Пифагора слово «симметрия» выражало однородное, соразмерное, пропорциональное, понималось как способ согласования многих частей, с помощью которого они объединялись в целое. «Постройка храма без симметрии и без соблюдения пропорций не может быть оправдана, и в храме, как и в каждом правильно и нормально построенном человеческом теле, должен быть соблюдён точно установленный закон правильной соразмерности его составных частей». [*]



а *б*

Рис. 2.

Таким образом, построение геометрических фигур на основе их свойств симметрии и пропорциональности является общим принципом для решения задач с использованием компьютерной графики и основным принципом для установления общности и различия геометрических объектов. Поэтому часть 2

[*] Витрувий. Десять книг об архитектуре. – М., 1936.

настоящего учебного пособия посвящена теории пропорциональности и симметрии. Здесь в краткой форме рассматриваются числа и их графическое выражение, приводятся сведения о простых и иррациональных отношениях, о «Золотом сечении» и др. Рассматривается теория различных видов симметрии на плоскости и их композиции, перечислены различные виды симметрии в пространстве. Приводятся сведения о кристаллографических группах Е. С. Фёдорова. Рассматривается теория получения различных геометрических моделей (чертежей) многообразий трёхмерного пространства в зависимости от того, «что», «чем», «на чем» и «каким образом» изображается и как возникают чертёж Монжа, аксонометрия проекции с числовыми отметками и др.

В части 3 рассматривается теоретический материал курса начертательной геометрии в проекциях с числовыми отметками, который содержит следующие основные темы: точка, прямая, плоскость, кривые линии, поверхности, их образование и моделирование на чертеже в проекциях с числовыми отметками. Приведены сведения о поверхностях вращения, линейчатых, гранных, топографических. В этой части учебного пособия рассмотрены примеры задач и даны алгоритмы их решения.

Отличительной особенностью данного учебного пособия является изложение теории инвариантных свойств, что позволяет создавать новые геометрические модели различной структуры и размерности и решать на них конкретные инженерные задачи.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за замечания и советы, направленные на улучшение содержания данной книги. Автор также выражает глубокую признательность В. А. Пекличу за предоставленные материалы.

ЧАСТЬ 1
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как «множество точек».

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги – конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\cap$); 4) объединение ($\cup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$).

1) Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка

является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).

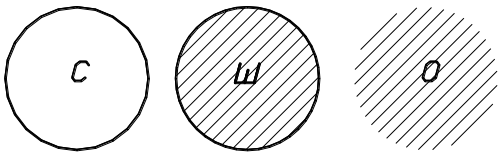
2) Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.

3) Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, **…** называется пересечением этих множеств и обозначается $A \cap B \cap C, \ldots$.

4) Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.

5) Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 3):



Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1 - \mathbf{C}$.

Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1 - \mathbf{Ш}$.

Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1 - \mathbf{O}$.

Рис. 3.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:

$$\mathbf{C} \cap \mathbf{Ш} = \mathbf{C},\ \mathbf{Ш} \cap \mathbf{O} = \mathbf{O},\ \mathbf{C} \cap \mathbf{O} = \varnothing;$$

$\mathbf{C} \cup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \cup \mathbf{O} = \mathbf{Ш} \cup \mathbf{O} = \mathbf{Ш}$; $\mathbf{Ш} \setminus \mathbf{C} = \mathbf{O}$, $\mathbf{Ш} \setminus \mathbf{O} = \mathbf{C}$, $\mathbf{O} \setminus \mathbf{C} = \mathbf{O}$, $\mathbf{C} \setminus \mathbf{O} = \mathbf{C}$; $\mathbf{C} \setminus \mathbf{Ш} = \mathbf{O} \setminus \mathbf{Ш} = \varnothing$; $\underline{\mathbf{C}} = \mathbf{O}$, $\underline{\mathbf{O}} = \mathbf{C}$, $\underline{\mathbf{Ш}} = \varnothing$.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***,

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых $a, b, c, \ldots$ является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно, и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности*** – в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называется ***фактормножеством*** множества M по отношению к эквивалентности ~. Фактормножество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества (и наоборот), любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная y называется функцией переменной x, если каждому значению x, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений y. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению x соответствует единственное значение y (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под x и y понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под x и y будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества X ставится в соответствие определённый элемент y_i множества Y, то говорят, что задано отображение f множества X в множество Y, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 4). При этом эле-

мент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении f элементу x соответствует элемент y» или «отображение f переводит x в y».

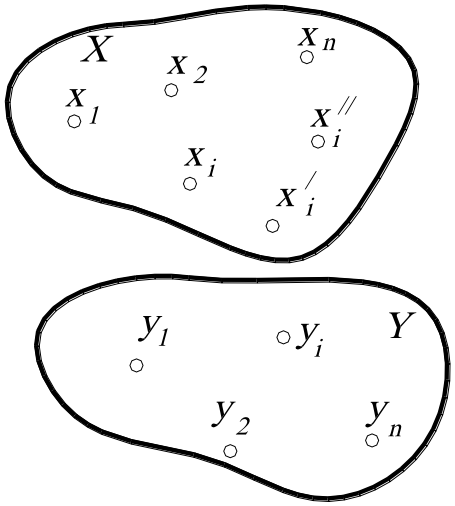


Рис. 4.

Множество X называют ***областью определения (областью отправления)***, а Y - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения f.

Пусть область определения X состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3 \ldots, x_i, x_n$, а область значений Y – из множества точек $y_1, y_2, y_3 \ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 4). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области X соответствует единственный образ y_i в области Y, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

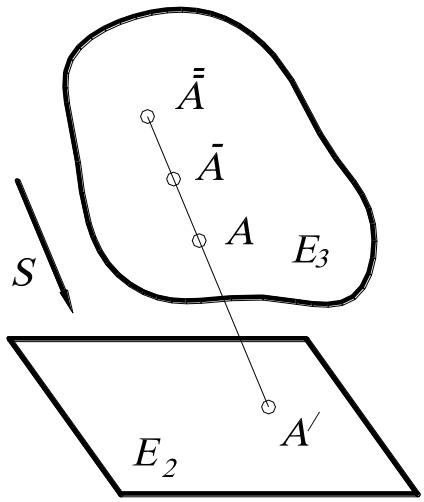


Рис. 5.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства E^3 на плоскость (двумерное пространство) E^2 путём параллельного проецирования (рис. 5): каждая точка A трёхмерного пространства E^3 в данном направлении S проецируется в единственную точку $A^{/}$ плоскости E^2. Однако в точку $A^{/}$ проецируется не только точка A, но и все точки $\bar{\bar{A}}, \bar{\bar{\bar{A}}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть – ***З*** **–** множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а ***К*** – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае, наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят взаимно однозначное соответствие).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $y_i \in Y$ соответствует единственный прообраз $x_i \in X$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $y = f(x)$ и обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

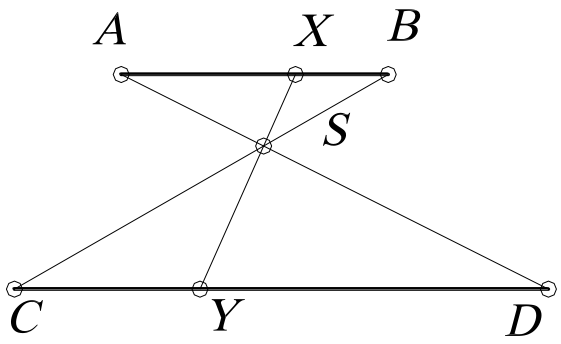


Рис. 6.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 6 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) ***AB*** и ***CD*** установлено прямыми, проходящими через точку ***S***. При этом точке $X \in AB$ соответствует точка $Y \in CD$, что символически записывается так: $X \leftrightarrow Y$. Между этими

отрезками можно установить соответствие так: $X \leftrightarrow Y$, если $\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}$, где CY, CD, AB, AX – длины отрезков.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соответствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно- четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара – рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 7). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество M, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M***.

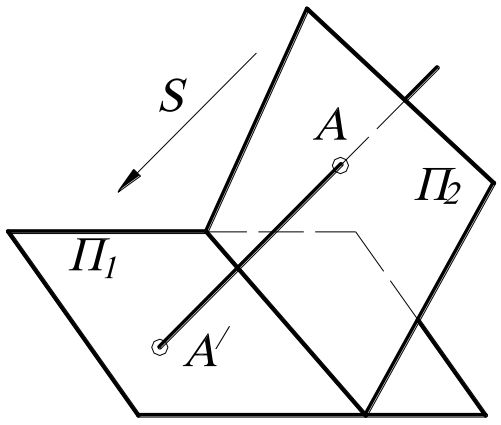


Рис. 7.

Отображение называется ***преобразованием***, если множества X и Y совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество X отображается на себя $\{X=Y\}$. Другими словами, если отображение является обратимым, то

оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

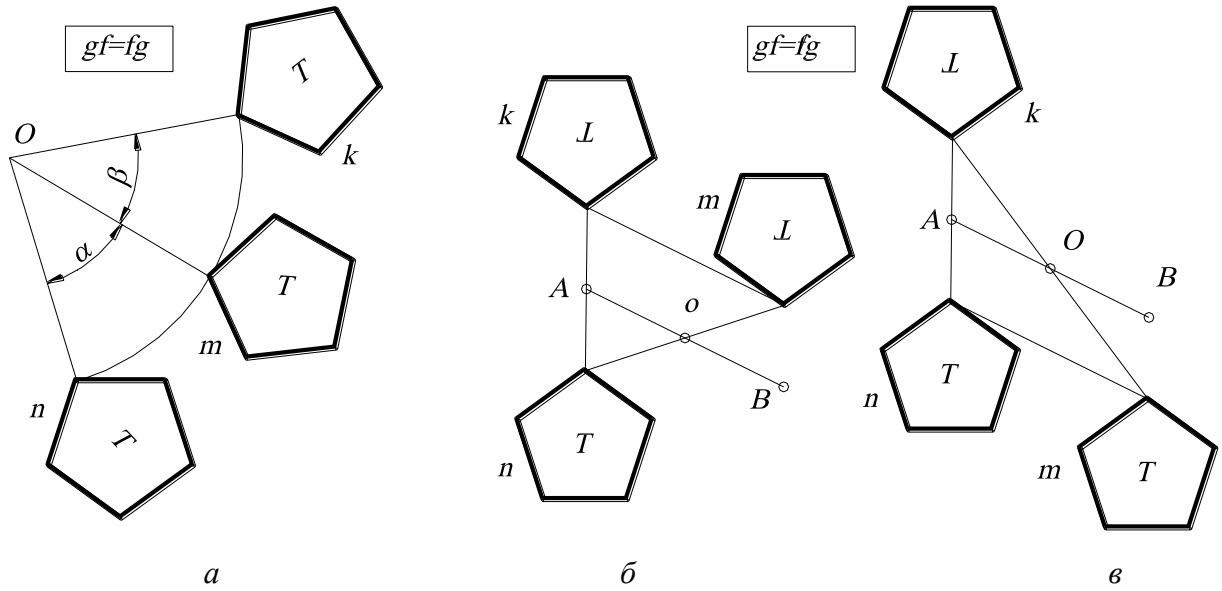
Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит k в n, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 8, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 8, *б*).

Здесь в первом примере $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, тогда в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножите-

лей, то есть не коммутирует: ***fg≠gf*** (сравните два рисунка – 8, *а* и 8, *в* или 8, *а* и 8, *б*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции ***Л*** и ***П*** надевания левого и правого ботинков перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям ***1)***, ***2)*** **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию ***1)***, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие ***2)*** выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\} = M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 9).

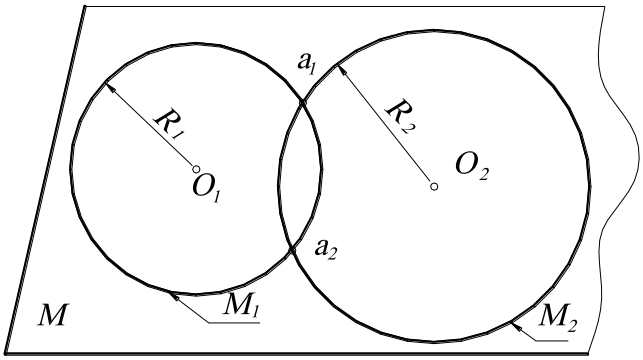
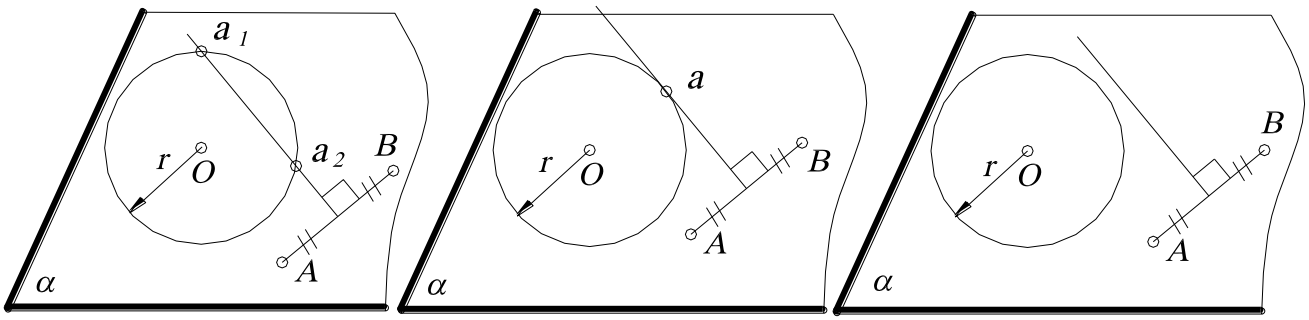


Рис. 9.

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) первым условием – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.



а *б* *в*

Рис. 10.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпендикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (см. рис. 10, *а*, *б*, *в*).

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из M, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое

отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

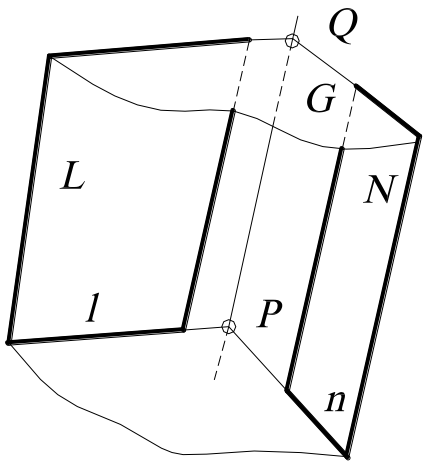


Рис. 11.

Задача 3. Найти отрезок прямой пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (***L*** и ***N*** рассматривают как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис.11). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M) = (L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя, плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющие аксиомам евклидовой геометрии, которая

изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

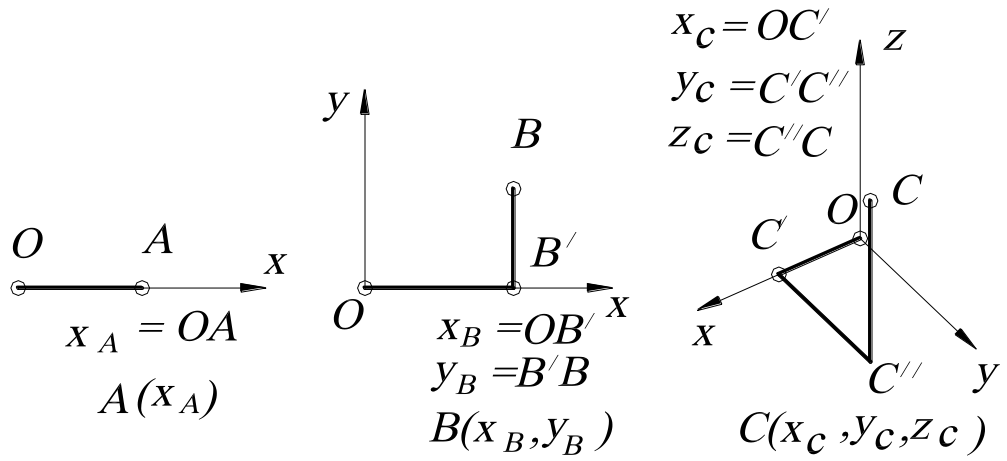
Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество M можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество N, то M и N имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества M на подмножество $N_1 \in N$, то M имеет размерность меньше, чем N.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров p, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В каче-

стве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *в*

Рис. 12.

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 12, *а*). На плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 12, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 12, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается $\boldsymbol{E_1}$, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается $\boldsymbol{E_2}$ или двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается $\boldsymbol{E_3}$. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

Пусть N – двупараметрическое множество. Каждый элемент из N определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между N и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число N и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из N будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью N.

Итак, множество имеет размерность n, если его элементам можно взаимно однозначно поставить n-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

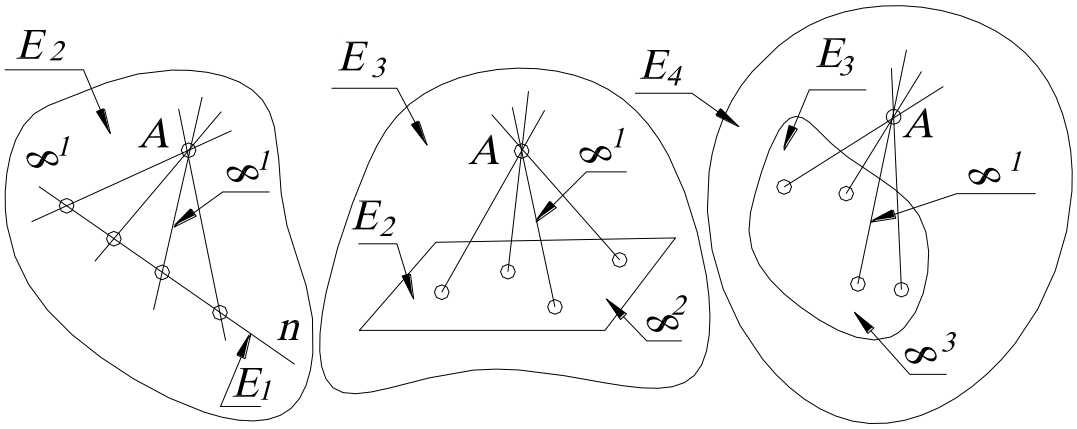
1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой n (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 13, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой n.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками 2-пространства (рис.13, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проектив-

ным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.13, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.



$E_2: \infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; $E_3: \infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; $E_4: \infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 13.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая (самое простое множество) – это одномерное множество точек, множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно и т. д.; цилиндров вращения – пятимерно, сфер, касающихся данной плоскости трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество $\boldsymbol{R_n}$, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $\boldsymbol{a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n}$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

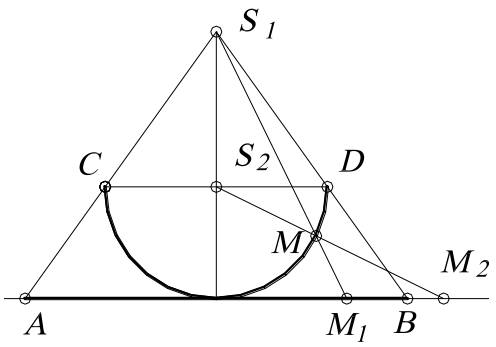


Рис. 14.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $\boldsymbol{x_A < x_i < x_B}$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (см. рис.14). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки $\boldsymbol{S_1}$, то есть точке $\boldsymbol{M_1}$ соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка $\boldsymbol{M_2}$) из центра $\boldsymbol{S_2}$. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на

прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции ***y = tg x***. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 15).

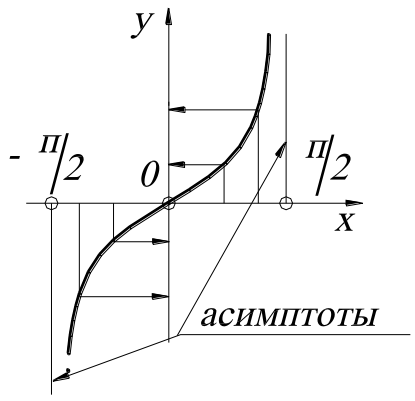


Рис. 15.

Замечание 2. Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

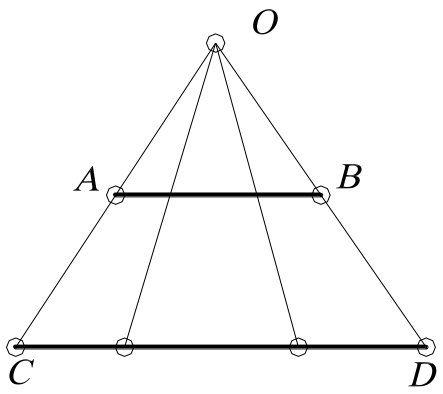


Рис. 16.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос «где больше точек на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м» вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 16.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно при-

мириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

3. Степени свободы подпространств. Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, $m=1$, $n=2$ – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее n-мерное пространство, E_m – m-мерная плоскость или m-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется $(n-1)$-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (1-плоскость) определяется двумя точками, 2-плоскость – тремя неколлинейными точками, 3-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, n-плоскость – $(n+1)$-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием $(m+1)$-точек, и эти точки не должны содержаться в $(m-1)$-пространстве.

Рассмотрим множество m-плоскостей E_n (где n – размерность пространства), элементом этого множества является m-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (0-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

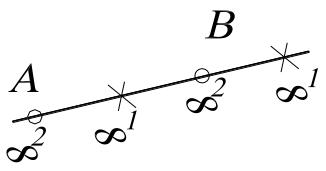


Рис. 17.

Прямая (1-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками A и B (то есть $m+1=1+1=2$), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два парамет-

ра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек затрачиваем следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.17). Другими словами, говорят, что система из ***(m+1)***-точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

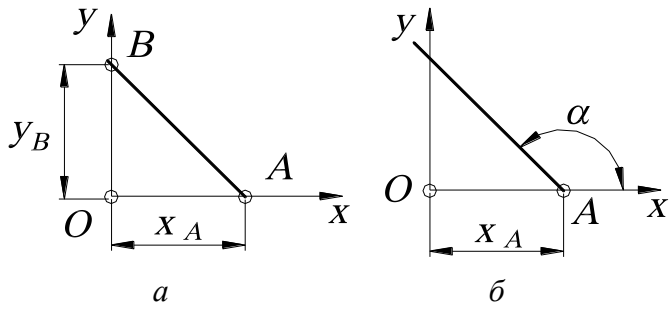
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $$\frac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}.$$

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$



а *б*

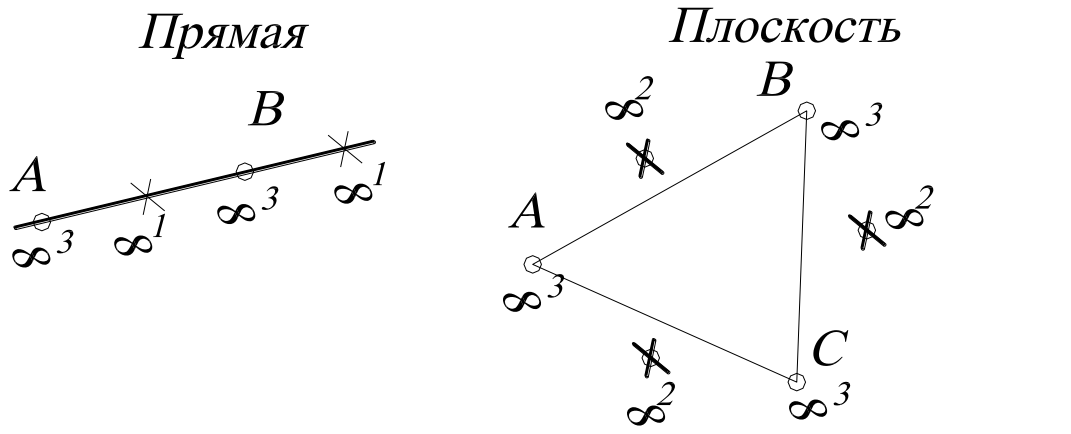
Рис. 18.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 18, *а*) или x_A, α (рис. 18, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 19, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, име-

ющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^2$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве составляет $\infty^6 : \infty^2 = \infty^4$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.19, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть всего $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.



а *б*

Рис. 19.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 20).

1
2 2
3 4 3
4 6 6 4
5 8 9 8 5
6 10 12 12 10 6
.....

Рис. 20.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так

как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат $3 \cdot 3 = 9$. Аналогично, тетраэдров в 3-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в 3-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы n-мерного многообразия M (например, M-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки M должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из M, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из M подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает $n-n_1$ параметров***», «***ограничение поглощает $n-n_1$ параметров***», «***требование накладывает на параметры $n-n_1$ связей (понижает размерность многообразия на $n-n_1$)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного определения необходимо дозадать еще ***(m+1)-(r+1)=m-r*** точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \qquad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых ***(m=1)*** плоскости ***(n=2)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых ***(m=1)*** пространства ***(n=3)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей ***(m=2)*** трехмерного пространства ***(n=3)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства ***(n=3)***, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок ***(m=2)*** в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n ***m***-пространство имеет ***(n-m)(m+1)***–степеней свободы, но если оно проходит через ***r***-пространство, то оно имеет ***(n-m)(m-r)*** - степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы ***m***-пространство в E_n проходило через данное ***r***-пространство *(*где ***n>m>r)***:

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \qquad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве *(**n=3**)* число условий, необходимых для прохождения прямой линии *(**m=1**)* через данную точку *(**r=0**)*: ***D = (n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично *(P_1=(3-1)(1+1)=4)*, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично *(P_2=(3-1)(1-0)=2)*. Поэтому число условий ***D***, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть ***D=4-2=2***.

Если ***r***-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в ***q***-пространстве, равное ***(r+1)(q-r)***, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы ***m***-пространство и ***q***-пространство в пространстве E_n пересекались по ***r***-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \qquad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии *(**m=1**)* с одной направляющей прямой *(**q=1**)* в точке *(**r=0**)* равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: ***D=(3-1-1+0)(0+1)=1***. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3):***(3-1)(0+1)=2***. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap=m_1+m_2-n, \tag{5}$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются i пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \tag{6}$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы (6):

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но воз-

можно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1, в вышеприведенном примере, такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» $(A_0, B_0, C_0, D_0) \rightarrow$плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$

$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k) соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты ***x, y, z*** связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число ***P*** плоской алгебраической кривой ***m***-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка ***m=2*** (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности ***m***-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где ***n*** – размерность объемлющего пространства; ***m*** – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка ***m=2*** в трехмерном пространстве ***n=3*** имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1 \cdot 2 \cdot 3} - 1 = \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{2 \cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка заданием – девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо

при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 21).

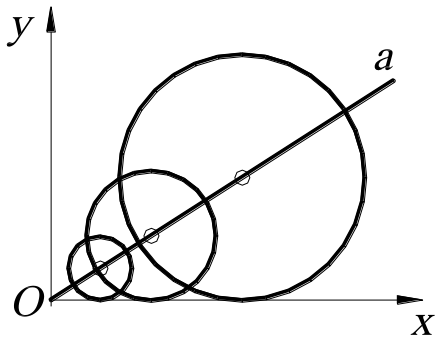


Рис. 21.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в условии задачи – только два (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 22).

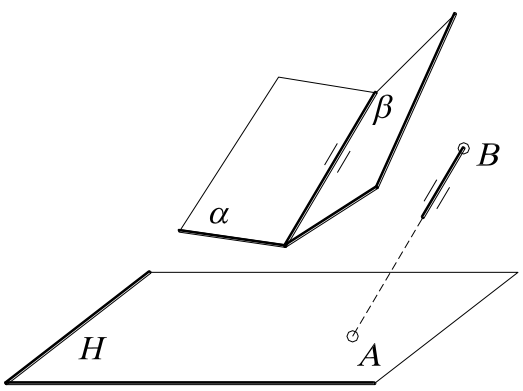


Рис. 22.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b*.**

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и прямых связки составляет двупараметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2)***. Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b*** – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один

параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую. Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

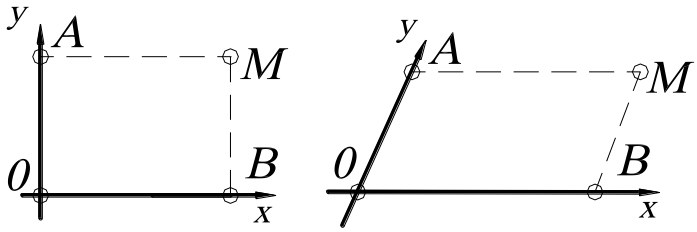
2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляют между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 23, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положитель-

ными. Значительную роль в математике сыграла важная идея о том, что эти расстояния можно считать и отрицательными, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727). Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».



а *б*

Рис. 23.

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.23, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

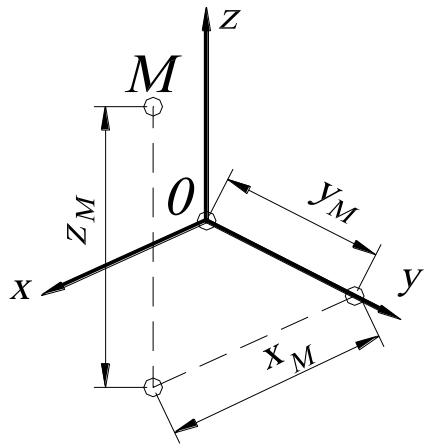


Рис. 24.

Систему координат в пространстве определяют три взаимноперпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимноперпендикулярные оси ***x, y, z*** – аппликата (рис. 24). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

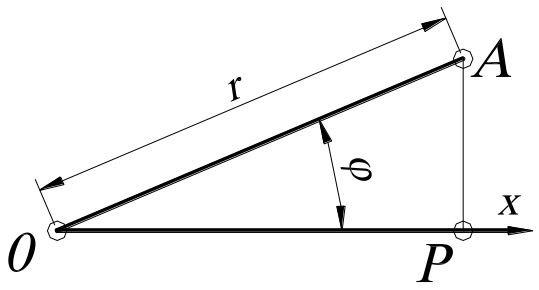


Рис. 25.

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол $P\hat{0}M = \varphi$ между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r***- радиус-вектор, φ - полярный угол (рис. 25).

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x***

прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т.д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

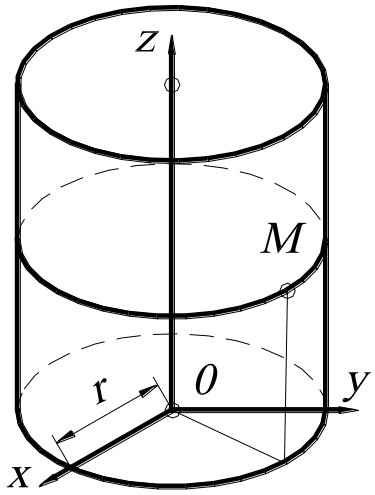


Рис. 26.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 26), связанные с декартовыми координатами ***x,y,z*** следующими уравнениями:

x = r cos φ;

y = r sin φ; z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки ***M*** есть три числа ***r, φ, θ*** связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$

$$y = r\sin\varphi\cos\theta,$$

$$z = \sin\theta,$$

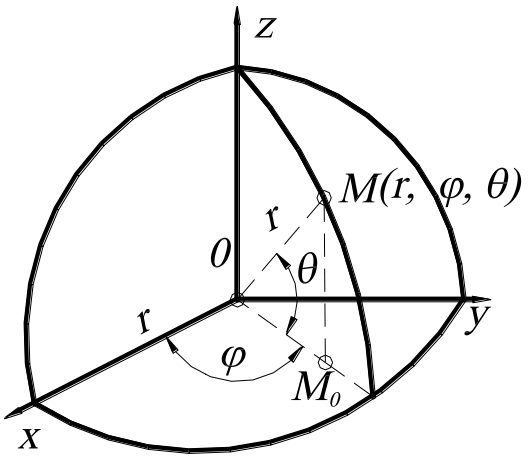


Рис. 27.

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 27);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0-\theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

2.5. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

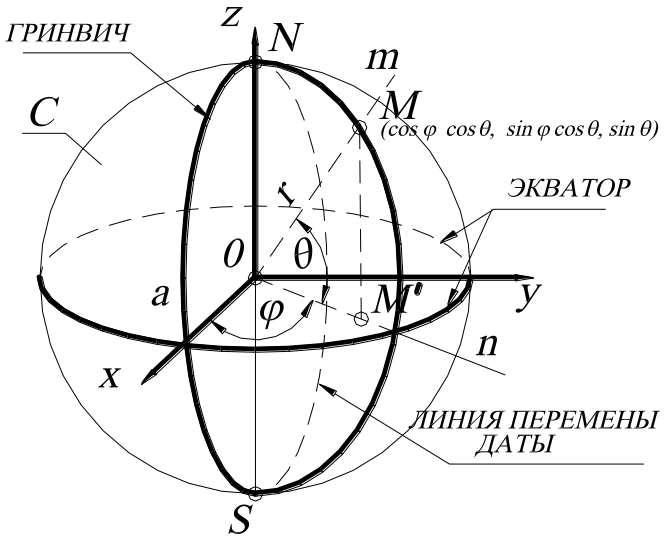


Рис. 28.

Любую точку Земли можно полностью охарактеризовать широтой θ, долготой φ и высотой (рис. 28). Астрономические координаты относятся к поверхности сферы C. Начало отсчёта O выбирается в центре сферы.

Широта θ - это угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора, то есть угол $\theta = M\hat{O}M'$.

Долгота φ - это двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана и начального астрономического меридиана (Гринвичского меридиана). Широта отсчитывается от 0 до 90^0 к северу от экватора (со знаком «плюс») и от 0 до 90^0 к югу от экватора (со знаком «минус»).

Долгота отсчитывается от 0 до 180^0 к востоку от начального меридиана и, аналогично от 0 до 180^0 к западу от начального меридиана. Долгота корректно определена повсюду, кроме точек, принадлежащих полуокружности, называемой «линией перемены даты», ограниченной северным и южным полюсами, так как в этом случае долгота также равна нулю. Остальные точки, можно считать, имеют долготу, равную от 180^0 до -180^0. Одно из преимуществ состоит в том, что соответствующая линия перемены даты полностью проходит в Тихом океане, тем самым уменьшая возможность путаницы. Кривые, вдоль которых широта постоянна (соответственно долгота), называются параллелями (соответственно меридианами).

В качестве третьей координаты служит ***альтитуда***, или ***абсолютная высота***, – это расстояние по вертикали от какой-либо точки поверхности Земли до среднего уровня поверхности Мирового океана (для России альтитуда исчисляется от нуля Кронштадского футштока).

Величины θ и φ получают из астрономических наблюдений, а альтитуду – на основе геометрического нивелирования.

2.6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Поверхность Земли представляет собой поверхность, называемую геоидом.

Геоид (греч. geoeides, от geo – Земля и eidos – вид) – фигура Земли, ограниченная уровневой поверхностью силы тяжести, совпадающей со средним уровнем Мирового океана и продолженной под материками так, что она повсюду перпендикулярна линии отвеса. Форма геоида в результате суточного вращения Земли близка к эллипсоиду вращения, но поверхность его осложнена из-за неравномерности распределения масс внутри Земли. Геоид имеет сложную форму, и поэтому для решения геодезических задач геоид заменяют эллипсоидом вращения, у которого большая полуось $a = 6378388$ метров, а малая по-

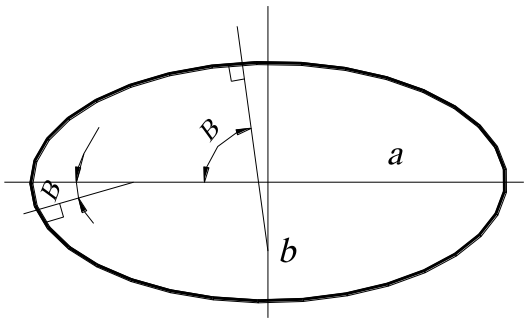


Рис. 29.

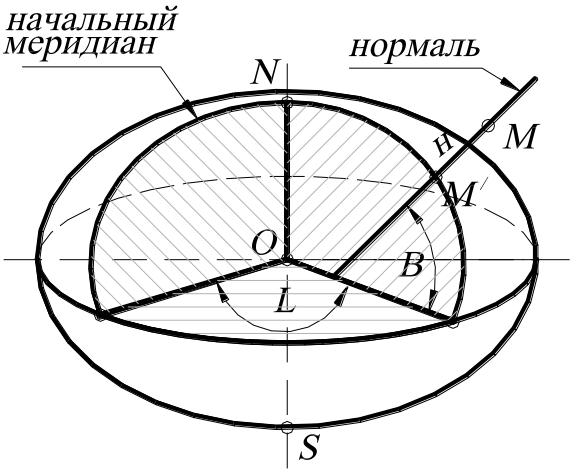


Рис. 30.

луось ***b = 6356912*** метров, и, следовательно, «уплощение» равно $\frac{1}{297}$ (рис. 29).

В каждой стране имеются свои эллипсоиды, то есть каждый эллисоид приближен к геоиду именно в конкретной области. Например, для Российской Федерации – эллипсоид Кроссовского, для США – эллипсоид Хейфорда, а также есть общеземной эллипсоид.

Геодезические координаты ***B*** и ***L*** относят к поверхности эллипсоида вращения. Широта ***B*** – угол, образованный нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке ***M*** и плоскостью экватора (рис. 30). Долгота ***L*** - двугранный угол между плоскостями меридиана данной точки ***M*** и начальным меридианом (Гринвичским меридианом). Высота ***H*** – расстояние по нормали от поверхности земного эллипсоида до данной точки ***M*** (то есть расстояние ***MM′***).

Геодезические координаты отличаются от астрономических за счёт уклонения отвесной линии от нормали в данной точке. Обобщённое название астрономических и геодезических координат – географические координаты.

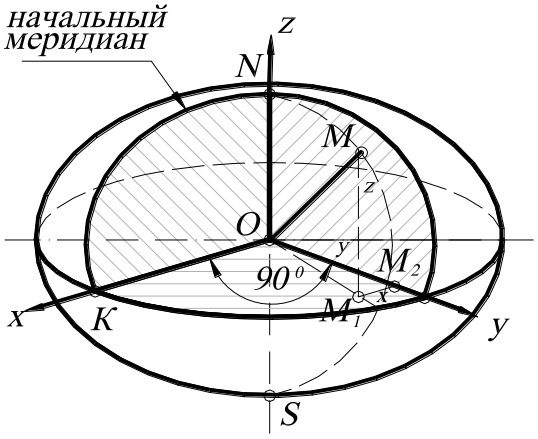


Рис. 31.

СИСТЕМУ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ (рис. 31) образуют три оси с началом в центре эллипсоида ***O***: ось ***Oz*** совпадает с полярной осью эллипсоида; ось ***Ox*** расположена в пересечении плоскости экватора и начального меридиана

SKN; ось ***Oy*** – в пересечении плоскостей экватора и меридиана ***SKN***, составляющего угол 90^0 с плоскостью начального меридиана. Положение точки ***M*** определяется отрезками: $x=M_1M_2$, $y=OM_2$, $z=MM_1$. Такие координаты широко используются для определения точек в космическом пространстве.

2.7. ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

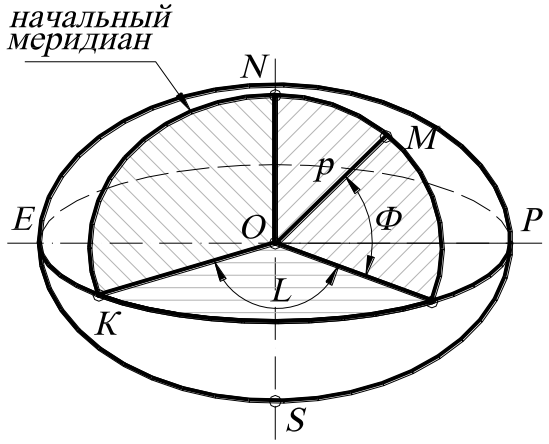


Рис. 32.

Прямоугольная геоцентрическая система имеет начало в центре масс Земли (рис. 32). Широта ***Φ*** – угол, образованный радиус-вектором ***p***, соединяющим центр масс Земли ***O*** с данной точкой ***M*** и плоскостью ***EKP***, перпендикулярной к оси вращения Земли.

Долгота ***L*** – двугранный угол между плоскостями геоцентрического меридиана данной точки и начального геоцентрического меридиана. Ось ***Oz*** параллельна оси вращения Земли, ось ***Ox*** – линия пересечения начального меридиана и экватора, ось ***Oy*** – перпендикулярна осям ***Ox***, ***Oz*** и дополняют систему координат до правой. Геоцентрическая система используется при спутниковом определении, от которой переходят к геодезическим координатам. Для отображения любой точки Земной поверхности вместе с её координатами на плоскость пользуются различными проекциями.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

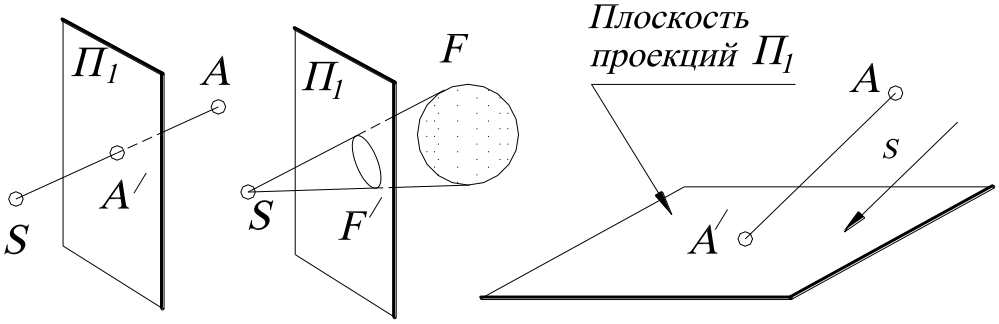
Дан куб с известной стороной ***l=1***. Написать координаты его вершин: в прямоугольных декартовых координатах; в полярных координатах; в цилиндрических и сферических координатах, если начало системы координат выбрать в центре куба, в одной из вершин куба.

3. ПРОЕКЦИИ

3.1. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

В основе всех методов начертательной геометрии лежат операции ***проецирования*** и ***сечения***. Наиболее распространены ***центральное***, ***параллельное*** и ***ортогональное*** проецирование. Получаемые с их помощью изображения – проекции наиболее естественно ассоциируются с рисунками, картинами, фотографиями, картами.

Во всех трёх случаях задаётся ***плоскость проекций*** и связка ***проецирующих прямых*** или проецирующих лучей (при центральном проецировании связка состоит из прямых, проходящих через данную точку, при параллельном и ортогональном – из прямых, параллельных данной прямой). ***Проекцией точки*** ***A*** называют точку A' пересечения с плоскостью Π_1 проецирующей прямой, проходящей через точку ***A*** и центр проекций ***S*** (рис. 33, *а*). ***Проекцией*** F' ***фигуры F*** считается множество проекций всех точек этой фигуры (***фигурой*** в геометрии называют любое множество точек, рис. 33, *б*). Точку ***A*** и фигуру ***F*** называют *оригиналами*.



а *б*

Рис. 33.

Рис. 34.

При ***центральном проецировании*** задают плоскость Π_1 – плоскость проекций и не лежащую в ней точку ***S*** – центр проекций. Прямые, проходящие через точку ***S***, называются проецирующими прямыми. Проекцией точки ***A*** называется точка A' пересечения с плоскостью Π_1 проецирующей прямой ***SA*** (см.

рис. 33, *а*). Чтобы построить проекцию фигуры, следует спроецировать все её точки (см. рис.33, *б*).

Параллельное проецирование – частный случай центрального проецирования, когда центр проекций ***S*** – бесконечно удалённая точка, то есть проходящие через эту точку проецирующие прямые параллельны. Таким образом, при параллельном проецировании задают плоскость проекций $\boldsymbol{\Pi_1}$ и не параллельную ей прямую ***s*** – ***направление проецирования***. Прямая ***s*** и все параллельные ей прямые называются ***проецирующими прямыми***. Точка $\boldsymbol{A'}$ пересечения с плоскостью $\boldsymbol{\Pi_1}$ проецирующей прямой, проходящей через точку ***A***, называется ***параллельной проекцией точки A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$ в ***направлении s*** или более кратко – ***проекцией точки A*** (рис. 34).

Ортогональное (прямоугольное) проецирование – частный случай параллельного, когда $\boldsymbol{s \perp \Pi_1}$, то есть направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций. Иначе говоря, ортогональная проекция $\boldsymbol{A'}$ точки ***A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$ есть основание перпендикуляра $\boldsymbol{AA'}$, опущенного из точки ***A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$. Дальнейшие подробности об ортогональных и параллельных проекциях см. п. 3 «Методы изображений».

Рассмотренные в этом параграфе изображения, состоящие из одной проекции, ***необратимы***. Точка ***A*** – оригинал определяет одну проекцию $\boldsymbol{A'}$, но проекции $\boldsymbol{A'}$ соответствует бесчисленное множество оригиналов - все точки проецирующей прямой $\boldsymbol{AA'}$. Одна проекция не определяет оригинала. Для построения обратимых чертежей, определяющих оригинал однозначно, добавляется вторая проекция (метод Монжа, аксонометрия, перспектива) или информация о расстояниях точек-оригиналов от плоскости проекций (проекции с числовыми отметками). Для отображения любой точки земной поверхности вместе с её координатами на плоскость пользуются проекциями, отличающиеся от предыдущих. Рассмотрим некоторые из них.

3.2. СТЕРЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Эти проекции используются не только математиками, но и применяются для составления карт областей земной поверхности. Стереографическая проекция является взаимно однозначным отображением, то есть единственной точке земной поверхности соответствует единственная точка на плоскости.

Стереографической проекцией будем называть проекцию сферы из центра – точки S, принадлежащую этой сфере, на плоскость α, касающуюся этой сферы в точке S' - диаметрально противоположной центру проецирования – точки S (рис. 35). Взяв точку проецирования в одном из полюсов, получим так называемую полярную сетку (см. рис. 35).

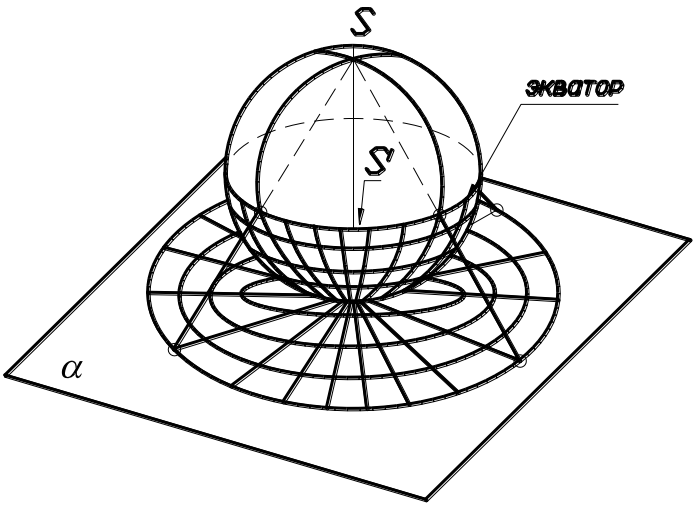


Рис. 35.

Меридианы на этой проекции изображаются прямыми, проходящими через образ полюса – точку S', а экватор и параллели – в виде окружностей. Если точку проецирования поместить на экваторе, получим сетку экваториального типа (подобно той, которая получается на карте двух полушарий мира). На рис. 36 показана стереографическая проекция точки M'' и её сферические координаты.

При стереографической проекции углы между кривыми, лежащими на сфере, изображаются равными углам их проекций. Под углом между кривыми понимается угол между касательными к ним в точке пересечения.

При повороте сферы вокруг диаметра, проходящего через полюс, на плоскости α происходит поворот вокруг точки её касания S' со сферой на тот же угол.

Следует отметить, что свойства этой проекции существенно не изменяются при замене плоскости проекций α на любую другую плоскость, параллельную ей и не проходящую через центр проекций S. Часто за эту плоскость принимают плоскость экватора, если считать центр проекции S и диаметрально противоположную точку S' полюсами.

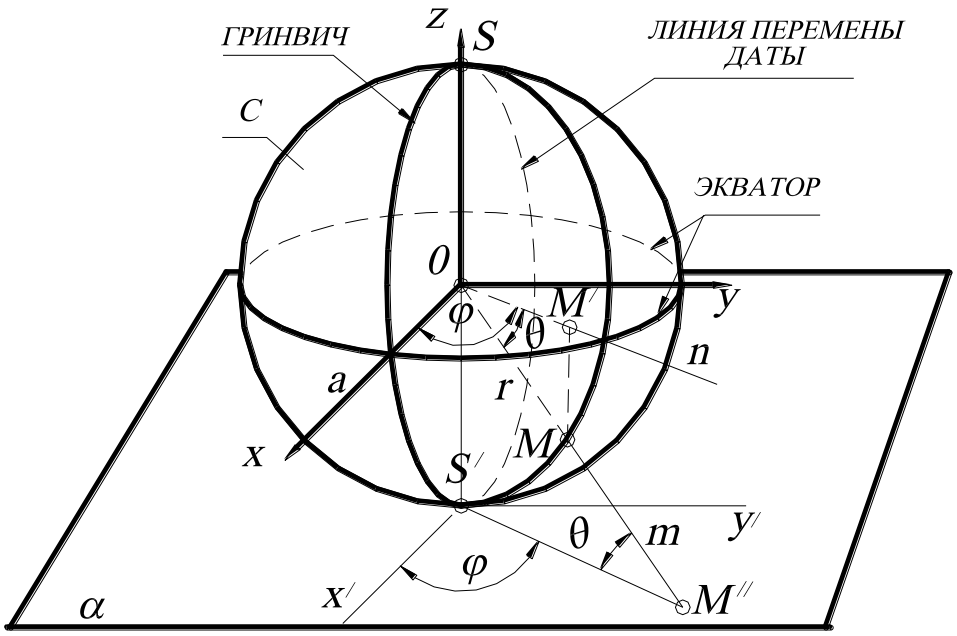


Рис. 36.

В результате построения стереографической проекции, то есть проекции сферы на плоскость, получают карту. Недостаток такой карты в том, что не сохраняются площади. Практически чаще всего на таких картах работают с очень малыми областями сферы, по которым, с необходимыми коррекциями, можно вычислять площади.

Очевидно, существуют карты, сохраняющие площади; они называются эквивалентными или равновеликими. Рассмотрим пример получения такой карты.

3.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Цилиндрическая проекция получается при взаимно однозначном отображении поверхности сферы, вписанной в цилиндр, на поверхность этого цилин-

дра пучком параллельных прямых, перпендикулярных к оси цилиндра. Разворачивая затем цилиндр на плоскость, получают цилиндрическую проекцию сферы. Такая проекция получила название «классическая проекция Меркатора». Эта проекция является равноугольной (или конформной, то есть такая, которая сохраняет углы, рис. 37).

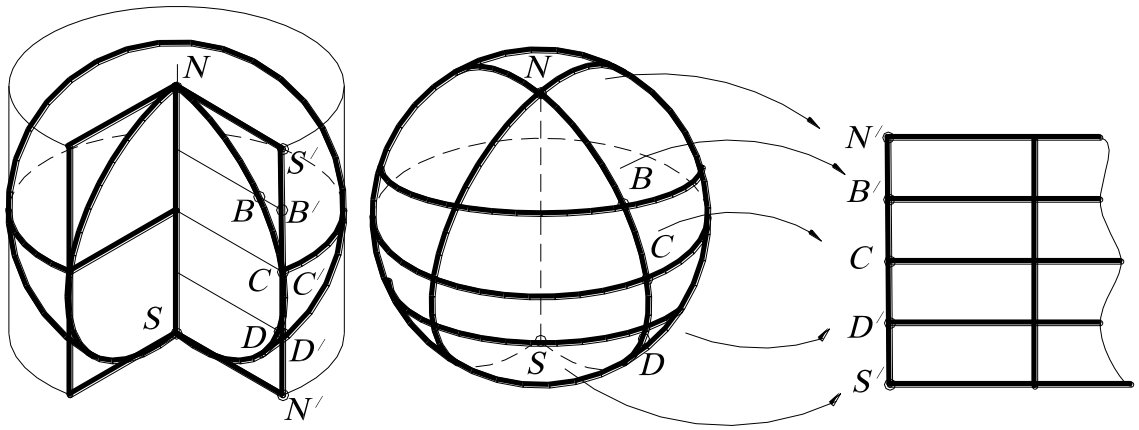


Рис. 37.

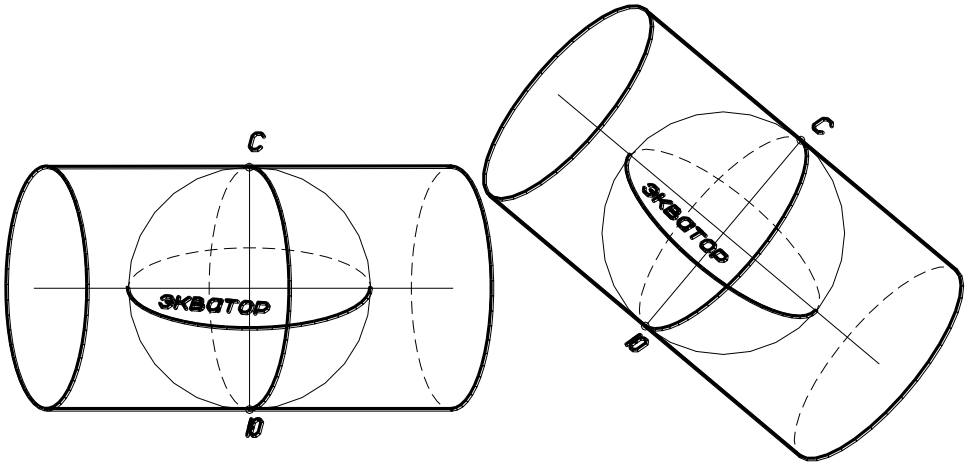
На этой проекции параллели и меридианы представляются ортогональными (прямоугольными) прямыми, а экватор является горизонтальной осью симметрии. Такие проекции имеют изменяющийся коэффициент искажения, который увеличивается к полюсам. В тех областях, где коэффициент искажения изменяется незначительно, построенная таким образом карта хорошо приспособлена к практическим нуждам, и поэтому она часто используется в морской и воздушной навигации.

Действительно, поскольку меридианы и параллели являются ортогональными координатными линиями, кроме того, построенная проекция конформна, то такая траектория движения судна или самолёта по постоянному курсу изобразится на этой карте в виде прямой линии, которую легко провести с помощью линейки. На практике судно или самолёт всегда в течение определённого времени придерживается постоянного курса. Для этого рулевой по компасу сохраняет постоянное направление движения, указанное капитаном.

На сфере такие траектории (то есть кривые, которые пересекают меридианы под постоянным углом) называются ***локсодромы***.

Классическая проекция Меркатора совершенно непригодна у полюсов, так как при приближении к полюсам коэффициент искажения стремится к бесконечности. Поэтому задача измерения с достаточной точностью расстояний и площадей в окрестности полюсов практически неразрешима, но классическая проекция Меркатора даёт прекрасный результат вблизи экватора.

В настоящее время во всём мире наиболее употребительной является поперечная проекция Меркатора. Она получается, если цилиндр, описанный около сферы, касается её по меридиану (рис.38, *а*). Эту проекцию называют проекцией Гаусса – Крюгера. Для неё используется сокращение ***MTU*** (по начальным буквам Mercator transvers universal). Её применяют, например, при создании топографических карт Российской Федерации, эта проекция используется топографической службой Швейцарии.

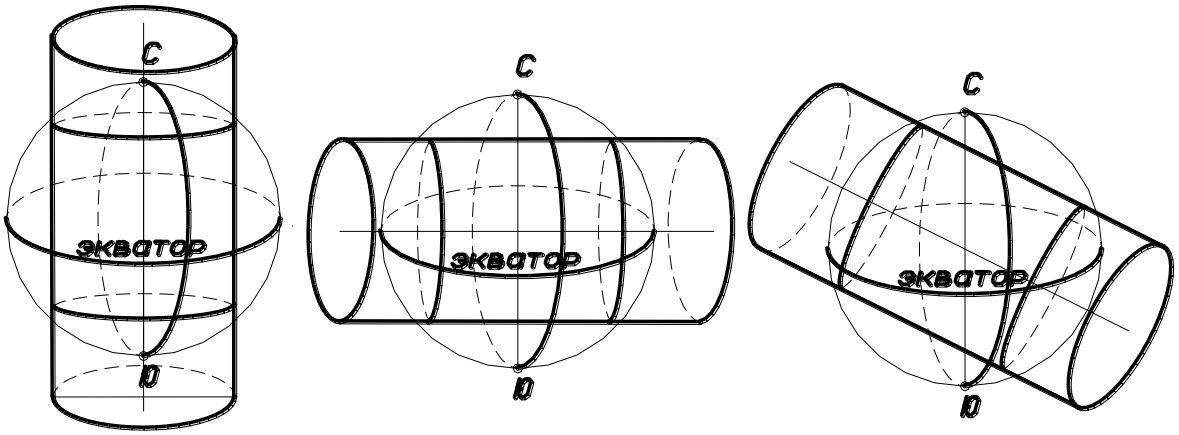


а *б*

Рис. 38.

Кроме рассмотренных цилиндрических проекций, имеются косые цилиндрические проекции (рис.38, *б*). В этом случае ось цилиндра располагается под произвольным углом к прямой, соединяющей северный и южный полюса. Параллели и меридианы при этом изобразятся в виде кривых, однако в малых областях они будут почти прямыми линиями.

Для цилиндрических проекций можно рассматривать цилиндры, пересекающие сферу. На рис. 39, *а* показана нормальная цилиндрическая проекция; на рис. 39, *б* – поперечная проекция; на рис. 39, *в* – косая проекция.



а *б* *в*

Рис. 39.

3.4. КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Такие проекции при составлении карт называются равноугольными проекциями Ламберта.

Идея Ламберта состоит в том, чтобы меридианы и параллели оставались простыми кривыми на плоскости. Самой простой после ортогональной сетки параллельных прямых является сетка из концентрических окружностей и прямых, проходящих через их центр этих окружностей. Можно сказать, что мы имеем дело с полярной системой координат на плоскости.

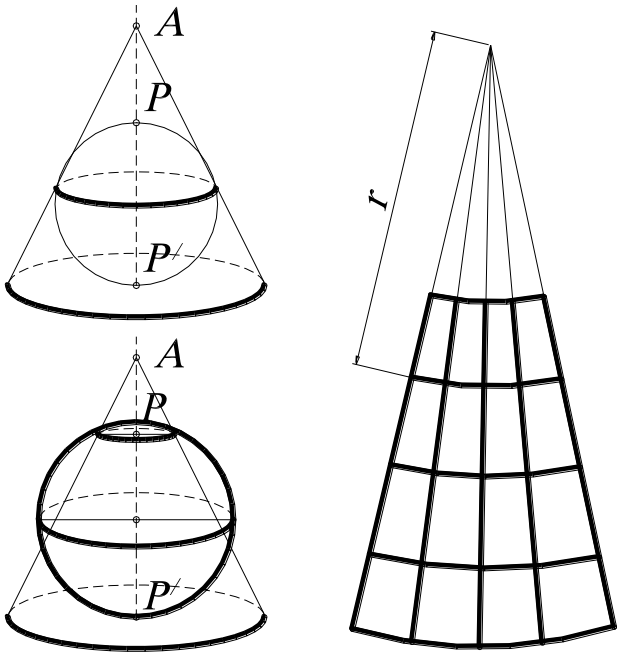


Рис. 40.

В этом случае сфера проецируется на конус, касающийся по выделенной параллели, а затем этот конус разворачивается на плоскость

(рис. 40). Полярный радиус r регулируется некоторой функцией так, чтобы обеспечить равные углы.

Меридианы в этой проекции изображаются прямыми линиями, а параллели – окружностями.

Картография Франции основана на проекциях Ламберта. Вся поверхность Франции покрывается тремя такими картами, одна из которых охватывает зону в три градуса. Однако состыковка этих трёх систем в настоящее время не удовлетворяет требованиям к точности. Поэтому используется карта, полученная при помощи стереографической проекции (с полюсом в Новой Зеландии).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каким образом можно установить взаимно однозначное соответствие между оригиналом, например, точкой A, трёхмерного пространства и её центральной, параллельной проекцией A'?

2. Как будет изображаться стереографическая проекция а) отрезка прямой, который принадлежит экватору сферы, меридиану, б) окружности ?

3. Докажите, что при стереографической проекции локсодромы переходят в логарифмические спирали (см. п. 4.5. «Трансцендентные кривые»).

4. Как задаётся центр проецирования при отображении сферы на конус (см. рис. 40).

ЧАСТЬ 2
ПРИНЦИПЫ ИНВАРИАНТНОСТИ

Построение какой-либо геометрической модели основывается на определённых свойствах объекта (геометрического многообразия). Для задания взаимно однозначных отображений большое значение имеют неизменяющиеся свойства – инварианты. *Инвариант - (invariants – от лат. неизменяющийся) – величина, остающаяся неизменной при тех или иных преобразованиях* (например, площадь какой- либо фигуры). В первой части мы уже сталкивались с инвариантами, например, размерность какого-то геометрического многообразия является величиной постоянной для конкретного пространства. Основными принципами инвариантности также являются симметрия и пропорциональность.

В части 2 рассматриваются преобразования, сохраняющие некоторые свойства геометрических множеств (симметрия относительно точки, прямой или плоскости, вращения, параллельные переносы). Однако отказ от сохранения метрики исследуемых объектов при соответствующем преобразовании расширяет возможности применения методов симметрии и приводит к другим преобразованиям – подобие, инверсия и др.

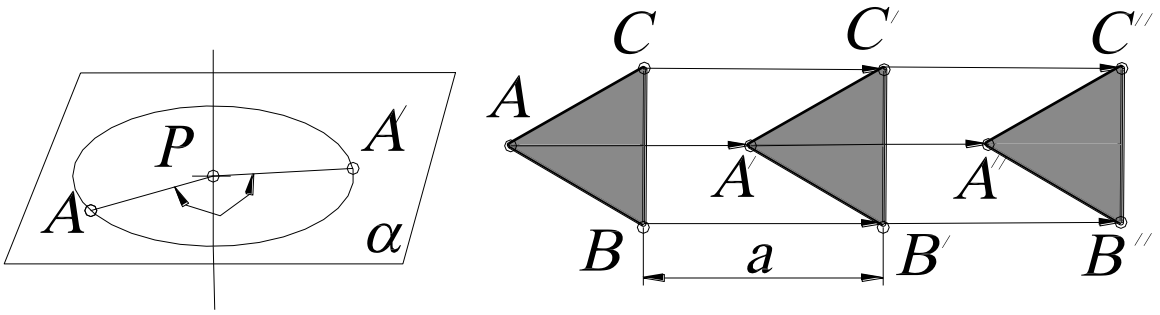
1. ДВИЖЕНИЯ

1.1. ДВИЖЕНИЯ В ЕВКЛИДОВОЙ ПЛОСКОСТИ

Движение - это преобразование, которое сохраняет длины. Например, (рис. 41, *а*) ***вращение*** точки A, принадлежащей плоскости α, вокруг точки P (или вокруг прямой, проходящей через точку P, перпендикулярно к плоскости α) является движением, имеющим одну неподвижную точку P (если угол по-

ворота не кратен 360^0). В противном случае получают ***тождественное преобразование***, точка ***A*** отображается на себя.

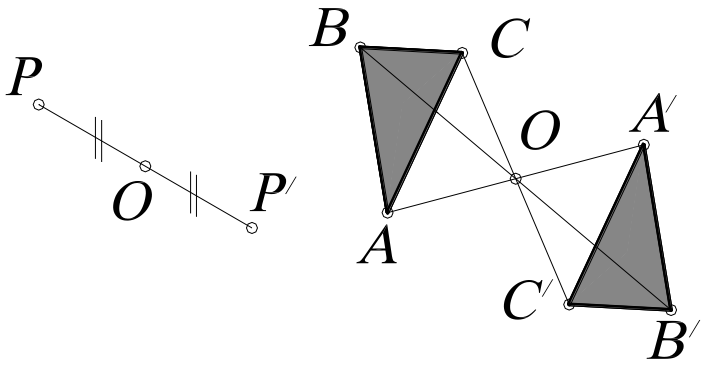
Параллельный перенос (или ***параллельное перемещение***) не имеет неподвижных точек; при этом преобразовании сдвигается каждая точка плоскости на расстояние ***a*** (рис. 41, *б*).



а *б*

Рис. 41.

Симметрия - это вид движения, характеризующийся тем, что распределение точек на пары симметрично. Неподвижными точками симметрии, в зависимости от её вида, являются точка, прямая или плоскость. Соответственно подразделяют симметрию относительно точки, прямой или плоскости. Эти симметрии называют также отражениями от точки, прямой или плоскости, соответственно.



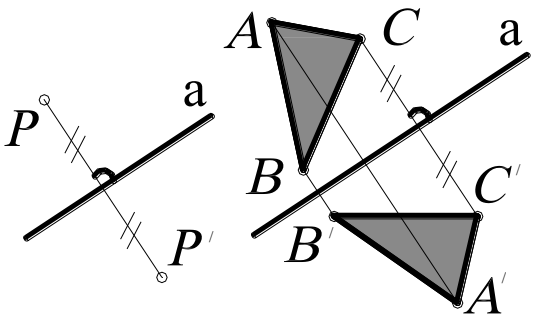
а *б*

Рис. 42.

Центральная симметрия. Две точки ***P*** и ***P′*** называются симметричными относительно точки ***O*** (или относительно центра симметрии ***O***), если точка ***O*** есть середина отрезка ***PP′*** (рис. 42, *а*).

Фигура симметрична относительно центра, если все её точки попарно лежат на прямых, проходящих через этот центр симметрии по разные стороны и на равных расстояниях (рис. 42, *б*).

Осевая симметрия. Две точки называются симметричными относительно прямой (оси), если они лежат на одном перпендикуляре к данной прямой ***a*** по разные стороны и на одинаковом расстоянии (рис. 43 *а*, *б*).



а *б*

Рис. 43.

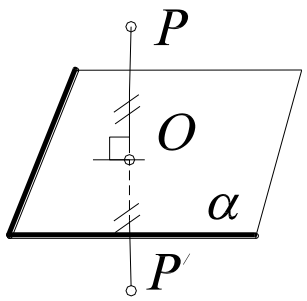


Рис. 44.

Плоскостная (зеркальная) симметрия. Две точки называются симметричными относительно плоскости, если они лежат на перпендикуляре по разные стороны и на одинаковом расстоянии от плоскости (рис. 44).

При рассмотрении вращений (в частности, центральная симметрия), осевых симметрий и параллельных переносов возникает вопрос о том, почему вращение или параллельный перенос можно осуществить непрерывным перемещением плоскости, а осевую симметрию – нельзя. Возникает понятие «ориентации». Любые два треугольника ***ABC*** и $\boldsymbol{A'B'C'}$ могут иметь одинаковую (см. рис.41, *б*) или противоположную (см. рис. 43, *б*) ориентацию.

Если треугольники ***ABC*** и $\boldsymbol{A'B'C'}$ ориентированы одинаково (см. рис.41, *б*), то движение называется ***собственным*** (или 1-го рода). Если же движение меняет ориентацию треугольников ***ABC*** и $\boldsymbol{A'B'C'}$ (см. рис.43, *б*), то такое движение называется ***зеркальным*** (или 2-го рода). Например, собственные движения переводят левую перчатку в левую, а левый винт – в левый (и наоборот). Зеркальные движения переводят левую перчатку в правую, а левый винт – в правый (и обратно).

Рассмотрим несколько видов симметрии на примерах различных фигур. Когда мы говорим, что фигура «симметрична», мы имеем в виду, что суще-

ствуют некоторые движения, оставляющие на месте фигуру в целом, но меняющие отдельные её части. Другими словами, если фигура симметрична, то элементы одной её части переходят в другую. Например, прописные буквы ***А*** и ***Е*** (рис. 45, *а*, *б*) обладают осевой симметрией, то есть переводятся в себя симметрией относительно некоторой оси – вертикальной в первом случае и горизонтальной – во втором.



Рис. 45.

Буква ***И*** (рис. 45, *в*) обладает центральной симметрией. Однако буква ***И*** может быть представлена последовательным выполнением (причём в любом порядке) отражений от горизонтальной, а затем от вертикальной оси. Как уже известно, результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их произведением или композицией преобразований.

К числу движений, переводящих фигуру в себя, относится и тождественное преобразование. Любая фигура обладает такой симметрией. Например, буква ***Г*** переводится в себя только тождественным преобразованием (рис. 45, *г*).

Изображенная фигура на рис. 45, *д* обладает симметрией 4-го порядка. Это означает, что она переводится в себя на угол, кратный прямому. Такая фигура допускает 4 существенно различных движения, переводящих её в себя, а именно вращения на 1, 2, 3 и 4 прямых угла. Последнее из них - тождественное преобразование.

Наименьшая степень, в которую нужно возвести данное преобразование, чтобы получить тождественное преобразование, называется порядком данного преобразования.

Например, осевая, центральная симметрия имеет порядок 2. Единственным преобразованием порядка 1 является тождественное преобразование. Параллельный перенос вообще не имеет конечного порядка (иногда говорят, что он имеет бесконечный порядок ∞).

Некоторые фигуры переводятся в себя одновременно и центральной и осевой симметрией. Так, например, буква ***H*** имеет горизонтальную ось симметрии (подобно букве ***E***), вертикальную ось симметрии (подобно букве ***A***), а также центр симметрии совпадает с точкой пересечения осей симметрии (рис. 45, *е*). Таким образом, эта буква допускает четыре различных преобразования:

1) тождественное преобразование;
2) отражение от горизонтальной прямой;
3) отражение от вертикальной прямой;
4) центральная симметрия.

Композиция (произведение) движений. Любое движение на плоскости можно определить как композицию поворота и параллельного переноса (параллельный перенос иногда называют трансляцией).

Параллельный перенос определяется как произведение двух центральных симметрий относительно различных точек ***O*** и ***O′*** (рис. 46).

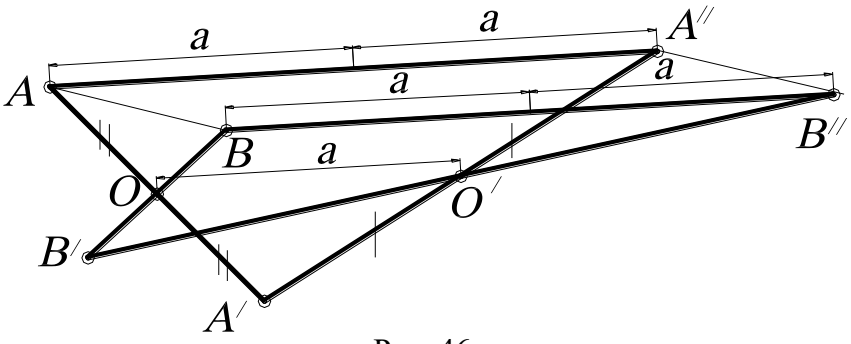
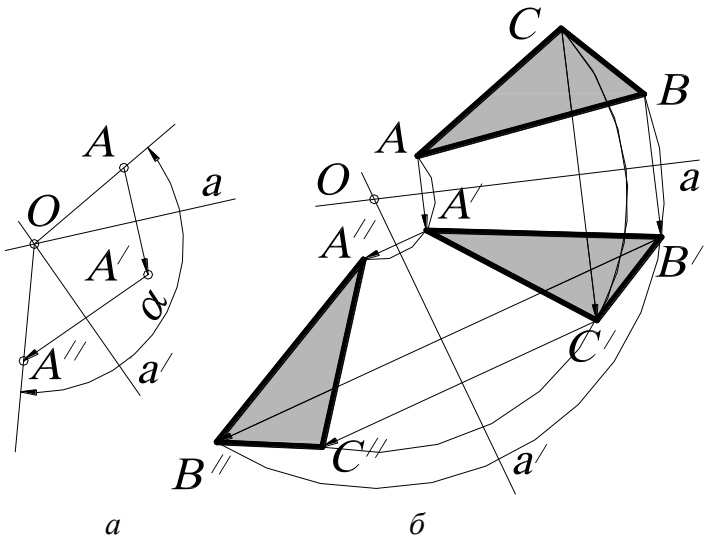


Рис. 46.

Пусть задана произвольная точка ***A*** и даны два центра симметрии ***O*** и ***O′***. Первая симметрия относительно точки ***O*** переводит точку ***A*** в точку ***A′***, а вторая – относительно точки ***O′*** - ***A′*** в ***A″***. Причём окончательно получается отрезок ***AA″***, который параллелен отрезку ***OO″*** и в два раза длиннее его. Таким образом, длина и направление отрезка не зависят от положения точки ***A***, так как параллельный перенос полно-

стью определяется длиной и направлением отрезка AA''. Это подтверждается, если задать параллельный перенос произвольной точки B, параллельный отрезку AA''. Тогда отрезки $AA''=BB''$, а также эти отрезки параллельны между собой и получаются при отображении от точек O и O'.

Движение, оставляющее точку O неподвижной, можно назвать поворотом вокруг точки O. Поворот можно представить как композицию двух осевых симметрий (рис. 47, *а*, *б*). Однако в этом случае результат отображения зависит от порядка выполнения операций симметрии, то есть для того чтобы получить поворот точки A на угол α (см. рис. 47, *а*), нужно сначала выполнить осевую симметрию относительно оси **a**, а затем – относительно оси **a′**. Говорят, что такая композиция преобразований не обладает свойством переместительности (или не коммутирует).



а *б*

Рис. 47.

Скользящая симметрия определяется как композиция симметрии относительно прямой m и параллельного переноса вдоль этой прямой. Ясно, что скользящая симметрия определяется своей осью m и величиной переноса a.

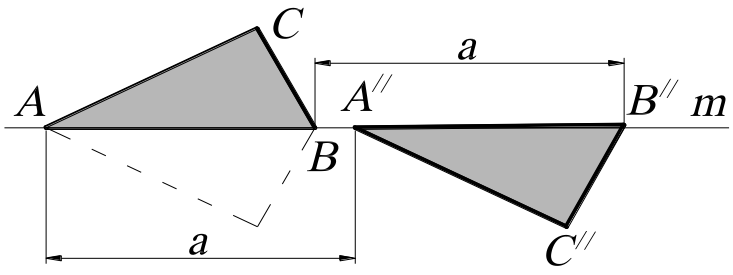


Рис. 48.

Пусть задана ось скользящей симметрии m и величина переноса вдоль этой оси a (рис. 48). Тогда, выполняя операции отражения от прямой и параллельный перенос (независимо в какой последовательности), треугольник ABC отобразится в треугольник $A''B''C''$.

Таким образом, скользящая симметрия – это зеркальное движение, не имеющее неподвижных точек. Такая симметрия часто встречается в орнаментальном искусстве, архитектуре и природе.

В геометрии симметрия и ***асимметрия*** – два противоположных понятия. Асимметрия, казалось бы, - это отсутствие симметрии. Однако асимметричная фигура может складываться из симметричных частей. Другими словами, асимметрия – это композиция симметрии. Асимметрию часто используют в архитектуре, дизайне и др.

1.2. ДВИЖЕНИЯ В ЕВКЛИДОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Существует семь типов перемещений пространства:

1. Тождественное преобразование.
2. Переносы.
3. Повороты (в частности, осевые симметрии – повороты на 180^0).
4. Винтовые перемещения.
5. Зеркальные симметрии или плоскостные.
6. Переносные симметрии.
7. Поворотные симметрии.

В ***тождественном преобразовании*** остаётся неподвижной каждая точка пространства.

Перенос имеет связку неподвижных параллельных прямых и связку неподвижных плоскостей, определяемых парами этих прямых, и не имеет неподвижных точек.

Поворот имеет прямую неподвижных точек – ось поворота – и пучок неподвижных плоскостей, перпендикулярных оси поворота; в осевой симметрии, кроме того, остаются неподвижными все плоскости, проходящие через ось симметрии, и все прямые, пересекающие ось симметрии под прямым углом.

Винтовое перемещение имеет одну неподвижную (двойную) прямую – его ось – и не имеет двойных точек и плоскостей (кроме угла 180^0, так как все плоскости через эту ось неподвижны). Винтовое перемещение определяется углом поворота и величиной переноса вдоль этой оси. Порядок, в котором выполняются обе операции, безразличен (что не имело бы места, если бы параллельное перемещение не было параллельно оси вращения).

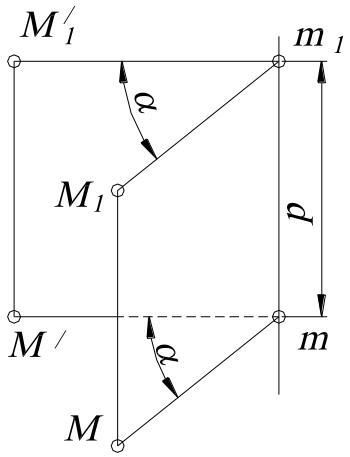


Рис. 49.

Иначе говоря, если точка M' есть то положение, которое занимает точка M после поворота R на угол α вокруг оси d (рис. 49), то M'_1 - положение, которое займёт точка M', если выполнить над ней перемещение p, параллельное оси d, то мы получим ту же самую точку M'_1, выполняя над точкой M сначала это же поступательное перемещение p, переводящее точку M в M_1, а затем поворачивая точку M_1 на данный угол вокруг оси d.

Частными случаями винтового перемещения являются, очевидно, вращение (когда параллельное перемещение равно нулю) и параллельное перемещение (когда вращение R равно нулю).

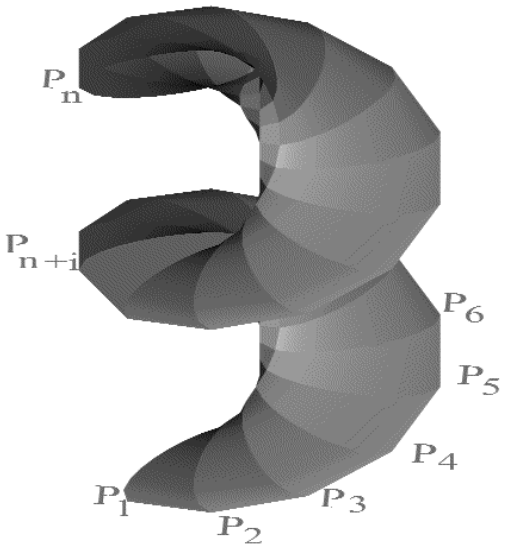


Рис. 50.

Если дано некоторое винтовое перемещение, то тем самым дано определённое направление перемещения. В соответствии с этим винтовое перемещение называется положительным (правым) или отрицательным (левым), смотря по тому, имеет данное вращение положительное или отрицательное направление по отношению к направлению поступательного перемещения. На рис. 50 показано положительное винтовое перемещение.

В ***зеркальной (плоскостной) симметрии*** неподвижны все точки и прямые плоскости симметрии и все прямые и плоскости, ей перпендикулярные.

Переносная симметрия имеет неподвижную плоскость α, пучок неподвижных параллельных прямых в α и пучок неподвижных плоскостей, проходящих через эти прямые перпендикулярно α, и не имеет неподвижных точек. Переносная симметрия есть произведение отражения от плоскости α и перенос параллельно этой плоскости в любом порядке.

Поворотная симметрия оставляет неподвижными взаимно перпендикулярные прямую и плоскость, а также точку их пересечения; центральная симметрия оставляет на месте одну точку (центр симметрии) и все проходящие через неё прямые и плоскости. Поворотная симметрия – это произведение отражения от плоскости α и поворота p с осью $p \perp \alpha$ в любом порядке.

В этом параграфе мы дали обзор различных видов движений в пространстве и их свойства. Читателю представляется возможность самостоятельно разобраться в этих видах движений.

1.3. ПОДОБИЕ

Подобием (или преобразованием подобия) называют преобразование, которое сохраняет отношение длин отрезков. Другими словами, отрезок AB переходит в отрезок $A'B'$, такой что $\frac{A'B'}{AB} = k$, где k - постоянное положительное число (одно и то же для всех отрезков), которое называют ***коэффициентом подобия***. Из этого определения следует, что произвольная фигура, например треугольник, переводится в подобный треугольник, а произвольный угол в равный (быть может противоположно ориентированный) угол. Частным случаем подобия, соответствующим $k = 1$, является движение. Другим частным случаем является гомотетия, при $\pm k$.

1.3.1. ГОМОТЕТИЯ

Пусть точка S – центр подобия (центр гомотетии), а число k – коэффициент подобия. Точкой, ***гомотетичной*** какой-либо точке M, называется точка M', которая получается, если соединить точку M с точкой S прямой линией и отложить на этой прямой от точки S в направлении SM (рис. 51) или в противоположном направлении такой отрезок SM', что имеет место: $\frac{SM'}{SM} = k$. Гомотетию подразделяют на следующие виды:

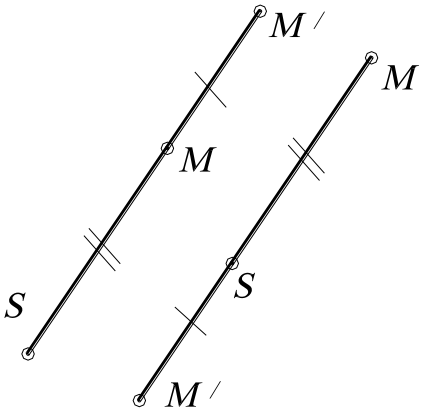


Рис. 51.

Прямая гомотетия – если отрезок SM' откладывается в ту же сторону, что и отрезок SM.

Обратная гомотетия – если оба отрезка SM' и SM направлены в противоположные стороны.

Фигура, гомотетичная (или перспективно-подобная, или подобная, или подобно расположенная) F' какой-либо фигуре F, есть фигура, образованная совокупностью точек M_i', гомотетичных точкам M_i, образующим фигуру F. Другими словами, фигуры называются ***гомотетичными***, если они подобны и подобно расположены, то есть если одну из них можно перевести в другую гомотетией.

Центр гомотетии есть точка, сама себе гомотетичная; это единственная точка, которая обладает данным свойством. Симметрия относительно точки есть частный случай обратной гомотетии.

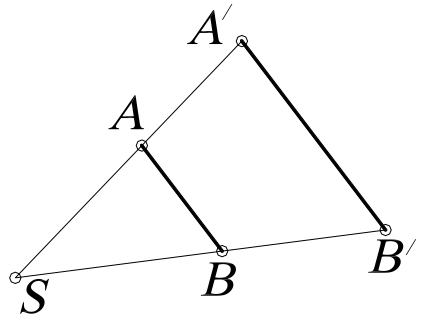


Рис. 52.

Гомотетией называется преобразование, которое сохраняет (или изменяет на противоположное) каждое направление; то есть переводит каждую прямую в параллельную ей прямую (рис. 52).

В двух гомотетичных системах точек, отре-

зок, соединяющий две какие-либо точки одной из систем, и отрезок, соединяющий соответственные им точки, - другой, всегда параллельны, и их отношение равно коэффициенту подобия. Они направлены в одну и ту же сторону или в противоположные, смотря по тому, будет гомотетия прямой или обратной.

Действительно, пусть A и B – две точки первой фигуры, а A' и B' - точки, им гомотетичные (см. рис. 52), S – центр гомотетии, k – коэффициент подобия. Пропорция $\frac{SA'}{SA} = \frac{SB'}{SB} = k$ показывает, что отрезки $A'B'$ и AB параллельны, а подобие треугольников $SA'B'$ и SAB показывает, что отношение этих отрезков равно отношению SA' к SA.

Теорема. Если прямая делит две стороны треугольника на пропорциональные части, то она параллельна третьей стороне.

Следствия.

1. Фигура, гомотетичная прямой линии, есть прямая линия.

Действительно, если точка B перемещается по прямой AB, причём последняя (то есть прямая) остаётся неподвижной, то точка B' описывает прямую, проходящую через точку A' и параллельную AB (см. рис. 52).

2. Фигура, гомотетичная окружности, есть окружность, причём их центры гомотетичны (рис. 53).

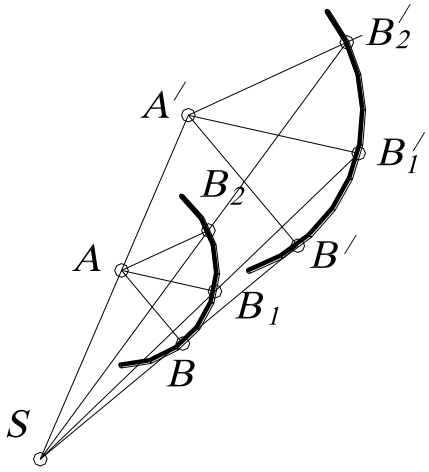


Рис. 53.

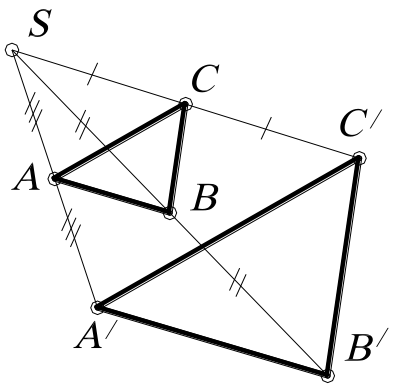
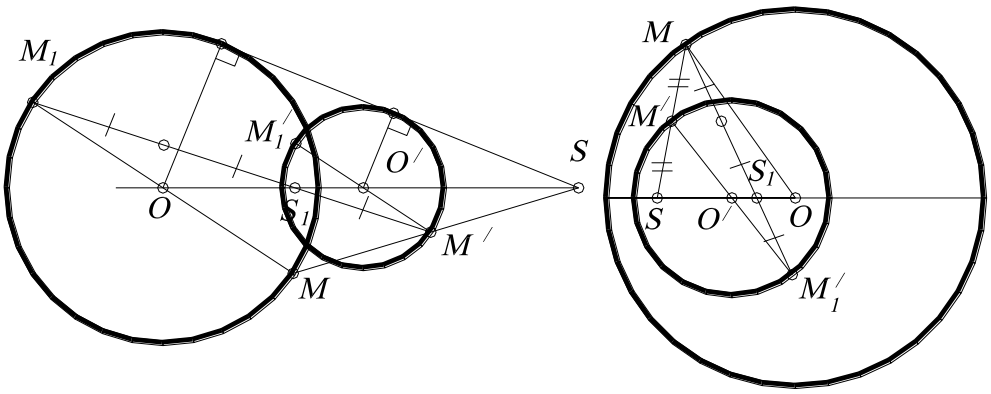


Рис. 54.

Действительно, если точка B перемещатся так, что её расстояние от определённой точки A остается постоянным (то есть можно построить окружность), то точка B' опишет окружность с центром A' и радиусом $A'B' = k \cdot AB$ (см. рис. 53). Фигура, гомотетичная данному треугольнику, есть треугольник, подобный первому (рис. 54), где S – центр прямой гомотетии, а коэффициент подобия $k = \frac{1}{2}$.

Две любые окружности можно рассматривать как гомотетичные и притом двумя различными способами.

Если O и O' - центры окружностей, а M и M' - концы двух соответственно параллельных радиусов, направленных в одну сторону, удовлетворяют условию: $\frac{SM'}{SM} = \frac{O'M'}{OM} = k$, где $k = \frac{1}{2}$, описывают две прямогомотетичные окружности. Тогда концы M и M' служат соответственными точками двух обратногомотетичных фигур; в обоих случаях коэффициент подобия равен отношению радиусов (рис. 55).



а *б*

Рис. 55.

Следовательно, две окружности имеют два центра – S, S_1; один соответствует прямой гомотетии и называется внешним; другой, соответствующий обратной гомотетии, – внутренним. Чтобы построить эти центры, нужно начертить произвольный диаметр первой окружности MOM_1 и параллельный ему радиус второй окружности $M'O'$ (причём точка M' лежит с той же стороны от

прямой OO', что и точка M), тогда точка S_1 лежит на пересечении прямых OO' и M_1M'.

Две равные или две концентрические окружности тоже можно перевести друг в друга двумя гомотетиями, но в этих случаях существует только один центр подобия. В случае концентрических окружностей это связано с тем, что две гомотетии имеют один и тот же центр.

В случае равных окружностей одна гомотетия представляет собой параллельный перенос, который не имеет центра (то есть центр удалён в бесконечность), другая гомотетия - симметрия относительно точки S, совпавшей с серединой OO' (рис. 56).

Если окружности касаются друг друга, то точка касания есть один из центров подобия. В том случае, если заданные окружности гомотетичны, то центры этих окружностей соответствуют друг другу и соответственные радиусы параллельны. В зависимости от того, будут ли они направлены в одну и ту же сторону или в противоположные, мы будем иметь ту или иную из двух гомотетий, установленных выше.

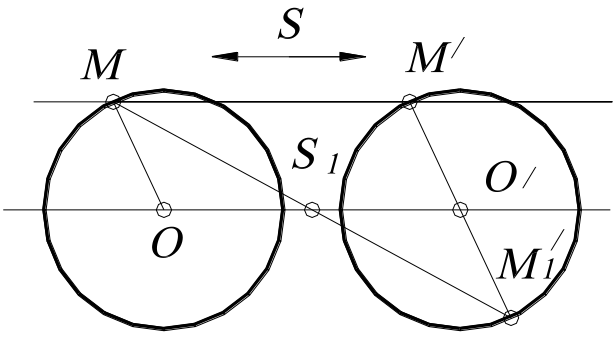


Рис. 56.

Таким образом, две окружности не могут быть гомотетичны более чем двумя различными способами. Однако три окружности c_1, c_2, c_3 можно рассматривать как фигуры попарно гомотетичные и притом четырьмя различными способами.

Можно выбрать произвольно прямую или обратную гомотетию между окружностями c_1 и c_3 (что составляет четыре возможных сочетания).

Гомотетия между окружностями c_2 и c_3 определяется двумя первыми гомотетиями. При этом три внешних центра подобия будут лежать на одной прямой; точно так же будут лежать на одной прямой каждый внешний центр подобия с двумя внутренними центрами, ему не соответственными. Четыре прямые, та-

ким образом определённые, называются ***осями подобия***: одна из них – внешняя ось подобия, три другие – внутренние. Оси подобия попарно пересекаются в шести центрах подобия (рис. 57).

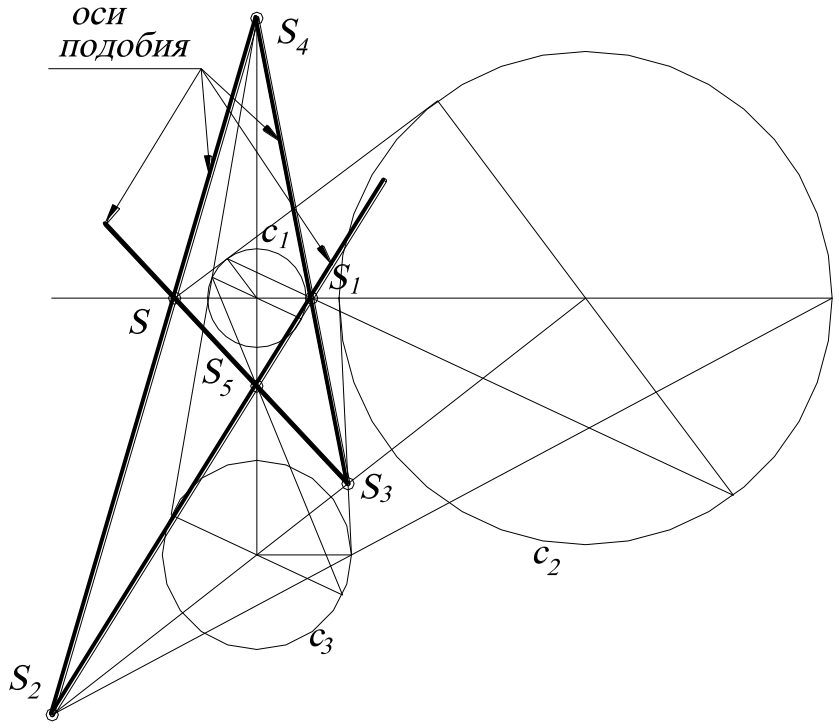


Рис. 57.

Следующее свойство гомотетии будет относится к трём гомотетичным фигурам. Итак, ***две фигуры, гомотетичные третьей, гомотетичны между собой, и три центра подобия лежат на одной прямой*** (рис.58). Если фигуры F_1 и F_2 гомотетичны относительно центра S_{21}, а фигуры F_1 и F_3 гомотетичны относительно центра S_{13}. Тогда фигуры F_2 и F_3 гомотетичны между собой относительно центра S_{23}, причём гомотетия будет прямой, если две исходные гомотетии одного рода, и обратной, если эти гомотетии различного рода. Точка S_{23}, рассматриваемая как центр гомотетии фигур F_2 и F_3, имеет в качестве соответственной в фигуре F_1 некоторую точку s. Прямая $s\ S_{23}$ пройдет через точку S_{13} (как соединяющая соответственные точки фигур F_1 и

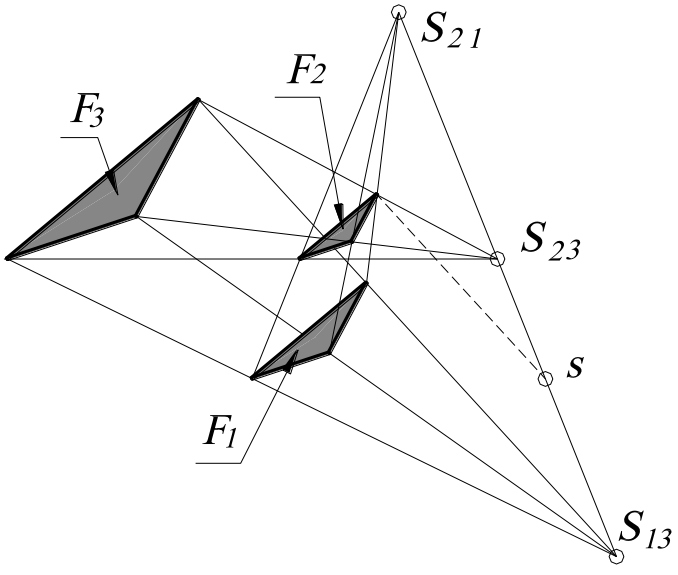


Рис. 58.

F_3) и через точку S_{21} (как соединяющая соответственные точки фигур F_1 и F_2). Таким образом, если фигуры попарно гомотетичны, то из трёх гомотетий прямыми будут одна или все три.

Композиция гомотетии и движений. Менее известен вид подобия, такой, как ***центрально-подобное вращение*** (или поворотное расширение, рис. 59) и представляющее собой произведение центральной гомотетии (центрально-подобного преобразования) ***G(k)*** с коэффициентом подобия ***k*** (например, при ***k=2***, см. рис. 59) и вращения вокруг точки ***O*** на угол α.

Ещё один вид подобия – это ***центрально-подобная симметрия*** (рис. 60), представляющая произведение гомотетии ***G(k)*** с коэффициентом ***k*** и симметрии относительно прямой ***n***, проходящей через точку ***O***. В обоих случаях неподвижная точка ***O*** называется ***центром*** преобразования подобия. При этом можно использовать гомотетию только с положительным коэффициентом ***k***. Другими словами, произведение гомотетии ***G(k)*** и вращения вокруг точки ***O*** на угол α совпадает с произведением гомотетии ***G(-k)*** и вращения вокруг точки ***O*** на угол $\alpha+\pi$. Аналогично, произведение гомотетии ***G(k)*** и симметрии относительно прямой ***n***, проходящей через точку ***O***, совпадает с произведением гомотетии ***G(-k)*** и симметрии относительно прямой, проходящей через точку ***O*** перпендикулярно к прямой ***n***. Центрально-подобная симметрия имеет две взаимно перпендикулярные неподвижные прямые, которые называются ***осями***.

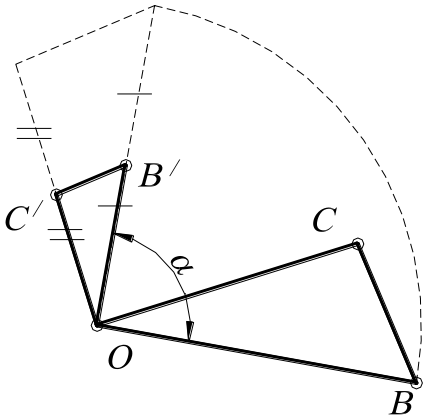


Рис. 59.

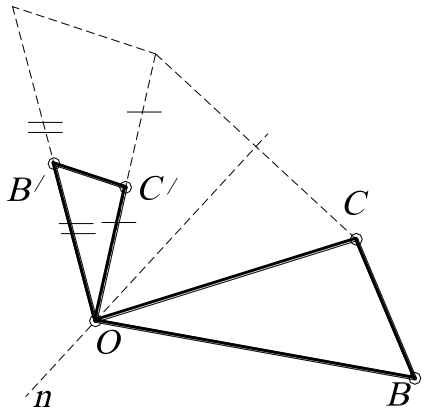


Рис. 60.

1.4. ИНВЕРСИЯ

Евклидову геометрию, в которой основную роль играют прямые и плоскости, можно расширить до круговой (сферической) геометрии. В такой геометрии роль прямых и плоскостей переходит к окружностям и сферам. Можно утверждать, что прямые и плоскости представляют собой окружности и сферы бесконечного радиуса. Это понятие можно заменить выражением, подтверждающим, что прямые и плоскости – это окружности или сферы, проходящие через некоторую идеальную точку, называемую бесконечно удалённой точкой. Преобразование относительно окружности (сферы), называемое ***инверсией***, рассматривал в 1835 году Л. Дж. Магнус (впервые встречается в трактате Аполлония Пергского «О плоских геометрических местах» в III в. до н. э.). Инверсия в одном отношении сходна с преобразованием подобия, но отличается от них в другом: оно переводит углы в равные им углы, но некоторые прямые преобразуются в окружности. Подобно симметриям относительно прямой или точки ***инверсия является симметрией*** (т. е. имеет порядок 2). Подобно симметрии относительно прямой (или плоскости, для пространства), инверсия имеет бесконечно много неподвижных точек, но эти точки заполняют не прямую (или плоскость), а окружность (сферу); поэтому инверсию часто называют «симметрией относительно окружности (сферы)».

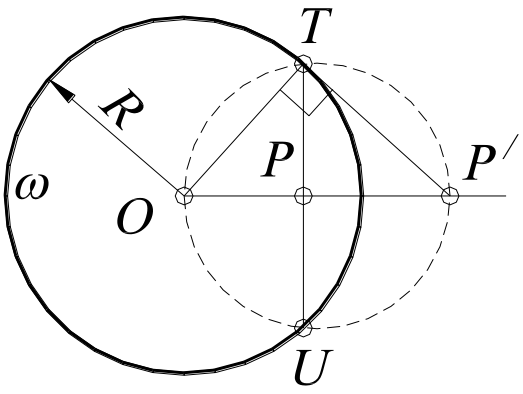


Рис. 61.

Пусть даны окружность ω с центром O и радиусом R и точка P, отличная от точки O (рис. 61). Образом точки P при инверсии относительно окружности ω назовём точку P', лежащую на луче OP, расстояние которой до точки O удовлетворяет соотношению $|OP| \cdot |OP'| = R^2$. Из этого определения следует, что образом точки P является точка P', а следовательно, инверсия (так же, как и симметрия)

обладает тем свойством, что двукратное применение её приводит к тождественному преобразованию.

Кроме того, каждая точка, лежащая вне окружности инверсии ω, имеет своим образом точку, лежащую внутри ее: инверсия «выворачивает внутренность окружности ω наружу», и наоборот, каждая внутренняя точка (за исключением центра O) – во внешнюю точку.

Построим инверсную точку к данной точке P (отличной от точки O), лежащей внутри окружности инверсии ω. Пусть T – один конец хорды окружности инверсии, проходящей через точку P, перпендикулярно к OP (см. рис. 61). Тогда касательная к окружности инверсии, проведённая в точке T, пересекает прямую OP вне окружности инверсии, в искомой точке P'. В самом деле, так как прямоугольные треугольники OPT, OTP' подобны и $OT=R$, то $\frac{OP}{R} = \frac{R}{OP'}$

и, следовательно, $|OP| \cdot |OP'| = R^2$.

Для того, чтобы построить образ произвольной точки P', лежащей вне окружности ω, нужно построить окружность на отрезке OP' как на диаметре, а точки ее пересечения T и U с окружностью ω соединить отрезком TU. Тогда его середина и будет искомой точкой P (являющейся точкой пересечения отрезков TU и OP).

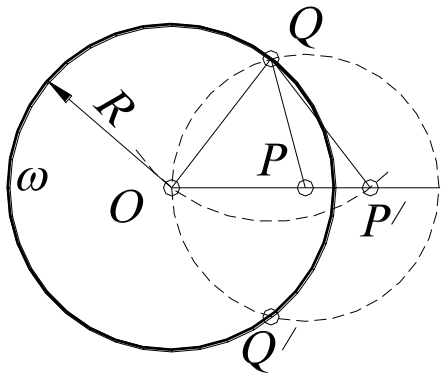


Рис. 62.

Если $OP > \frac{1}{2}R$, то инверсную точку P' к точке P легко построить одним циркулем. Пусть окружность с центром P и радиусом OP пересекает окружность инверсии ω в точках Q и Q' (рис. 62). Тогда точка P' - вторая точка пересечения окружностей с центрами Q и Q', проходящих через точку O (это легко можно увидеть из рассмотрения подобных треугольников POQ и QOP').

Рассмотрим, во что переходят при инверсии некоторые прямые и кривые линии. Окружность с центром ***O*** и радиусом ***r***, очевидно, переходит в концентрическую ей окружность радиуса $\frac{R^2}{r}$. Любая прямая, проходящая через точку ***O***, переходит в себя (при условии, что точка ***O*** не рассматривается (говорят, с выколотой точкой), так как образом точки ***O*** является сама точка ***O***. В противном случае нарушалось бы условие непрерывности преобразования).

Образом любой прямой ***n***, не проходящей через точку ***O***, является окруж-

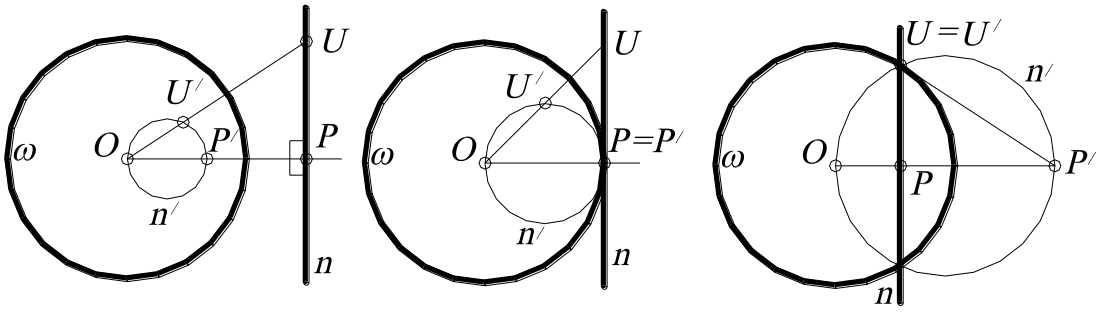


Рис. 63.

ность ***n′***, проходящая через точку ***O*** (за исключением самой точки ***O***), а её диаметр, проходящий через точку ***O***, перпендикулярен прямой ***n*** (рис. 63).

Образ окружности ***n***, не проходящей через точку ***O***, переходит при инверсии в другую окружность ***n′***, также не проходящую через точку ***O*** (рис. 64),

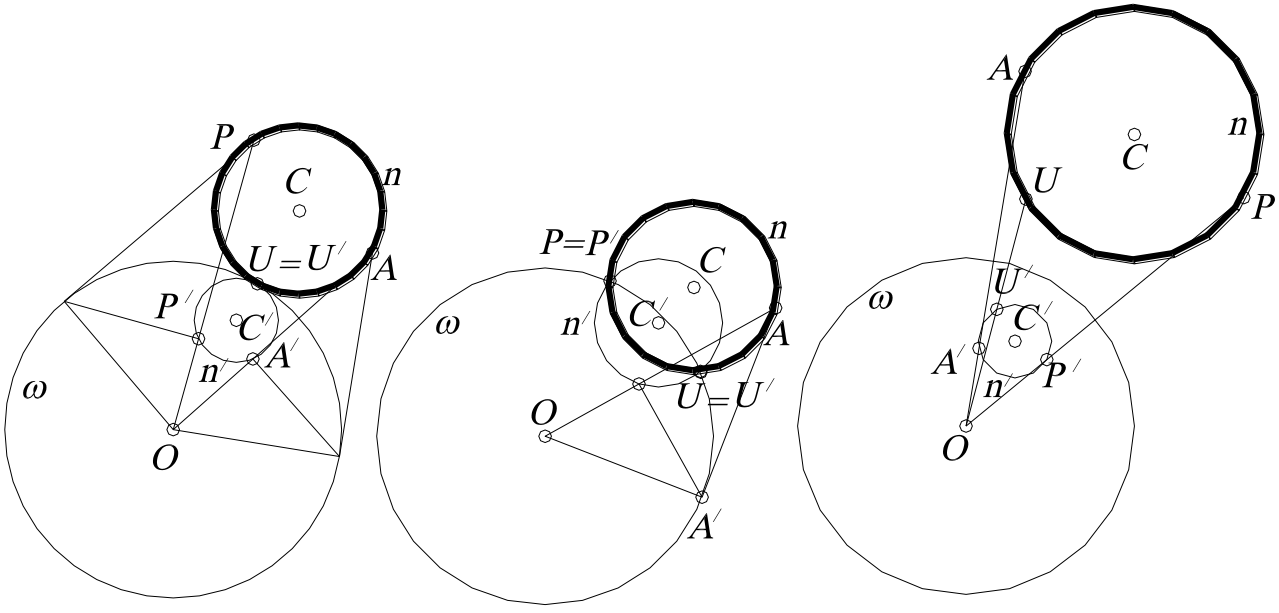


Рис. 64

или, может быть, в ту же самую окружность. Последняя возможность осуществляется в двух следующих случаях: 1) когда данная окружность совпадает с окружностью инверсии; 2) когда инверсия является тождественным преобразованием.

Произведение инверсий с общим центром O и радиусами R и R' окружностей инверсии представляет собой гомотетию $G(k)$, где $k = \left(\frac{R'}{R}\right)^2$.

1.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

Законы симметрии играют огромную роль в строении кристаллов. В строении кристаллической решетки исчерпывается композиция всех видов симметрий реального мира. В связи с этим в данном параграфе рассматривается строение кристаллов.

Кристаллическое вещество характеризуется своим внутренним строением, которое можно назвать закономерно-дискретным (закономерно-прерывным). Материальные частицы, слагающие такое вещество, расположены в определённом порядке; они не заполняют пространства сплошь, а находятся друг от друга на некотором расстоянии.

Чтобы получить наглядное представление о структуре кристаллического вещества, вообразим себе систему параллелепипедов одной и той же формы, плотно сложенных друг с другом в параллельном положении. Каждый параллелепипед со всех сторон окружен такими же параллелепипедами. Восемь параллелепипедов сходятся углами в одной точке.

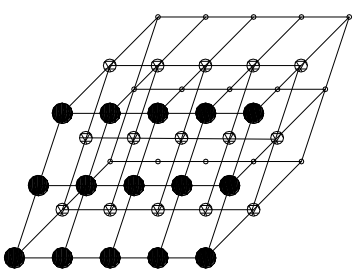


Рис. 65.

Если мысленно откинуть параллелепипеды, оставив на месте только точки, то получим пространственную решётку, состоящую только из одних точек. Пространственная решетка является «скелетом» вся-

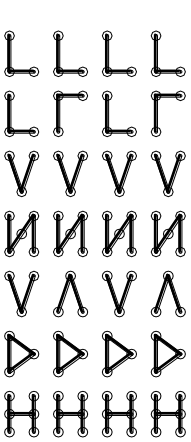
кого кристалла, независимо от внешней формы (рис. 65).

Отдельные точки, слагающие пространственную решетку, называются её узлами. Эти узлы являются атомами, из которых состоят кристаллы. Прямая, проведённая через два узла, называется ***рядом решетки***. Два ряда определяют плоскость пространственной решетки, или ***плоскую сетку***. Расположение узлов на плоской сетке можно рассматривать как вершины бесконечно большого числа равных параллелограммов, приложенных друг к другу без промежутков. Кроме этого, плоскую сетку можно представить в виде правильных треугольников, квадратов и прямоугольников, так как такими геометрическими фигурами можно покрыть всю плоскость без просветов и двойных покрытий.

Таким образом, можно сказать, что любое кристаллическое вещество имеет геометрическую структуру, порождаемую группами симметрий. Русский учёный-кристаллограф Е. С. Фёдоров создал теорию строения кристаллов на основе групп симметрии. Он выявил, что в действительности таких групп конечное число, а именно: для ряда решетки линейных групп всего 7, для плоской сетки – 17, а пространственной – 230. Линейные кристаллографические группы, образующие кристаллические ряды, порождаются с помощью семи бесконечных «одномерных» групп симметрий, приведённых в табл. 1.

Таблица 1

7 одномерных кристаллографических групп

№ п. п.	Типичный узор	Образующие
1		Один параллельный перенос
2		Одна скользящая симметрия
3		Две осевые симметрии
4		Две центральные симметрии
5		Одна осевая и одна центральная симметрии
6		Один параллельный перенос и одна осевая симметрия
7		Три осевые симметрии

В случае 3 обе оси симметрии вертикальны, одна рассекает повторяющуюся фигуру пополам, то есть переводит её в себя; другая симметрия переводит эту фигуру в одну из соседних. Таким образом, уже половина повторяющейся фигуры, расположенная между осями симметрии, порождает бесконечный одномерный ряд. В случае 4 повторяющаяся фигура уже имеет одну центральную симметрию (центр находится на пересечении диагоналей), вторая центральная симметрия, центр которой находится между этими фигурами, переводит её половину в соседнюю. В случаях 6 и 7 имеется горизонтальная ось симметрии. Для всех этих групп, кроме 1 и 2 , имеется некоторая свобода в выборе образующих; например, в случаях 4 и 5 одну из двух образующих можно заменить переносом.

Два ряда определяют плоскость пространственной решетки или плоскую сетку. Бесконечные дискретные двумерные группы движений (группы симметрий повторяющихся узоров) отличаются от бесконечных одномерных групп тем, что содержат два независимых параллельных переноса, то есть переноса в неколлинеарных направлениях. Русский кристаллограф Е. С. Федоров показал, что существует в точности 17 таких двумерных групп. Символы, которые обозначают эти группы (см. табл. 2), взяты из Международных таблиц рентгенокристаллографии.

Простейшей двумерной группой является группа **p1** (рис. 66), порождаемая двумя независимыми переносами. Так как преобразование, обратное параллельному переносу, и произведение двух параллельных переносов также являются переносами, эта группа состоит только из параллельных переносов.

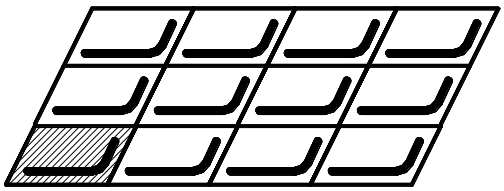


Рис. 66. Группа **p1**

Любая фигура, например фигура, показанная на рис. 66, переводится группой **p1** в бесконечное множество таких фигур, образующих двумерный узор. Обратно **p1** есть полная группа симметрий такого узора при условии, что сама фигура полно-

стью несимметрична, то есть её группа симметрий состоит из одного лишь тождественного преобразования.

Таблица 2

17 двумерных кристаллографических групп

№ п. п.	Обозначение	Образующие
1	**p1**	Два параллельных переноса
2	**p2**	Три центральные симметрии
3	**p3**	Два вращения на 120^0
4	**p4**	Центральная симметрия и вращение на 90^0
5	**p6**	Центральная симметрия и вращение на 120^0
6	**cm**	Осевая и скользящая симметрии с параллельными осями
7	**pm**	Две осевые симметрии и параллельный перенос
8	**pg**	Две скользящие симметрии с параллельными осями
9	**cmm**	Две осевые симметрии с перпендикулярными осями и одна центральная симметрия
10	**pmm**	Симметрия относительно четырёх сторон прямоугольника
11	**pmg**	Одна осевая и две центральные симметрии
12	**pgg**	Две скользящие симметрии с перпендикулярными осями
13	**p31m**	Симметрии относительно трёх сторон равностороннего треугольника
14	**p3m1**	Осевая симметрия и вращение на 120^0
15	**p4m**	Симметрии относительно трёх сторон прямоугольного равнобедренного треугольника
16	**p4g**	Осевая симметрия и вращение на 90^0
17	**p6m**	Симметрии относительно трёх сторон прямоугольного треугольника с углом 30^0

Если фигура представляет собой простую точку, узор называется двумерной решеткой. Характерным свойством такой решетки является то, что прямая, соединяющая любые две точки решетки, содержит множество других точек, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга, то есть одномерную решетку. Прямые, соединяющие узлы решетки, образуют мозаику из равных между собой параллелограммов, заполняющих всю плоскость без просветов и двойных покрытий (термин «мозаика» применяем для обозначения любого расположения многоугольников, полностью покрывающих всю плоскость и не перекрывающихся между собой, см. рис. 66). Типичный параллелограмм образован четырьмя точками. Параллельный перенос переводит этот параллелограмм в некоторый другой параллелограмм таким образом, что устанавливается взаимно однозначное соответствие между ячейками мозаики и преобразованиями

группы, обладающее тем свойством, что каждое преобразование группы переводит любую точку первоначального параллелограмма в точку, аналогичным образом расположенную относительно сторон нового параллелограмма. Поэтому типичный параллелограмм называют фундаментальной областью.

Выбор фундаментальной области весьма неоднозначен. Фундаментальной областью может служить любой параллелограмм с вершинами в точках решетки, не содержащих других точек решетки внутри или на контуре.

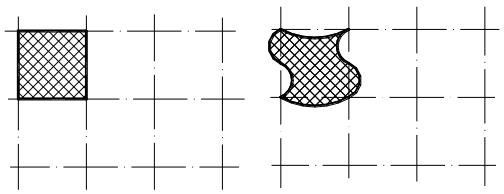


Рис. 67.

Фундаментальная область не обязательно должна быть параллелограммом. Например, можно заменить пары противоположных сторон парами кривых, совмещающихся параллельным переносом (рис. 67).

Однако независимо от того является ли она параллелограммом или любой другой фигурой, имеет ту же площадь, что единичный параллелограмм.

Любая выпуклая фундаментальная область группы параллельных переносов является центрально-симметричным многоугольником (параллелограммом или центрально-симметричным шестиугольником).

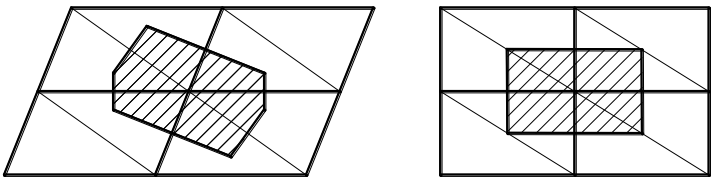


Рис. 68.

Мы можем выделить среди всех параллелограммов, являющихся фундаментальными областями (см. рис. 66, заштрихованная область), приведённый параллелограмм, имеющий самые короткие стороны. Переносы вдоль этих сторон называются приведёнными образующими группы. Соединив вершины приведённого параллелограмма и пары соответствующих вершин параллелограмма, придём к мозаике конгруэнтных нетупоугольных треугольников с вершинами в точках решетки. Каждая точка решетки принадлежит шести таким треугольникам (рис. 68). Соединив центры окружностей, описанных око-

ло шести треугольников, получим область Дирихле (или «многоугольник Вороного»). Такие области в совокупности заполняют всю плоскость и являются специальным видом фундаментальной области. Область Дирихле является центрально-симметричной. Её форма зависит от отношения длин образующих параллелограмма и угла между ними. Если этот угол прямой, то область Дирихле – прямоугольник (или квадрат). Во всех остальных случаях область Дирихле – шестиугольник (необязательно правильный, но имеющий, в силу центральной симметрии, равные и параллельные противоположные стороны).

Любая данная решетка симметрична относительно середины отрезка, соединяющего любые две точки решетки. Середины таких отрезков образуют решетку с более мелкими клетками, у которой образующие переносы вдвое короче.

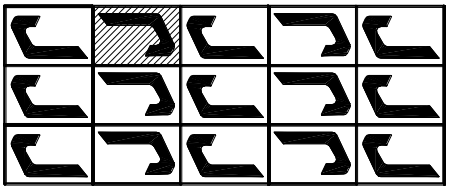


Рис. 69. Группа **p2**

В этом случае симметрии решетки исчерпываются переносами и центральными симметриями. Другими словами, группа симметрии **p2** (рис. 69) образуется из группы **p1** добавлением центральной симметрии (параллельный перенос является композицией двух центральных симметрий).

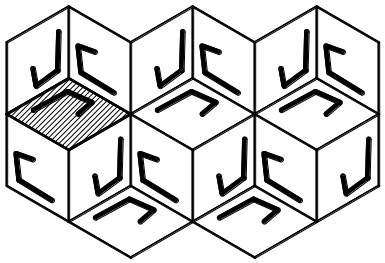


Рис. 70. Группа **p3**

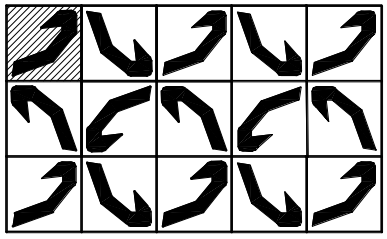


Рис. 71. Группа **p4**

Группы **p1** и **p2** являются двумя простейшими из 17 дискретных групп движений. Полное описание 17 двумерных групп заняло бы слишком много места. Поэтому представляется целесообразным привести только их наглядные изображения (рис. 70 – 84).

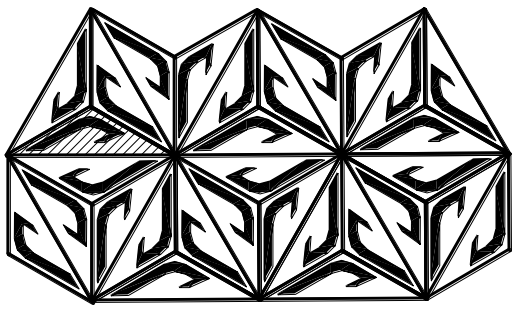


Рис. 72. Группа **p6**

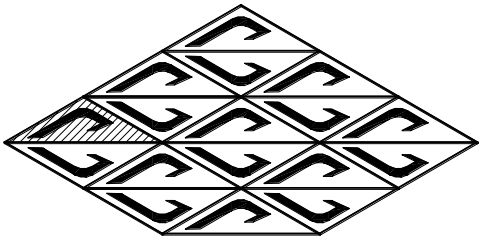


Рис. 73. Группа **cm**

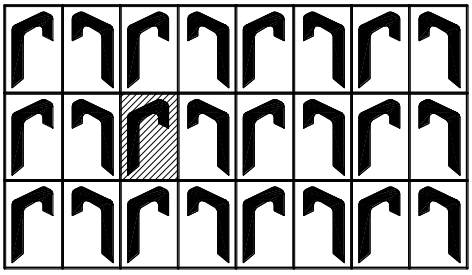


Рис. 74. Группа **pm**

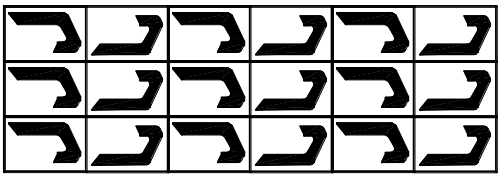


Рис..75. Группа **pg**

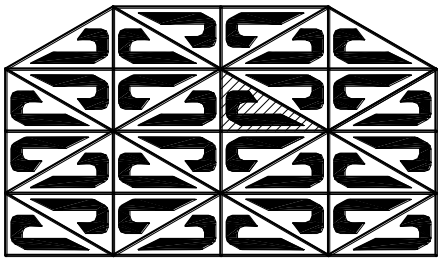


Рис. 76. Группа **cmm**

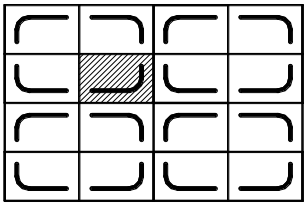


Рис. 77. Группа **pmm**

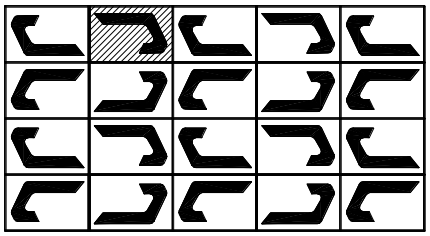


Рис. 78. Группа **pmg**

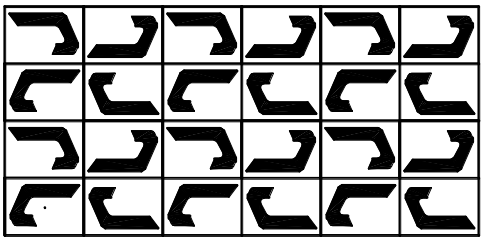


Рис. 79. Группа **pgg**

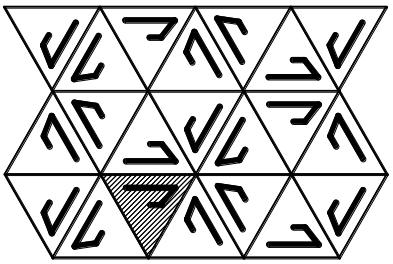


Рис. 80. Группа **p31m**

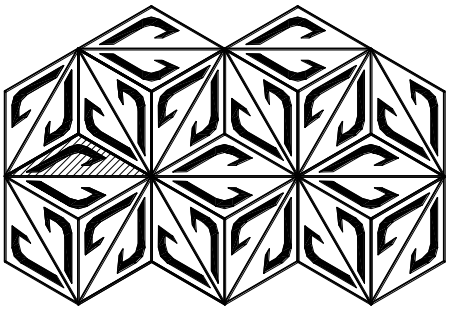


Рис. 81. Группа **p3m1**

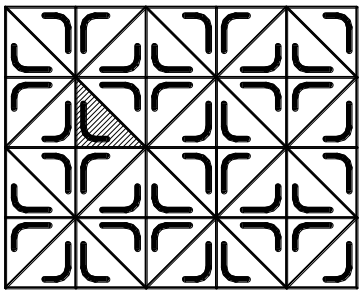


Рис. 82. Группа **p4m**

Заполнение плоскости многоугольниками (см. рис. 66 – 84) возможно в том случае, когда сетка состоит из параллелограммов (в частности ромбов, прямоугольных четырёхугольников, квадратов) и правильных треугольников (правильный шестиугольник складывается из шести правильных треугольников).

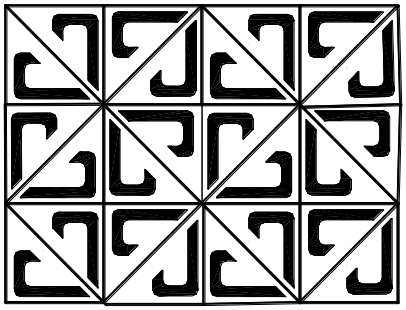


Рис. 83. Группа **p4g**

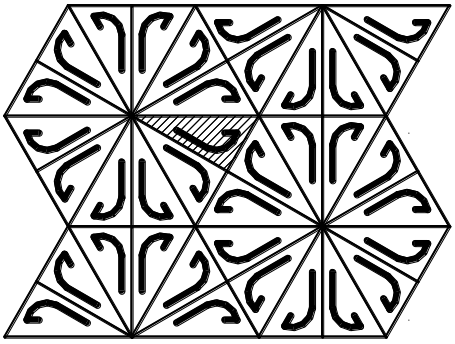


Рис. 84. Группа **p6m**

Известно, что единственно возможные порядки осей вращения, входящих в группу симметрий решетки, равны 2, 3, 4 или 6. Из пятиугольников сетку на плоскости построить нельзя. Следовательно, ось симметрии 5-го порядка в кристаллах невозможна. По той же причине невозможны и все оси порядка выше шести.

Уравнение:

$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}+\frac{1}{\gamma}=1,$$

где α, β, γ - порядки осей вращения, подтверждает возможные порядки осей вращения. Рассмотрим существующие вращения, при котором плоскость заполняется многоугольниками (четырёхугольниками или треугольниками), плотно прилегающими друг к другу, то есть без зазоров и наложений.

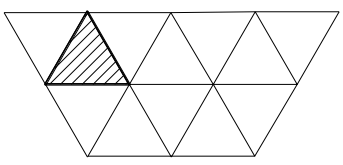


Рис. 85. Сеть **T**

Правильный треугольник (на рис. 85 этот треугольник заштрихован) имеет ось симметрии третьего порядка. Его зеркальное отражение, то есть такой же треугольник, имеющий ось симметрии 3-го порядка, который переходит в себя при поворотах вокруг оси на угол 120^0. Следовательно, возникает ещё

ось 3-го порядка. Таким образом, получаем равенство: ***1/3+1/3+1/3 = 1***, то есть сеть, которую обозначим буквой ***T***.

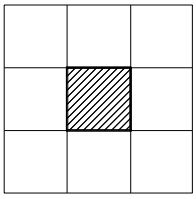


Рис. 86. Сеть ***Q***

Далее рассмотрим квадрат, то есть фигуру, обладающую осью симметрии 4-го порядка (рис. 86).

Пристроим к исходному квадрату (показан на рис. 86 штриховкой) ещё один квадрат, так, чтобы заданный квадрат переходил в другой квадрат при повороте на 180^0 вокруг некоторой оси 2-го порядка. Чтобы сохранить исходную симметрию заданного квадрата, необходимо окружить его ещё тремя квадратами (всего четыре квадрата). Таким образом, в этой конфигурации появляется ещё одна ось 4-го порядка, и в результате получаем равенство ***1/4 +1/2+1/4 = 1***, то есть сеть, обозначаемую буквой ***Q***.

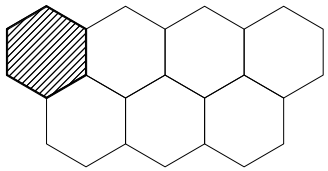


Рис. 87. Сеть ***S***

Правильный шестиугольник имеет ось симметрии 6-го порядка. Ось 2-го порядка переводит исходный шестиугольник в другой (рис. 87). Чтобы сохранить исходную симметрию шестиугольника, необходимо использовать ось симметрии 3-го порядка, переводящего шестиугольник в себя. Следовательно, получаем равенство для сети ***S***: ***1/6+1/2+1/3=1***.

Таким образом, единственно возможными случаями будут те, которые указаны в табл. 3.

Таблица 3

Двумерные сети

Наименование сети	$1/\alpha$	$1/\beta$	$1/\gamma$
T	1/3	1/3	1/3
Q	1/4	1/2	1/4
S	1/6	1/2	1/3
D	1/2	1/2	1/∞
U	1/1	1/∞	1/∞

Сети ***U*** и ***D*** отвечают, соответственно, группам симметрий тождественного преобразования и одномерных групп движений. Рассуждение легко закончить, показав, что сети ***T***, ***Q, S*** отвечают группам, связанным соответственно с рис. 70 – 72.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что представляет собой произведение двух центрально-подобных вращений?

2. Что представляет собой произведение двух скользящих симметрий?

3. Пусть точка ***B*** – середина отрезка ***AC***. Какие движения преобразуют:

а) отрезок ***AB*** в ***CB***; б) отрезок ***AB*** в ***BC***?

4. Постройте образ квадрата, описанного вокруг окружности инверсии.

5. Определите группы симметрий следующих узоров:

…p p p p…

…p b p b…

…b q b q…

…b d p q b d p q…

2. ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТЬ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ

Одно из основных понятий математики, которое зародилось в глубокой древности и постепенно расширилось и обобщилось, – это понятие числа. В связи со счётом отдельных предметов возникло понятие о ***целых положительных*** (***натуральных***) числах, а затем идея о бесконечности натурального ряда чисел 1, 2, 3,…. Задачи измерения длин, площадей, масс и т. п., а также выделение именованных величин привели к понятию ***рационального дробного*** числа. В связи с решением уравнений 1-й степени (линейных уравнений) введены по-

нятия об ***отрицательных*** числах. Понятие об отрицательных числах возникло ещё у индийцев в VI – XI вв.

Все целые и дробные положительные и отрицательные числа, включая нуль, называются рациональными.

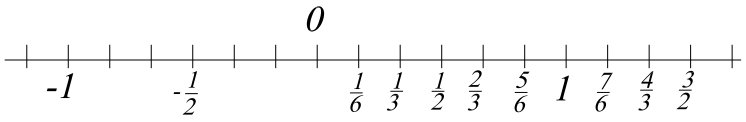


Рис. 88.

Для наглядности воспользуемся изображением чисел на прямой (рис. 88). Представим, что на прямой отмечены все точки с рациональными координатами. Говорят, что совокупность всех этих рациональных точек образует на числовой оси «всюду плотное множество». Другими словами, между любыми двумя рациональными точками имеется ещё, по крайней мере, одна рациональная точка. Примером может служить совокупность всех рациональных дробей, содержащихся между нулём и единицей, если сами эти два числа не включать. В самом деле, какова бы ни была правильная дробь, всегда существует ещё меньшая дробь, содержащаяся между нею и нулём, и большая, содержащаяся между нею и единицей. Однако когда мы обращаем рациональную дробь в десятичную, мы можем кроме конечных дробей получать ещё и бесконечные десятичные дроби, которые должны быть периодическими. Простейшим примером будет $\frac{1}{3} = 0{,}333\ldots$, период которой состоит из одной цифры 3, начинается непосредственно после запятой. Но тогда нет препятствий к тому, чтобы представить себе непериодическую десятичную дробь, цифры которой следуют друг за другом по какому-либо определённому закону. Каждый, конечно, признает такую дробь иррациональным числом. Исторически возникновение понятия иррационального числа начинается с Пифагора, который рассуждал следующим образом. Если мы имеем прямоугольный треугольник, в котором два катета равны единице длины $a=b=1$, то его гипотенуза имеет длину $\sqrt{2}$. Таким образом, мы геометрически построили такой отрезок, отложив который на числовой оси от нулевой точки,

мы придем к точке ***иррациональной***, то есть такой точке, которая не содержится в прежнем множестве рациональных точек. Другими словами, ***иррациональные числа – числа, несоизмеримые с единицей, а потому не могущие быть точно выраженными ни целыми, ни дробными рациональными числами***. К таким числам относятся числа $\pi = 3{,}1415926\ldots$ (значение числа «пи» с точностью до пятисотого знака имеется в Интернете), $e = 2{,}7182818\ldots$, $\sqrt{2} = 1{,}4142136\ldots$. Вообще, в большинстве случаев, гипотенуза $\sqrt{a^2 + b^2}$ прямоугольного треугольника, в котором катеты выражаются числами a и b, будет выражена иррациональным числом. На рис. 89 показано построение таких иррациональных чисел. Начертив квадрат и наложив его диагональ на сторону, получают $\sqrt{2}$; наложив на сторону этого прямоугольника его диагональ, – получают $\sqrt{3}$ и т. д. Строят ряд так называемых динамических прямоугольников со сторонами $\sqrt{1}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$ и т. д.

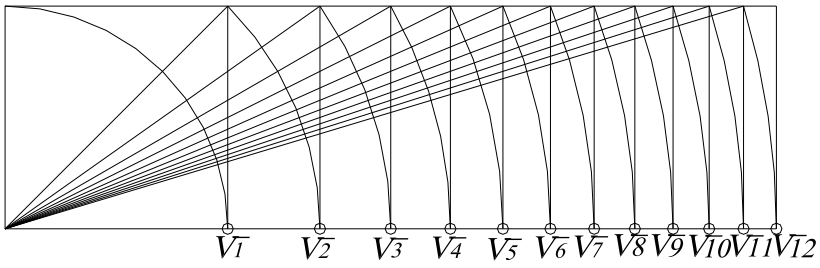


Рис. 89.

Школа Пифагора очень усердно занималась изысканием таких пар чисел a и b, которым соответствует рациональная гипотенуза; это так называемые пифагоровы числа, примером которых являются числа 3, 4, 5.

Рациональные и иррациональные числа составляют совокупность ***действительных чисел***.

В связи с решением квадратных и кубических уравнений в XVI в. возникли ***комплексные числа***. Лишь в XIX в. пришли к логическому пониманию сущности комплексных чисел. Здесь прежде всего надо указать на геометрическую интерпретацию, к которой почти одновременно пришли многие исследователи. Наиболее глубоко проник в сущность вопроса Гаусс.

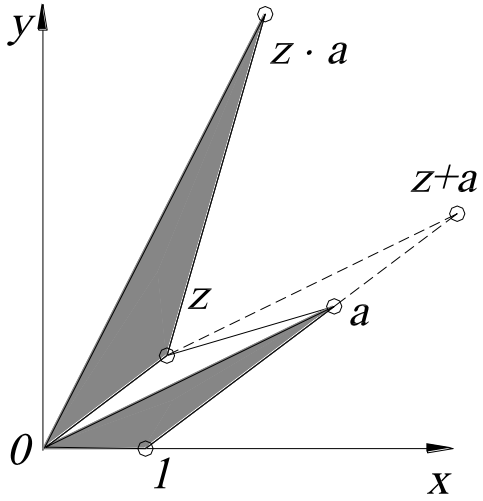


Рис. 90.

Комплексное число – это число вида $x+iy$, где x и y – действительные числа, i – так называемая мнимая единица (число, квадрат которого равен минус единице $i^2=-1$). Совокупность точек плоскости в декартовой системе координат x, y рассматривают как изображение совокупности комплексных чисел $x+iy$. Геометрически каждое комплексное число $x+iy$ изображается точкой на плоскости, имеющей прямоугольные координаты x и y.

Рассмотрим геометрическое толкование операций над комплексными числами. Сумма произвольных чисел $z+a$ получается тогда посредством известного построения параллелограмма по соответствующим этим числам точкам и по началу координат O. Здесь, точнее сказать, речь идёт о сложении двух векторов, изображаемых направленными отрезками, идущих от нулевой точки O к точкам a и z (если эти векторы коллинеарны, то «параллелограмм» вырождается (рис. 90)). Произведение $z\cdot a$ получается при помощи точки-единицы 1 ($x=1, y=0$) посредством построения треугольника, подобного треугольнику $a01$. Другими словами, сложение $z'=z+a$ изображается параллельным переносом, а умножение $z'=z\cdot a$ - подобным преобразованием, то есть центрально-подобным вращением (поворотным расширением) при неподвижном начале O.

Если полярные координаты точки обозначить через r и φ, то соответствующее комплексное число можно представить в виде $r(\cos\varphi+i\sin\varphi)$, где $r=\sqrt{x^2+y^2}$ - модуль комплексного числа $x+iy$, φ - аргумент комплексного числа.

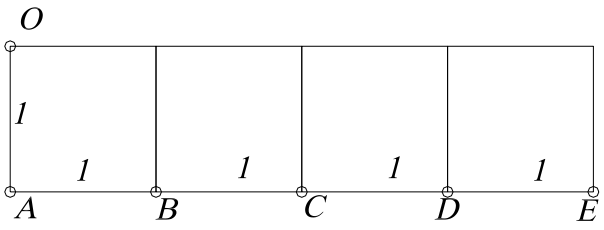
2.2. ПРОПОРЦИИ

Природа создала человека, соблюдая постоянные отношения частей к целому. Леонардо да Винчи исследовал пропорциональность человеческого тела. В его рисунках имеется изображение фигуры человека с распростертыми руками, вписанной в квадрат и в окружность, которое подтверждает отношение частей к целому. В отношении архитектуры Микеланджело говорил, что тот, кто знает анатомию человеческого тела, в состоянии понять внутреннее соответствие архитектурного целого, где каждая отдельная часть требует соответствующего отношения к прилегающей части и не одна из них не должна быть создана без правильного соотношения с целым.

Пропорции – это одно из средств создания элементов, что приводит к гармонии.

Как известно, в математике пропорцией называется равенство двух отношений: ***a : b = c : d***. Известны простые отношения и иррациональные.

ПРОСТЫЕ ОТНОШЕНИЯ (ПРОПОРЦИИ) – это отношения, в которых зависимость двух величин выражается дробным числом, где числитель и знаменатель – целые числа. Например, ***1:1***, ***1:2***, ***1:3***, ***1:4***, ***1:5***,…. На отношении ***1:1*** строятся простейшие геометрические формы – квадрат, куб. Остальные отношения дают в прямоугольной форме построение квадрата целое число раз, при этом меньшая величина служит единицей измерения (модулем) большей (рис. 91).

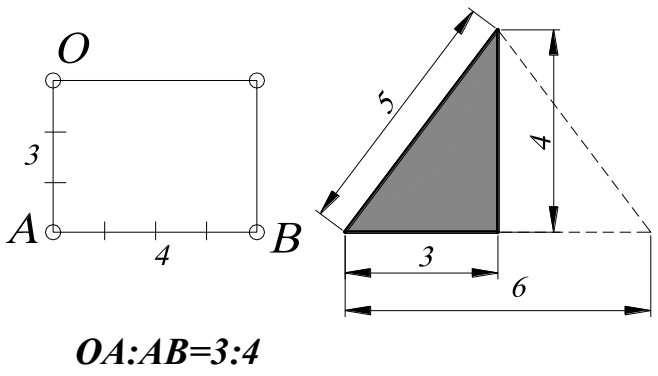


OA:AB=1:1; OA:AC=1:2;
OA:AD=1:3; OA:AE=1:4.

Рис. 91.

Простые отношения – ***2:3***, ***3:4***, ***2:5***, ***3:5***, ***5:6*** и т. п. содержат единицу измерения – модуль, укладывающийся не целое число раз в каждой пространственной величине, входящей в отношение. Примерами простых отношений могут служить сле-

дующие формы: полтора квадрата, два с половиной квадрата (рис. 92, *а*), отношение сторон в «египетском треугольнике» (рис. 92 ,*б*).



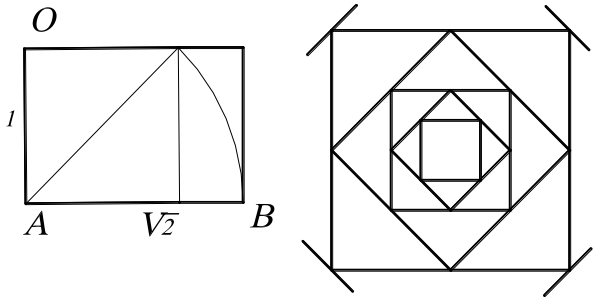
OA:AB=3:4

а *б*

Рис. 92.

ИРРАЦИОНАЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ. Эти отношения основываются на простой геометрической закономерности их построения. Такими отношениями являются следующие отношения.

Отношение диагонали квадрата к его стороне: ***OA:AB = 1:*** $\sqrt{2}$ (рис. 93, *а*). На рис.93, *б* приводится построение ряда отношений ***1:*** $\sqrt{2}$, где сторона описанного квадрата равна диагонали вписанного. Таким образом, имеем бесконечный ряд величин, построенных на отношении ***1:*** $\sqrt{2}$. К числу иррациональных отношений принадлежит ***1:*** $\sqrt{5}$ - отношение диагонали прямоугольника, составленного из двух квадратов, к его короткой стороне.

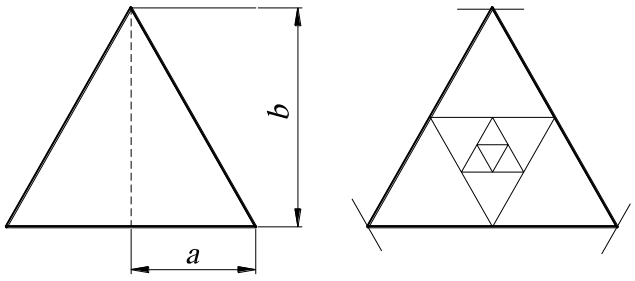


OA:AB=1: $\sqrt{2}$

а *б*

Рис. 93.

Иррациональным отношением является отношение высоты равностороннего треугольника к половине его основания ***a : b=1*** : $\sqrt{3}$ (рис.94, *а*). В ряде вписанных треугольников имеется бесконечный ряд величин (рис. 94, *б*).



а *б*

Рис. 94.

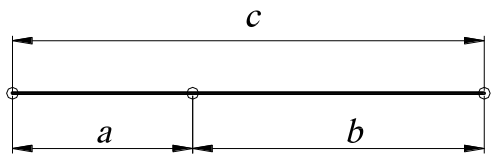
2.3. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ

В математике это сечение называют делением в крайнем и среднем отношении. Эта пропорция характерна для многих творений природы. Многие знаменитые произведения архитектуры и художественного творчества созданы по законам «золотого сечения».

«Геометрия владеет двумя сокровищами: одно из них – это теорема Пифагора, а другое – деление отрезка в среднем и крайнем отношении…. Первое можно сравнить с мерой золота; второе же больше напоминает драгоценный камень»*

Евклидово построение правильного пятиугольника опирается на деление отрезка в отношении $\tau : 1$, где $\tau = \frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1{,}618033...$. Другими словами, у пятиугольника ***ADCDE*** со стороной, равной единице, диагонали равны τ (рис. 95).

Золотое сечение – это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей; или, другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший – ко всему (см. рис. 95).



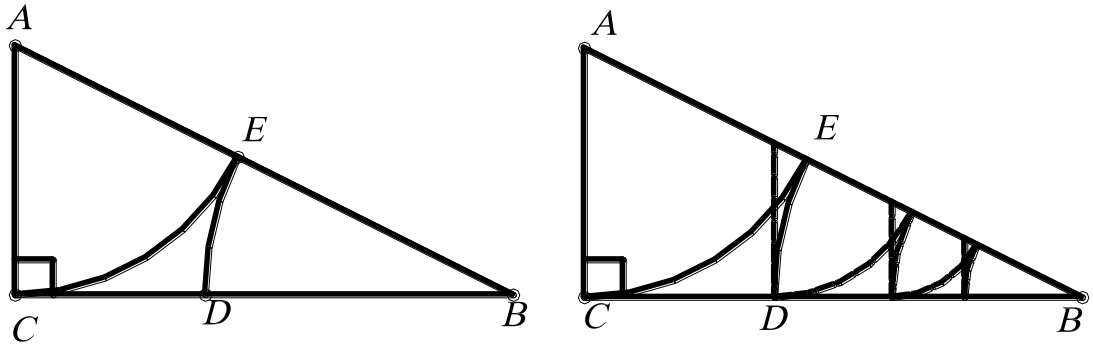
$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} \quad \text{или} \quad \frac{c}{b} = \frac{b}{a}$$

Рис. 95.

На рис. 96, *а* изображён один из способов построения по данному отрезку ***BC*** точки ***D***, которая делит отрезок ***BC*** в отношении «золотого сечения», то есть $\frac{BD}{DC} = \frac{BC}{BD}$ или $\frac{DC}{BD} = \frac{BD}{BC}$. Для построения точки ***D***, принадлежащей отрезку ***BC*** и делящей этот отрезок ***BC*** в пропорции «золотого сечения», строится прямоугольный треугольник ***ABC***, где

* Кеплер И. (Kepler J.). Gesammelte Werke, t. 1, 2, 3, Munchen, 1938, 1939, 1941.

сторона $AC = \frac{1}{2}BC$. Затем строится точка ***E***: с помощью циркуля отрезок ***AC*** откладывается на стороне ***AB***, при этом ***AC=AE.*** Построение точки ***D*** выполняется вращением точки ***E*** вокруг точки ***B***, то есть ***BE=BD***.



а *б*

Рис. 96.

Отрезки «золотого сечения» выражаются иррациональной дробью ***BD=0,618…***, если ***BC*** принять за единицу, тогда ***CD=0,382…***. Для практических целей часто используют приближённые значения, то есть ***0,62*** и ***0,38***. Если отрезок принять за сто частей, то большая часть отрезка равна ***62***, а меньшая – ***38*** частям. В литературе можно встретить названия ***майор*** и ***минор***. Майор – это обозначение большей части, а минор – меньшей части.

Деление по «золотому сечению», проделанное над основным целым, может быть продолжено до бесконечности, давая непрерывный ряд пропорций по «золотому сечению», путём откладывания каждый раз минор на соответствующий майор (см. рис. 96, *б*).

Построение правильного пятиугольника основано на построении пропорций «золотого сечения», так как диагонали правильного пятиугольника делятся в отношении «золотого сечения». На рис.97, *а* показано построение правильного пятиугольника. Пусть ***O*** – центр описанной окружности, ***A*** – точка на окружности и ***E*** – середина отрезка ***OA***. Перпендикуляр к радиусу ***OA***, восстановленный в точке ***O***, пересекает окружность в точке ***D***. Пользуясь циркулем, откладывают на диаметре отрезок ***CE***, равный отрезку ***ED***. Длина стороны вписанного в окружность правильного пятиугольника равна ***DC***. Откладывая на окруж-

ности отрезки ***DC***, получают пять точек, которые являются вершинами правильного пятиугольника. При этом отрезок ***OC***, равный отрезку ***BD***, будет являться стороной вписанного в эту окружность правильного десятиугольника.

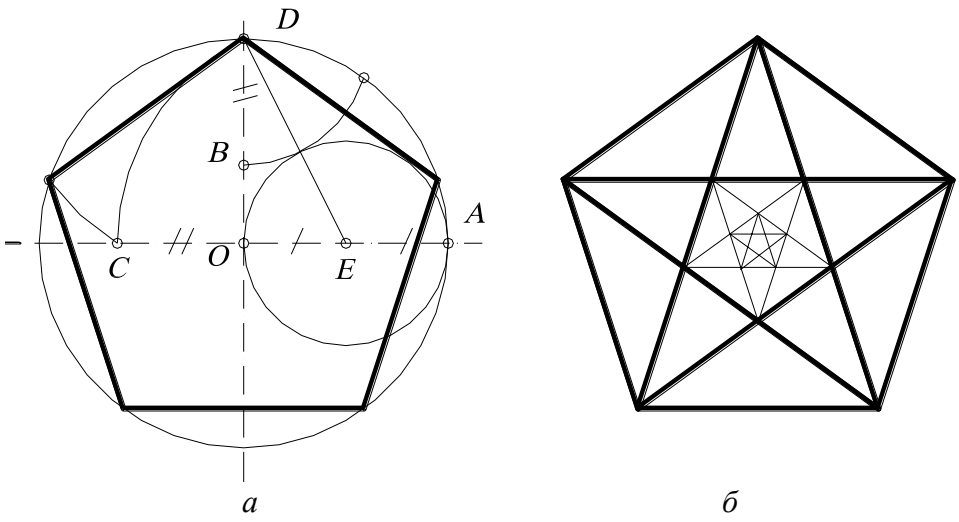


Рис. 97.

Соединяя вершины правильного десятиугольника через одну, получают фигуру, называемую пентаграммой (на рис.97, *б* пентаграмма выделена толстыми линиями). В ряде вписанных пентаграмм, строится ряд величин, связанных между собой «золотым сечением». Таким образом, нетрудно убедиться в том, что отношение «золотого сечения» позволяет получать бесконечный пропорциональный ряд, в котором каждый член есть сумма двух предыдущих. Причём эта сумма относится к большему слагаемому точно так же, как большее слагаемое – к меньшему.

Вообще говоря, на соотношении стороны диагонали квадрата и прямоугольника, образованного из двух квадратов, могут быть развиты связанные, взаимопроникающие ряды, составленные из простых и иррациональных чисел.

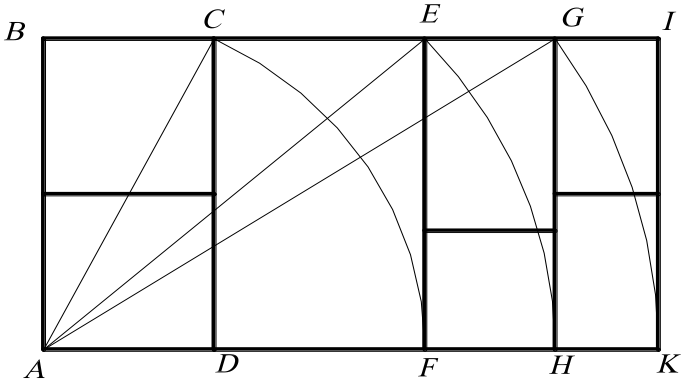


Рис. 98

Построение показывает, как, откладывая на продолжении прямоугольника ***ABCD***, составленного из двух квадратов, получают прямоугольник ***ABEF***, соотношение сторон которого равно $2:\sqrt{5}$ (рис. 98). Одновременно возникает

прямоугольник ***CDEF*** - прямоугольник «золотого сечения». Диагональ ***AE***, отложенная на продолжении стороны ***AF***, определит сторону нового прямоугольника ***ABHG***. Соотношение его сторон - $2:3$. Часть его – ***CDGH*** – квадрат. Таким образом. Повторяя один и тот же приём построения, приходят сначала к целочисленным отношениям, затем к иррациональным и вновь возвращаются к целочисленным. Следующий цикл операций приводит к иррациональным отношениям, причём прямоугольник ***GHIK*** будет состоять из двух прямоугольников «золотого сечения».

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дан отрезок прямой единичной длины. Используя пропорциональность, постройте точки с координатами: $\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{7}{9}$.

2. Дан правильный пятиугольник со стороной ***a***. Используя пропорциональность, построить правильный пятиугольник со стороной ***b***, радиус описанной окружности которого равен ***r***.

3. МЕТОДЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

При обсуждении метода изображения начертательной геометрии нас прежде всего интересуют четыре вопроса: ***1) что***, ***2) чем***, ***3) на чём*** и ***4) каким способом изображается?*** Другими словами: 1) какое множество служит областью отправления отображения, 2) какое множество – областью прибытия, 3) какое множество является исходным для конструирования области прибытия и 4) по какому правилу сопоставляются элементы области прибытия (прообразы и образы)?[*]

[*] Пеклич В. А. Высшая начертательная геометрия. М., 2000. 173 с.

3.1. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА МОНЖА

Этот метод предложил в конце XVIII в. французский математик, инженер и политик Гаспар Монж. В основе этого метода лежит ортогональное проецирование.

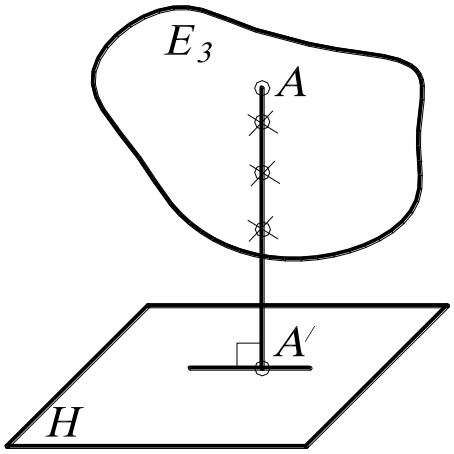


Рис. 99.

Ортогональной (или ***прямоугольной***) проекцией точки ***A*** (рис. 99) на плоскость ***H*** называют основание перпендикуляра A', опущенного из точки ***A*** на плоскость ***H***. Точку ***A*** называют оригиналом, плоскость ***H*** – плоскостью проекций, отрезок прямой AA' - проецирующей прямой. Иногда оригиналы называют ***прообразами***, проекции – ***образами***, а соответствие между ними – ***отображениями***.

Получаемый при этом на плоскости ***H*** чертёж ***необратим***, так как соответствие между оригиналом ***A*** и проекцией A' однозначно только в одну сторону. Оригиналу соответствует единственная проекция ***A***, но проекции точки A' соответствует бесчисленное (однопараметрическое) множество точек на проецирующей прямой AA'. Поэтому Гаспар Монж вводит вторую взаимно перпендикулярную плоскость проекций. На рис. 100 изображе-

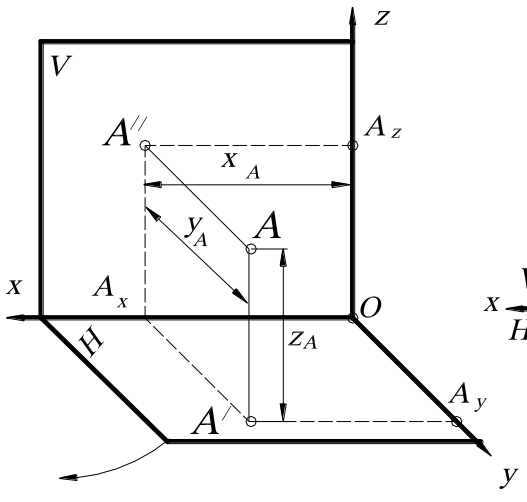


Рис. 100.

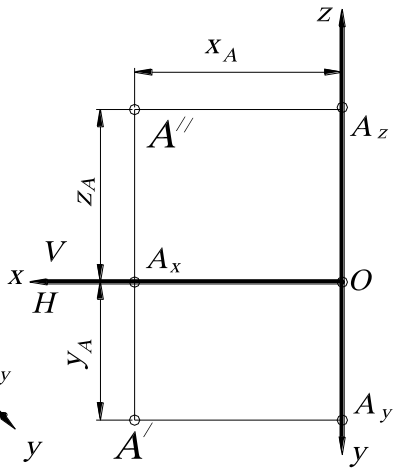


Рис. 101.

на* прямоугольная декартова система с координатными осями x, y, z. Плоскости xy и xz обозначаются H и V. Плоскость H называется горизонтальной плоскостью проекций, а V – фронтальной плоскостью проекций. Плоскость V расположена в пространстве вертикально, а плоскость H – горизонтально. Ортогональные проекции точки A на эти плоскости обозначаются: A' - горизонтальная проекция точки; A'' - фронтальная проекция точки. Перпендикуляры, опущенные из проекций A' и A'' на ось x, пересекаются в точке A_x.

Совмещая плоскости V и H с построенными в них проекциями поворотом плоскости H вокруг оси x на 90^0 так, чтобы эти плоскости совпали, получают ***чертёж*** (или ***эпюр***) Монжа (рис. 101). Проекции A' и A'' расположены на эпюре на вертикальной прямой $A'A'' \perp x$, называемой ***линией проекционной связи***, или, коротко, ***линией связи***.

Построенный по таким правилам чертёж, состоящий из пары проекций, расположенных на одной линии связи, обратим, то есть соответствие между оригиналом и чертежом однозначно в обе стороны. Так по рис.101 можно определить координаты x, y и z точки A (расстояния от точки A до координатных плоскостей yz, zx, xy соответственно), равные длинам $x=OA_x$, $y=A_xA'$, $z=A_xA''$.

Кроме горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций (в черчении их называют видом сверху и видом спереди) иногда строят третью проекцию – ***профильную*** (вид слева). Координатную плоскость yz обозначают W и называют профильной плоскостью проекций (рис. 102). Построив профильную проекцию A''', поворачивают W вокруг оси z на 90^0 и получают эпюр, содержащий три проекции (рис.103). При этом третья проекция располагается в проекционной связи с первой и со второй. Новой информации об оригинале эта проекция не добавляет, она является зависимой и лишь делает имеющуюся информацию

* Рядом с чертежами будем давать наглядные изображения, по которым легче представить, что на них изображено. Такие изображения (рис. 100, 102, 104 и др.) выполняются по правилам аксонометрии, которая рассматривается в параграфе 3.3.

более удобной, то есть, имея профильную проекцию, легче догадаться, что изображено на чертеже.

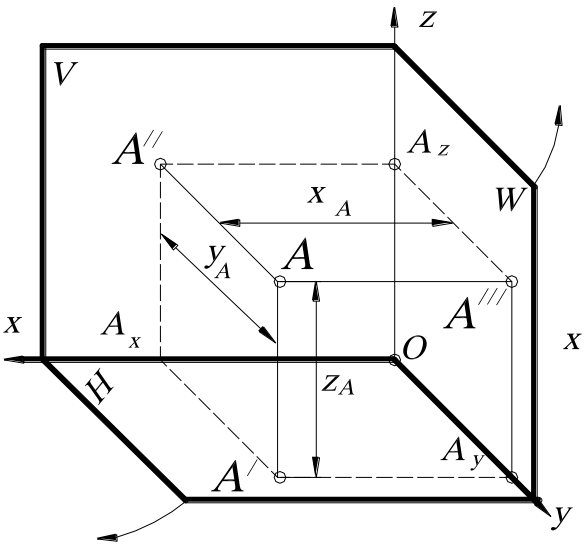


Рис. 102.

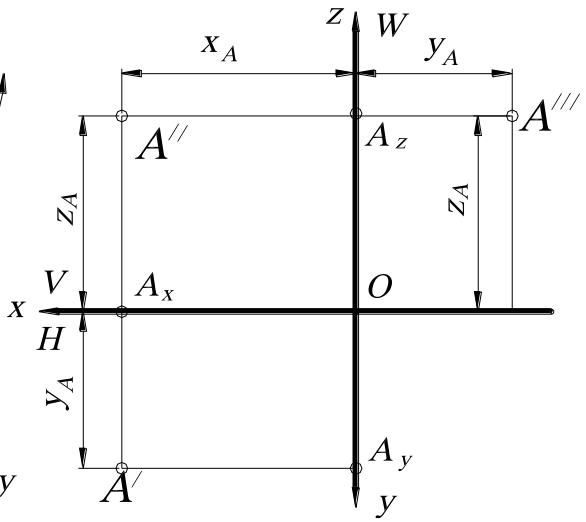


Рис. 103.

Таким образом, для чертежа Монжа областью отправления служит трёхмерное евклидово пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях проекционной связи (прямых пучка с несобственным центром), которое является подмножеством декартова квадрата плоскости чертежа. Другими словами, прообразом точки ***A***, принадлежащей трёхмерному пространству при отображении, назначается пара её образов A' и A'' на две плоскости проекций (лежащих на одной линии связи), представляющих собой произведение определённых проецирований и сечений.

3.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

В этом методе изображения только одна плоскость проекций, которая расположена горизонтально. Точку пространства задают на чертеже её ортогональной проекцией на плоскость ***xOy*** (горизонтальной проекцией) и числовой отметкой этой точки, равной расстоянию от точки до плоскости проекций. Отметку пишут в виде индекса справа внизу у обозначения проекции точки. На

рис. 104 предполагается, что отрезок проецирующей прямой AA_3 перпендикулярен плоскости проекций ***xOy*** (или ***основная плоскость проекций***) и пересекает эту плоскость в точке A_3. Длина отрезка AA_3 равна трём метрам (отметки обычно указывают в метрах). Перед отметками точек, расположенных под плоскостью ***xOy***, пишут знак «минус».

Другими словами, плоскость ***xOy*** – это плоскость ***z=0*** (её часто называют ***плоскостью нулевого уровня***)*, а отметка точки – это координата ***z*** этой точки.

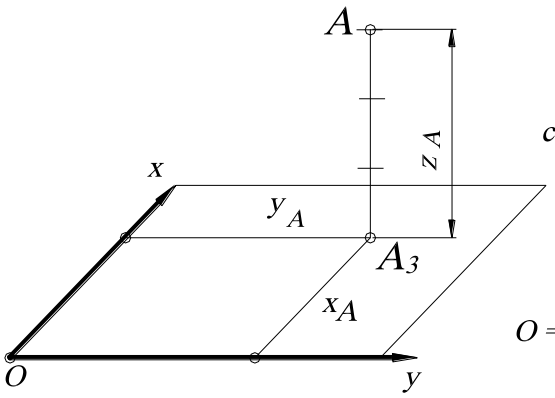


Рис. 104.

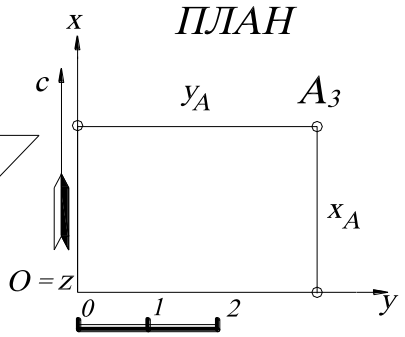


Рис. 105.

На рис. 105 показан чертёж точки A_3 в проекциях с числовыми отметками. Такие чертежи обычно называют ***планами***. Система координат ***xOy*** на плане располагается так, что ось ***Ox*** параллельна осевому меридиану, совпадающему с северным направлением, а ось ***Oy*** совпадает с направлением на восток. План дополняется линейным масштабом, который определяет единицу измерения по оси ***z***.

От такого чертежа легко перейти к чертежу Монжа, считая, что плоскость ***xOy*** в методе Монжа совпадает с плоскостью ***H*** (при этом проекция A' совпадает с проекцией A_3): выбрав произвольно ось проекций ***x*** (что соответствует произвольному выбору фронтальной плоскости проекций ***V***), провести перпендикулярно ей линию проекционной связи и, отложив на ней от оси ***x*** координату $z_A=3$, получить проекцию A''. Очевидно, что чертёж (см. рис. 105), на кото-

* За абсолютную нулевую отметку для европейской части России принимают уровень Балтийского моря.

ром задана точка A_3, обратим – этой проекцией однозначно определяется оригинал A.

Таким образом, в проекциях с числовыми отметками ***областью отправления*** является пространство E_3, а ***областью прибытия*** – декартово произведение множества точек плоскости чертежа и множества вещественных чисел. В этом отображении точке $A \in E_3$ сопоставляется пара её образов A_3 и z_A, переводящие оригинал A в её горизонтальную проекцию A_3 и в координату z_A.

3.3. АКСОНОМЕТРИЯ

Аксонометрические проекции относят к наглядным изображениям, построенным на одной плоскости проекций (картине) методом параллельного* проецирования объекта и жестко связанной с ним системы трёх взаимно перпендикулярных осей координат. Аксонометрию используют в тех случаях, когда требуется дать более наглядное, по сравнению с чертежом Монжа (или проекций с числовыми отметками), изображение, по которому легче представить оригинал. Слово «аксонометрия» буквально означает «измерение по осям». На аксонометрическом чертеже имеются проекции координатных осей, и проекции точек в аксонометрии строят, откладывая по осям координаты этих точек.

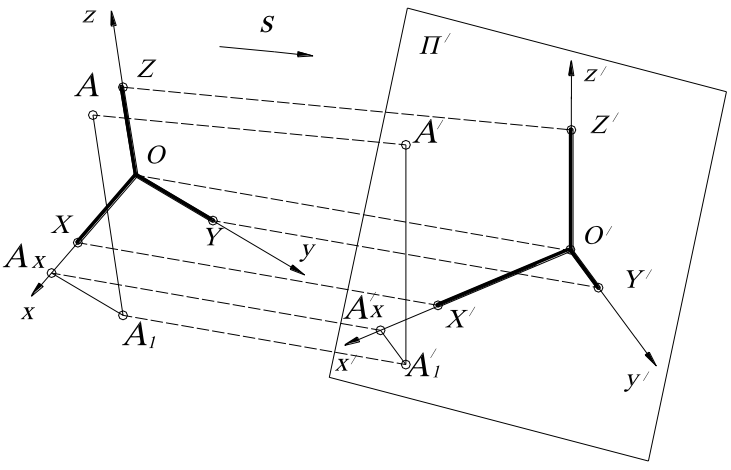


Рис. 106.

На проецируемом объекте (рис. 106) – точка A – выбирают прямоугольную (декартову) систему координат, жестко связанную с данным объектом. Пусть OX, OY, OZ –

* Аксонометрическая проекция может быть и центральной (перспектива), но здесь и далее будем иметь в виду параллельную аксонометрическую проекцию.

единичные отрезки этой системы координат ***Oxyz***, то есть равные единице длины (например, 1 см, 1 дм и т. п.) попарно перпендикулярные отрезки, отложенные от начала координат ***O*** по координатным осям ***x***, ***y***, ***z***. В аксонометрии их принято называть ***натуральными масштабами***, а систему координат – ***натуральной системой координат***. Пусть далее A_1 – ортогональная проекция точки A на плоскость ***xy*** (горизонтальная проекция), а A_x - ортогональная проекция точки A_1 на ось ***x***, то есть OA_xA_1A – координатная (натуральная) ломаная точки A, звенья OA_x, A_xA_1, A_1A которой равны координатам ***x***, ***y***, ***z*** точки A.

После этого расположим в пространстве плоскость ***аксонометрических проекций*** (или ***картинную плоскость***) Π' и выберем направление проецирования ***s***. Если угол между Π' и ***s*** отличен от прямого, то аксонометрию называют ***параллельной*** или ***косоугольной***, если $s \perp \Pi'$, то ***прямоугольной*** или ***ортогональной***.

Спроецировав точку A вместе с системой координат и координатной ломаной на плоскость Π', получают:

- проекцию A' точки A, которая называется аксонометрической проекцией, или аксонометрией точки A;

-проекции x', y', z' осей ***x***, ***y***, ***z***, называемые аксонометрическими осями;

-проекции $O'X'$, $O'Y'$, $O'Z'$, называемые аксонометрическими масштабами;

-проекцию $O'A_xA_1'A'$ координатной ломаной – аксонометрическая координатная ломаная, звенья которой $O'A_x'$, $A_x'A_1'$, $A_1'A'$ - это аксонометрические координаты точки A.*

Точку A_1' называют ***вторичной проекцией***** точки A или основание точки A (рис. 107), поскольку это проекция проекции, а именно аксонометрическая проекция горизонтальной проекции A_1 точки A.

---

* Проекции в аксонометрии обозначают, добавляя штрих (′) к обозначению соответствующего оригинала.

** Термин ввёл проф. В.И. Курдюмов.

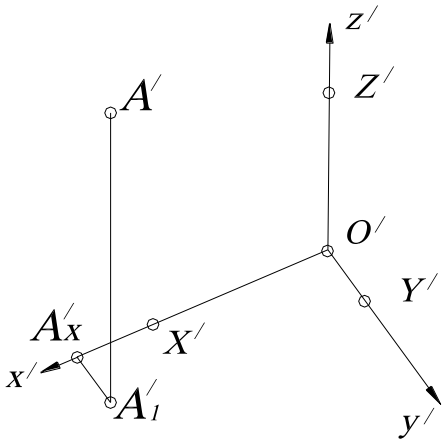


Рис.107

Таким образом, на аксонометрическом чертеже должны быть заданы аксонометрические оси и масштабы и две проекции точки A – аксонометрическая A' и вторичная A_1', расположенные на линии проекционной связи, параллельной оси z'.

Одной только аксонометрической проекцией A' оригинал не определён – ей соответствуют все точки проектирующей прямой $A'A \parallel s$ (см. рис. 106). Двум же проекциям A' и A_1' при условии, что $A'A_1' \| z'$, соответствует однозначно определённый оригинал A. В самом деле, проведя через точки A' и A_1' прямые $A'A$ и $A_1'A_1$, параллельные направлению проецирования s (см. рис.106), находят на пересечении прямой $A_1'A_1$ с плоскостью xy точку A_1, проводят через неё прямую $A_1A \parallel z$ и получают точку $A=A_1A \cap A'A$.

Это означает, что построенный по таким правилам чертёж обратим, то есть оригиналу A однозначно соответствуют две проекции A' и A_1', и двум проекциям A' и A_1' однозначно соответствует оригинал A. Чертёж даёт полную информацию об оригиналах, и задачи могут быть однозначно переведены на язык изображений.

ПОКАЗАТЕЛИ ИСКАЖЕНИЯ. Отношения $\frac{O'X'}{OX}=k_x$; $\frac{O'Y'}{OY}=k_y$; $\frac{O'Z'}{OZ}=k_z$ аксонометрических масштабов называют ***показателями искажения по осям x, y, z***.

На практике обычно вместо аксонометрических масштабов задают показатели искажения по осям и строят проекции A' и A_1', то есть откладывают вдоль аксонометрических осей натуральные координаты точки A, помноженные на соответствующие коэффициенты искажения k_x, k_y, k_z. Натуральные координ-

наты обычно берут с чертежа Монжа или с чертежа в проекциях с числовыми отметками.

Выбирать произвольно аксонометрические оси и показатели искажения можно на основании ***теоремы Польке***, которая гласит: ***три выходящих из одной точки, произвольных отрезка на плоскости можно считать параллельной (косоугольной) аксонометрической проекцией****. Другими словами, произвольно можно выбирать направление проецирования ***s*** и расположение картинной плоскости Π'.

Однако есть некоторые ограничения этого произвола:

1. Направление проецирования должно быть не параллельно ни одной из координатных осей. В противном случае ось спроецируется в точку, то есть один из коэффициентов будет равен нулю, а это уже не «измерение по осям».

2. Направление проецирования должно быть не параллельно ни одной из координатных плоскостей. Если задать направление проецирования параллельно одной из координатных плоскостей, то эта плоскость и все параллельные ей плоские фигуры оригинала спроецируются в прямые, и будет утрачено основное преимущество аксонометрии – наглядность.

Практически применяется всего несколько видов косоугольной аксонометрии, перечислим их. Если все три показателя искажения равны: $k_x = k_y = k_z$, то такую аксонометрию называют ***изометрией***; ***диметрия*** – если равны только два коэффициента искажения ($k_x = k_z \neq k_y$); ***триметрия*** – если никакие коэффициенты не равны: $k_x \neq k_y \neq k_z$.

Если картинную плоскость Π' расположить параллельно координатной плоскости ***xz*** (фронтальной плоскости проекций ***V***), то при *любом направлении проецирования* ***s*** фигуры, расположенные в плоскости ***xz*** и в параллельных ей плоскостях, будут изображаться без искажения. Это означает, что $k_x = k_z = 1$,

* Доказательство этой теоремы см. Глазунов Е. А., Четверухин Н. Ф. Аксонометрия. М., 1953.

такая аксонометрия называется ***косоугольной фронтальной диметрией***; если $k_y = 0,5$ - ***кабинетной проекцией*** (рис. 108). Если же вдобавок направление проецирования ***s*** наклонено к плоскости Π' под углом 45^0, то $k_y = 1$, и аксонометрия называется ***косоугольной фронтальной изометрией***, или ***кавальерной проекцией*** (рис. 109).

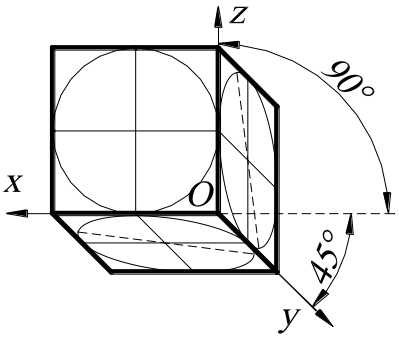


Рис. 108.

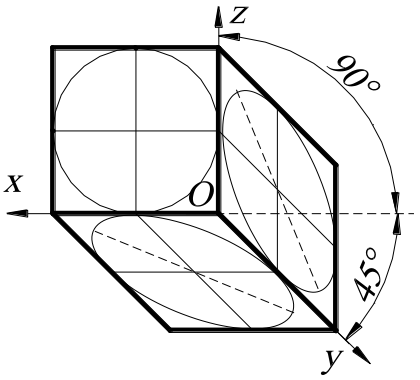


Рис. 109.

Если $\Pi' \| xy$ и угол между направлением проецирования ***s*** и картинной плоскостью Π' составляет 45^0, то $k_x = k_y = k_z = 1$, и такую аксонометрию называют ***косоугольной горизонтальной изометрией***, или ***военной перспективой*** (рис. 110) и ***лягушачьей перспективой*** при виде сверху (рис. 111).

Во всех перечисленных проекциях две аксонометрические оси взаимно перпендикулярны, а третью можно выбрать произвольно, но обычно её направляют в соответствии с ***ГОСТ 2.317-69***.

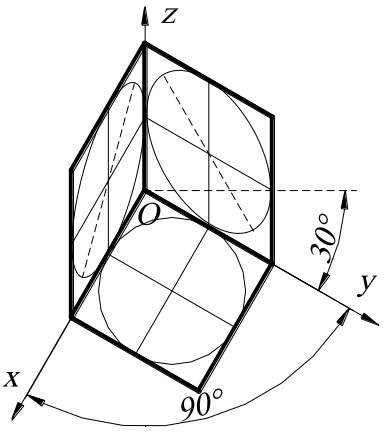


Рис. 110.

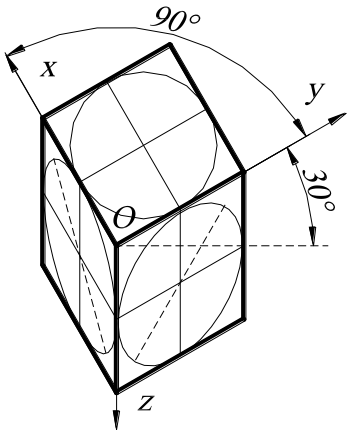


Рис. 111.

ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЯ И ДИМЕТРИЯ

Для вычерчивания наглядных изображений технических деталей и сооружений чаще всего применяют ***прямоугольную изометрию***, в которой $k_x = k_y = k_z$ (рис. 112), и ***прямоугольную диметрию***, в которой $k_x = k_z \neq k_y$ (рис. 113).

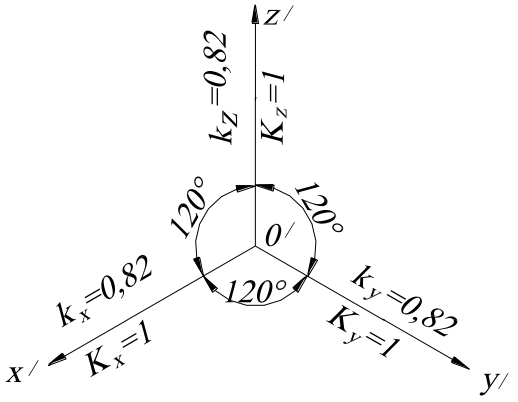


Рис. 112.

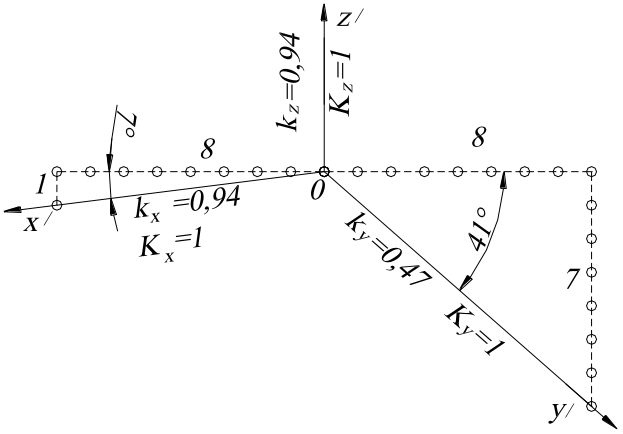


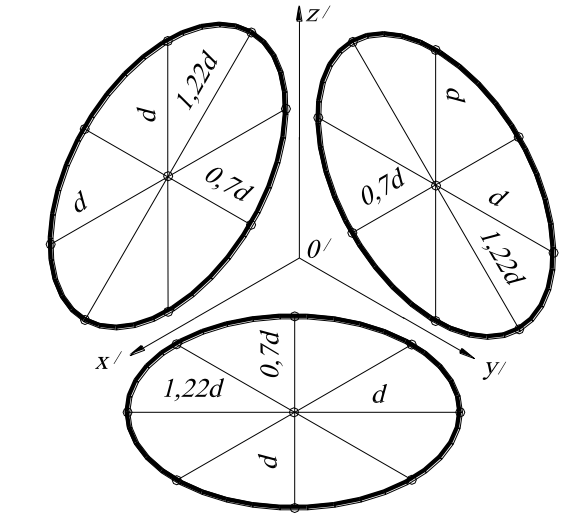
Рис. 113.

Прямоугольная изометрия получается в том случае, когда картинная плоскость Π' равнонаклонена к натуральным осям x, y, z. При этом аксонометрические оси x', y' z' образуют углы 120^0. Все три показателя искажения в прямоугольной изометрии равны: $k_x = k_y = k_z = 0{,}82$, и при построении все три координаты точки нужно умножить на $0{,}82$. На практике для удобства обычно пользуются так называемыми ***приведёнными показателями искажения*** $K_x = K_y = K_z = 1$, округляя $0{,}82$ до 1 (см. рис. 112). При этом аксонометрический чертёж увеличивается в $1:0{,}82 \approx 1{,}22$ раза, и говорят, что он выполнен в ***аксонометрическом масштабе 1,22:1***.

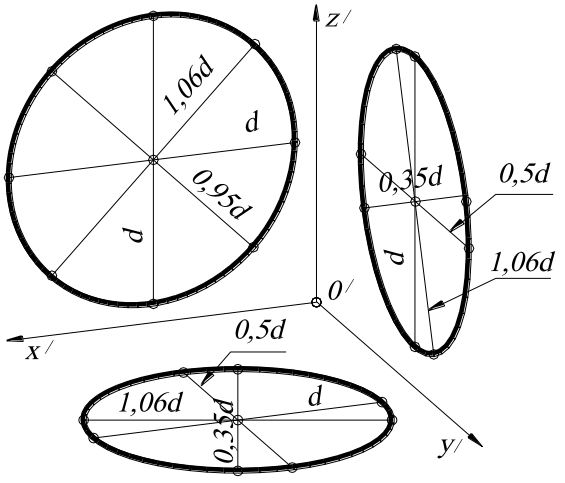
Для получения прямоугольной диметрии, в которой $k_x = k_z \neq k_y$, картинная плоскость Π' должна быть одинаково наклонена к координатным осям x и z, при этом аксонометрическая ось y' - биссектриса угла между осями x' и y'. В такой диметрии аксонометрические оси x' и z' образуют с горизонтальной прямой (при условии, что ось z' направлена вертикально) углы, примерно равные, 7^0 и

41^0. Зная, что $tg7^0 \approx 1/8$ и $tg41^0 \approx 7/8$, эти углы легко построить с помощью прямоугольных треугольников, у которых горизонтальные катеты равны восьми единицам, а вертикальные *1* и *7* (см. рис. 113).

Как и в прямоугольной изометрии, на практике обычно заменяют ***точные*** показатели искажения $k_x = k_z = 0{,}94$; $k_y = 0{,}47$ приведёнными показателями: $k_x = k_z = 1$; $k_y = 0{,}5$, то есть натуральные координаты x и z откладывают по соответствующим аксонометрическим осям в натуральную величину, а координату y уменьшают в два раза. При этом чертёж получается увеличенным в $1:0{,}94 = 0{,}5:0{,}47 \approx 1{,}06$ раза (см. рис. 113).



а



б

Рис.114

На рис. 114, *а* в прямоугольной изометрии с приведенными коэффициентами искажения показаны проекции окружностей, лежащих в координатных плоскостях ***xy***, ***xz***, ***yz***. Это эллипсы, большие оси которых равны ***1,22d***, а малые – ***0,7d***, где ***d*** – диаметр окружностей.

В диметрии с приведёнными показателями искажения окружности, лежащие в плоскостях ***xy***, ***xz***, ***yz***, изображаются эллипсами с большой осью, равной ***1,06d***; малые оси эллипсов равны соответственно ***0,35d***, ***0,95d***, ***0,35d*** (рис. 114, *б*)

Таким образом, для аксонометрии областью отправления служит трёхмерное пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях, параллельных оси z, то есть произведение отображений, переводящих точку трёх-

мерного пространства в её основную и вторичную проекцию. Различие с методом Монжа и проекциями с числовыми отметками заключается лишь в различии применяемых в них проецирований и сечений и их комбинаций.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чём заключается обратимость чертежа в проекциях с числовыми отметками?

2. Дайте определение ортогонального проецирования.

3. Определяет ли одна проекция точки её положение в трёхмерном пространстве?

4. Сколько нужно иметь проекций точки, чтобы можно было однозначно определить её положение в трёхмерном пространстве при центральном и параллельном проецировании?

5. Сколько проекций необходимо, чтобы отобразить точку четырёхмерного пространства?

6. Чем отличаются чертежи, выполненные в проекциях с числовыми отметками, от чертежа Монжа и аксонометрии?

ЧАСТЬ 3
ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

1. ПРЯМАЯ ЛИНИЯ

1.1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Прямая линия может быть задана парой точек, точкой и направлением или двумя пересекающимися плоскостями.

По расположению относительно основной плоскости проекций различают прямые общего положения и прямые частного положения. ***Прямой общего положения*** называется прямая, не параллельная и не перпендикулярная основной плоскости проекций. Остальные прямые называются прямыми ***частного положения***.

Прямые частного положения могут быть двух типов: 1) ***горизонтальные (или прямые уровня)*** – это прямые параллельные основной плоскости проекций; 2) ***проецирующие (или вертикальные)*** **–** это прямые перпендикулярные основной плоскости проекций. На рис. 115 приведены примеры чертежей прямой общего положения ($A_{50}B_{10}$), горизонтальной прямой ($C_{30}D_{30}$) и проецирующей прямой ($F_{80}E_{20}$).

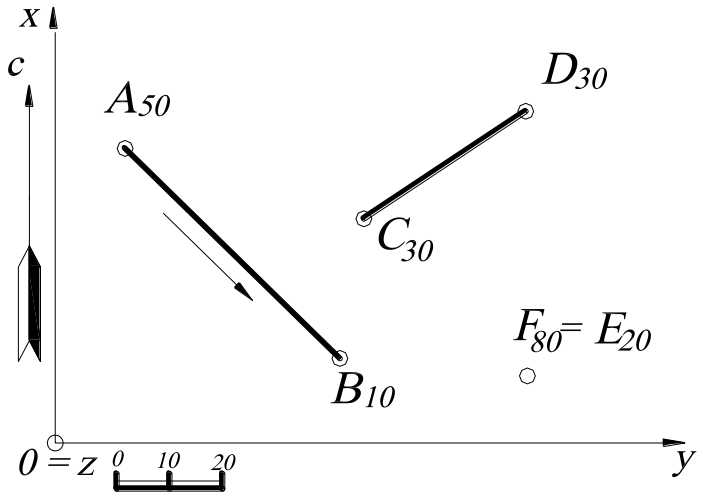


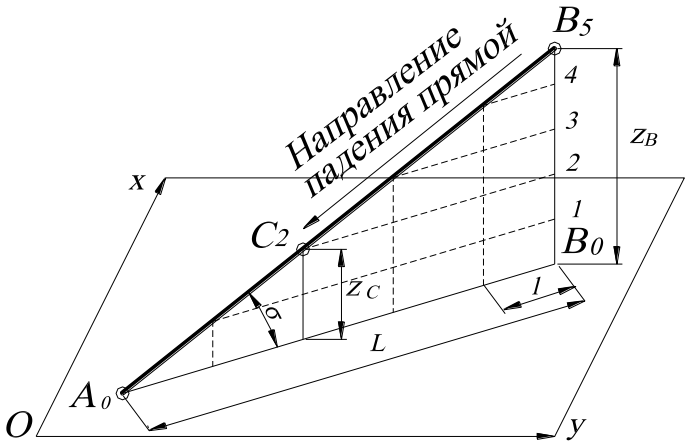
Рис. 115.

Направление прямой в проекциях с числовыми отметками в пространстве удобнее всего задавать углами в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

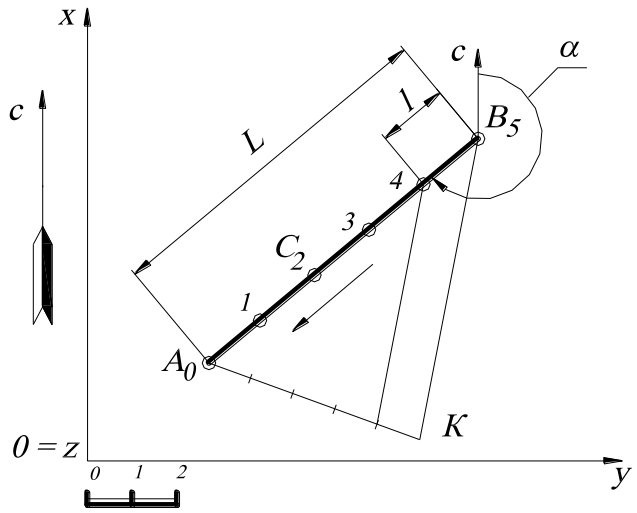
Угол α, отсчитываемый по

часовой стрелке от северного направления меридиана до направления падения прямой, называется ***азимутом падения прямой***, если изменить этот угол на 180^0, то ***азимутом восстания*** (рис. 116, *а*, *б*).

Направление падения прямой соответствует направлению спуска прямой от точки с большей отметкой к точке с меньшей высотной отметкой. Направление падения прямой на чертеже обозначают стрелкой (см. рис. 116, *б*, проекция отрезка прямой A_0B_5).



а



б

Рис. 116.

Горизонтальная проекция отрезка прямой называется ***заложением прямой*** и обозначается ***L*** (см. рис.116, *а*, *б*).

Если разница между отметками двух точек равна единице линейного масштаба, то заключённый между ними отрезок называют ***интервалом*** данной прямой. Другими словами, заложение, соответствующее единичному подъёму прямой, называется ***интервалом прямой***, или ***масштабом заложения***, и обозначается ***l*** (см. рис.116, *а*, *б*).

Интервал прямой может быть определён путём обычного пропорционального деления отрезка прямой (см. рис.116, *б*). Построение на горизонтальной проекции прямой нескольких её точек с соседними целочисленными (то есть выражаемыми целыми числами) отметками называется ***градуированием*** прямой. Градуирова-

ние прямой может выполняться способом пропорционального деления или с помощью палетки.

Пропорциональное деление отрезка прямой заключается в делении его горизонтальной проекции на ***n*** равных частей, где ***n*** – разность числовых отметок двух точек, задающих этот отрезок. На рис. 116, *б* показано градуирование отрезка A_0B_5 пропорциональным делением на пять равных частей (***n=5-0=5***). Для этого из точки A_0 проведена вспомогательная прямая под любым углом к проекции отрезка и на ней отложено пять равных отрезков произвольной длины. Конечная точка ***K*** последнего отрезка соединяется со второй заданной точкой B_5 отрезка. Параллельно этой прямой KB_5 проводят прямую через одно деление, определяя интервал прямой ***l***. Таким образом, с помощью градуирования можно построить числовую отметку любой точки.

Угол наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций (или основной плоскости проекций) называется ***углом падения*** σ прямой.

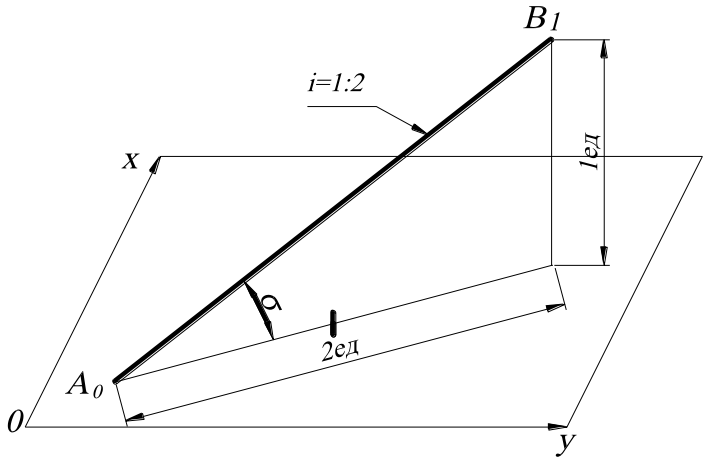


Рис. 117.

Угол падения прямой может быть задан ***уклоном прямой i*** – отношением единичного отрезка к интервалу прямой, или, другими словами, отношением противолежащего катета к прилежащему, обозначается ***i*** (рис.117). Интервал и уклон – взаимно обратные величины, то есть $l = \frac{1}{i}$ и $i = \frac{1}{l}$. Очевидно, уклон численно равен тангенсу угла σ, который данная прямая образует с горизонтальной плоскостью проекций H_0. Чем меньше уклон прямой (и больше интервал), тем ближе она к горизонтальному направлению, и, наоборот, чем больше уклон (и меньше интервал), тем прямая ближе к вертикальному направлению. Другими словами,

если ***l=0***, то ***i=∞*** и прямая вертикальна, если ***l=∞***, то ***i=0*** и прямая горизонтальна (все её точки имеют одну и ту же отметку).

Интервал прямой может быть определён с помощью ***профиля*** (вертикального разреза). Профиль является вертикальной (фронтальной) проекцией заданной прямой. Профиль строится в масштабе чертежа, по одной оси откладываются заложения, а по другой – высотные отметки по координаты ***z***.

Для построения профиля вводят локальную систему координат ***0′x′y′z′*** на плане (рис. 118), которая определяет фронтальную плоскость проекций. Ось ***z′*** выбирается вертикально, то есть перпендикулярно к оси ***x′***. На профиле по оси ***z′*** откладываются числовые отметки, в соответствии с линейным масштабом. В этом случае основная плоскость проекций ***0′x′y′*** на профиле будет проецироваться в виде прямой, совпадающей с осью ***x′***. На рис. 118 в соответствии с заданным масштабом построен профиль прямой и определена величина интервала ***l***. Полученный интервал на профиле может быть отложен несколько раз на плане от точки B_5 (или от точки A_0) для построения любой целочисленной отметки точки прямой. Точки A_0 и B_0 называются соответственно основаниями точек ***A*** и ***B*** на профиле.

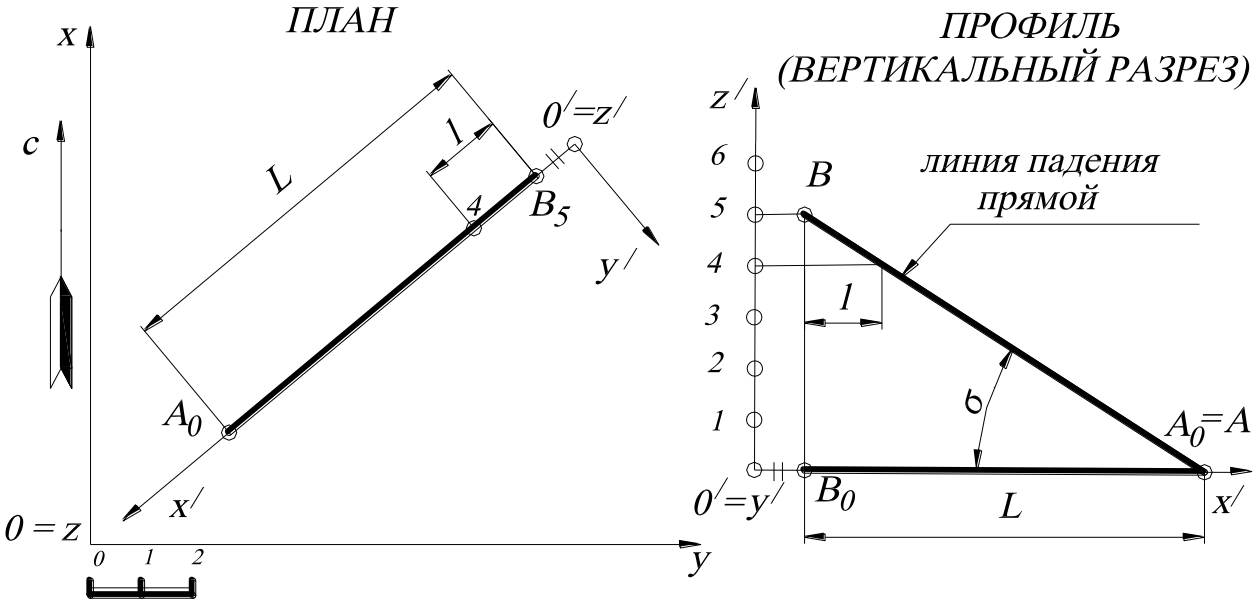
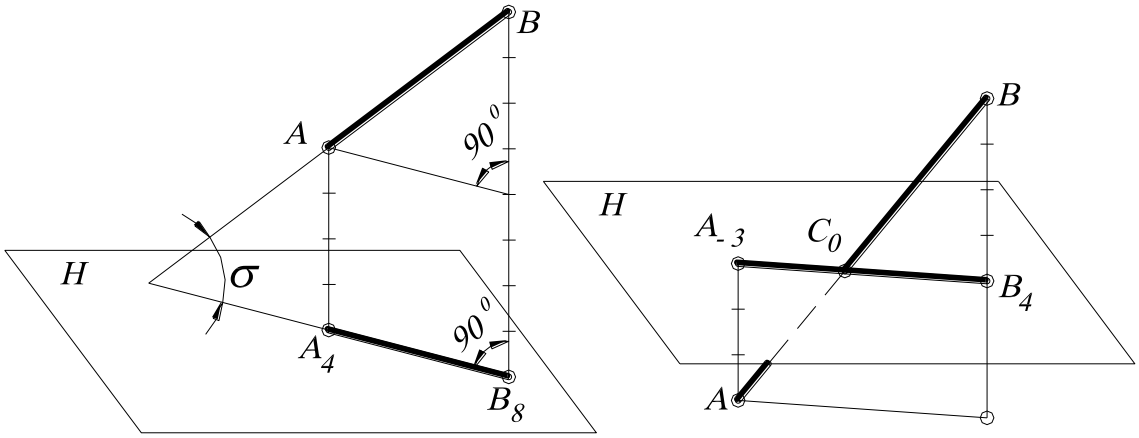


Рис. 118.

1.2. ПОСТРОЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ И ЕЁ УГЛА НАКЛОНА К ОСНОВНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ Н

Угол прямой σ с плоскостью проекций H определяется как угол, составленный прямой и её проекцией (заложением) на этой плоскости.

Длина отрезка прямой и угол σ могут быть определены из прямоугольного треугольника (рис. 119, *а*, *б*), в котором один катет равен проекции отрезка прямой (заложению), а другой катет равен разности расстояний концов отрезка от плоскости проекций H.



а *б*

Рис. 119.

Если координаты, определяющие расстояния концов отрезка от плоскости проекций H, имеют разные знаки (рис.119, *б*), то надо иметь в ***виду разность алгебраическую.***

На рис. 120 длина отрезка AB и угол σ, составленный прямой AB с плоскостью H, определены из прямоугольного треугольника, построенного на заложении

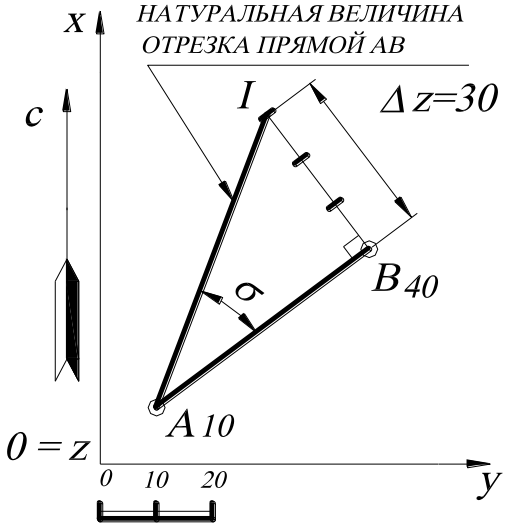


Рис. 120.

$A_{10}B_{40}$, где $|B_{40}I| = z_B - z_A = 40 - 10 = 30$. В прямоугольном треугольнике ABI гипотенуза AI выражает натуральную величину отрезка прямой, а угол между натуральной величиной и заложением отрезка прямой определяет угол наклона σ прямой к плоскости H.

Нахождение числовой отметки произвольной точки, принадлежащей прямой, рассмотрим на конкретном примере. Например, найти числовую отметку точки C, принадлежащей отрезку прямой AB (рис. 121). Для этого выполняют градуирование отрезка прямой AB. Через точку A проводят произвольную прямую $B_{10}I$, на которой откладывают разность высотных отметок концов отрезка A и B. Выбрав единичный масштаб ***1ед.=10 мм***, откладывают ***50 мм***. С помощью пропорциональности, через подобные треугольники находят высотную отметку точки C, то есть пересечение прямой, проходящей через точку C и параллельную AI, с прямой $B_{10}I$. На рис. 121 отметка точки C равна ***37*** (***10+27=37***).

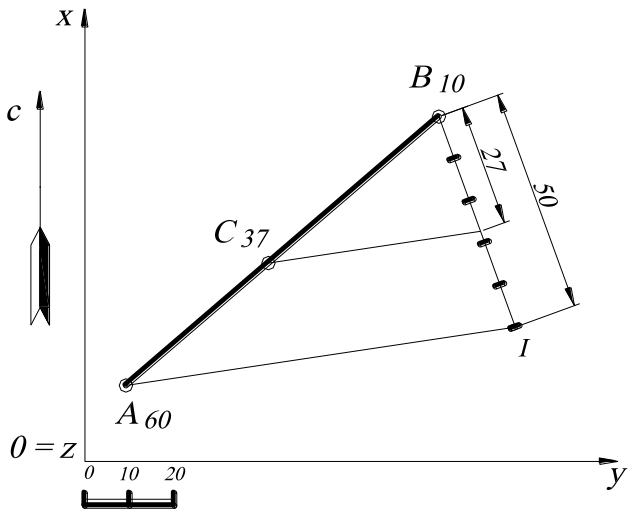


Рис. 121.

1.3. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

Прямые линии в пространстве могут пересекаться, быть параллельными и скрещиваться.

1.3.1. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Это прямые, принадлежащие одной плоскости и имеющие одну действительную общую точку. На чертеже проекции этих прямых пересекаются, и про-

екции точек их пересечения имеют одну высотную отметку (рис. 122). В этом случае прямые, соединяющие одинаковые отметки заданных прямых, будут параллельны. Эти прямые являются горизонталями плоскости (см. тему «Плоскость»).

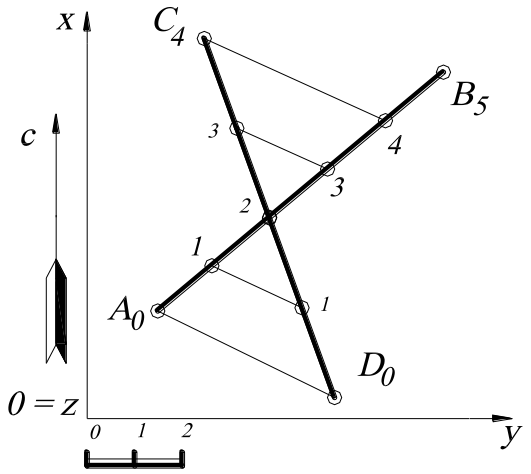


Рис. 122.

Если заданные прямые не градуированы, то необходимо определить величины числовых отметок обеих прямых в точке пересечения их проекций.

ПРИМЕР. Определить пересекаются ли заданные прямые $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$ (рис. 123).

Для того чтобы определить, пересекаются ли эти прямые в пространстве, необходимо найти отметки точек этих прямых в пересечении их проекций, то есть точки $C_?$, принадлежащей прямой $A_{60}B_{10}$ и точки $K_?$, принадлежащей прямой $E_{20}F_{60}$. Поэтому последовательно выполняют градуирование прямых $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$. Точка C, принадлежащая прямой $A_{60}B_{10}$, имеет числовую отметку, равную 37, а точка K, принадлежащая прямой $E_{20}F_{60}$,– числовую отметку, равную 38.

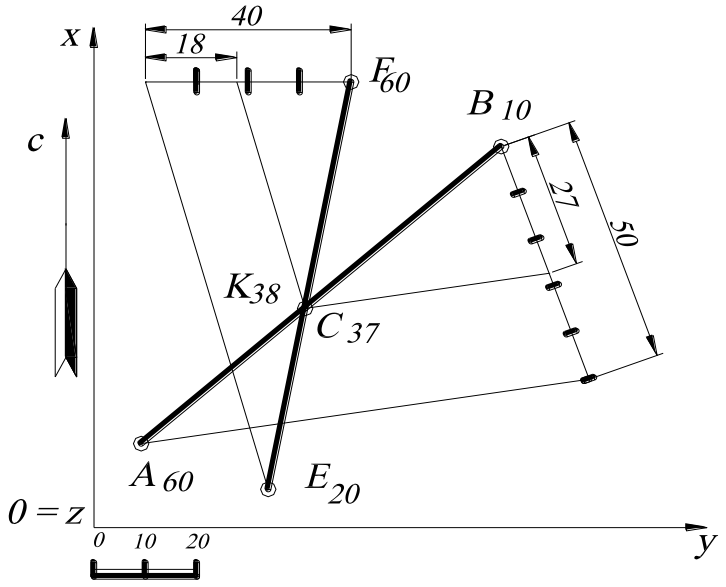


Рис. 123.

Следовательно, отрезки прямых $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$ в пространстве не имеют общих точек, то есть не пересекаются. Подробное описание нахождения числовой отметки произвольной точки, принадлежащей прямой (см. рис. 121).

1.3.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРЯМЫЕ

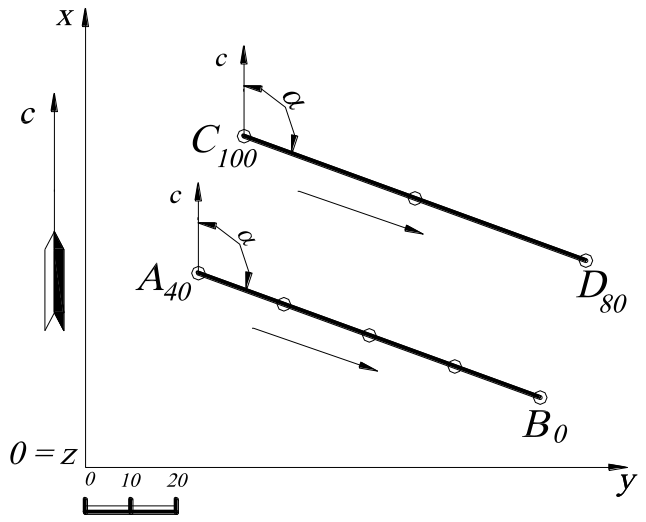


Рис. 124.

Параллельные прямые – это прямые, лежащие в одной плоскости и не имеющие действительных общих точек. На чертеже проекции этих прямых параллельны, углы падения равны, азимуты падения равны, равны заложения (рис. 124).

1.3.3. СКРЕЩИВАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Скрещивающиеся прямые – прямые, не лежащие в одной плоскости и не имеющие никаких (действительных, мнимых) общих точек. На чертеже проекции прямых могут пересекаться, но точки пересечения их проекций имеют разные числовые отметки (рис. 125, *а*).

На плане проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны, интервалы равны, но направление падения должно быть противоположным (рис. 125, *б*). В том случае, если и направления падения совпадают, тогда прямые параллельны.

На плане проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны, направления падения совпадают, но интервалы должны быть различны (рис.125, *в*).

Скрещивающиеся прямые используются для определения видимости на чертеже (рис.125, *а*). Точка, принадлежащая прямой ***CD*** и имеющая отметку ***4***, будет закрывать точку, принадлежащую на прямой ***AB***, имеющую отметку ***2***. Следовательно, прямая ***CD*** будет закрывать прямую ***AB***.

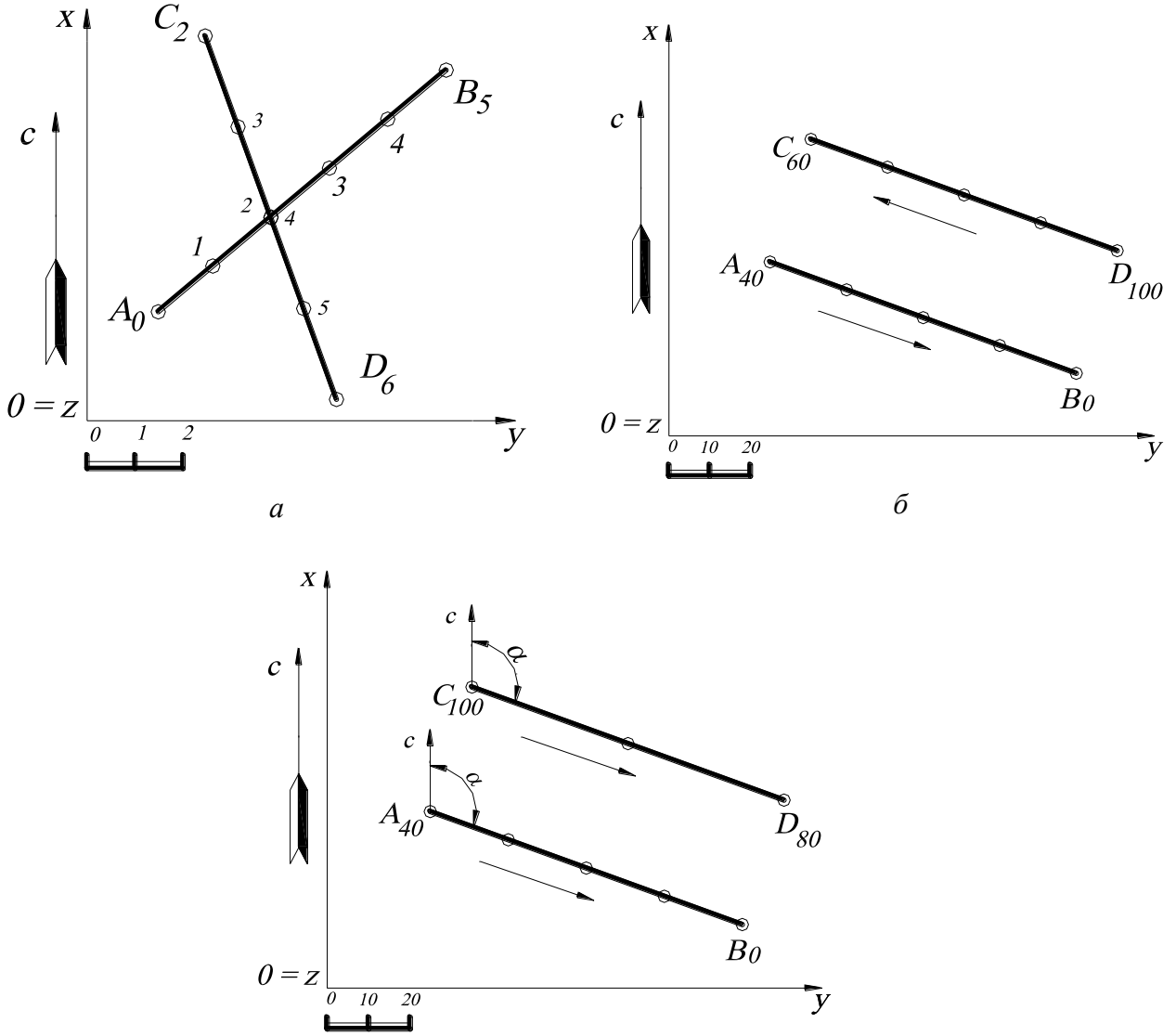


Рис. 125.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Перечислите способы задания прямой в проекциях с числовыми отметками.

2. Что такое уклон, заложение и интервал прямой?

3. Что называется градуированием прямой?

4. Изобразите на плане две пересекающиеся прямые, параллельные, скрещивающиеся.

5. Сформулируйте признаки параллельности прямых, заданных проекциями с числовыми отметками.

6. На заданной прямой $A_{25}B_{80}$ построить точку $C_?$, отстоящую от основной плоскости проекций на ***50***. Прямая задана точками ***A(20,15, 25)***, ***B(50,70,80)***.

7. На отрезке прямой $A_{50}B_{10}$ найти точку $C_?$, делящую этот отрезок в отношении ***AC:CB=2:3***. Прямая задана точкой ***A(50;30;50)***, азимутом падения $\alpha=120^0$, углом падения $\sigma=30^0$.

8. Построить отрезок прямой, симметричный отрезку заданной прямой ***AB*** относительно: а) основной плоскости проекций, б) оси ***Ox***, в) оси ***Oy***, г) начала координат ***O***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

9. На отрезке ***AB*** построить отрезок ***AC*** заданной длины ***/AC/=40*** мм и определить отметку точки ***C***. Отрезок прямой задан координатами концов ***A*** и ***B***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

10. Найти расстояние от точки ***C*** до прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40,30,40)***, ***B(20,70,30)***, ***C(10,25,20)***.

11. Построить прямую $CD_?$, проходящую через точку ***C***, параллельную прямой ***AB***, длиной ***50***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40,25,50)***, ***B(10,70,10)***, ***C(90,30,20)***.

12. Построить проекции ромба ***ABCD***, диагональ которого ***/BD/=50 мм*** и лежит на прямой ***MN***. ***A(35,60,50)***, ***M(40,20,30)***, ***N(10,80,30)***.

13. Прямая ***AB*** имеет уклон ***i=1:2***. Определить отметку точки ***B***. Прямая задана точками ***A(20,15, 25)***, ***B(50,70,z)***.

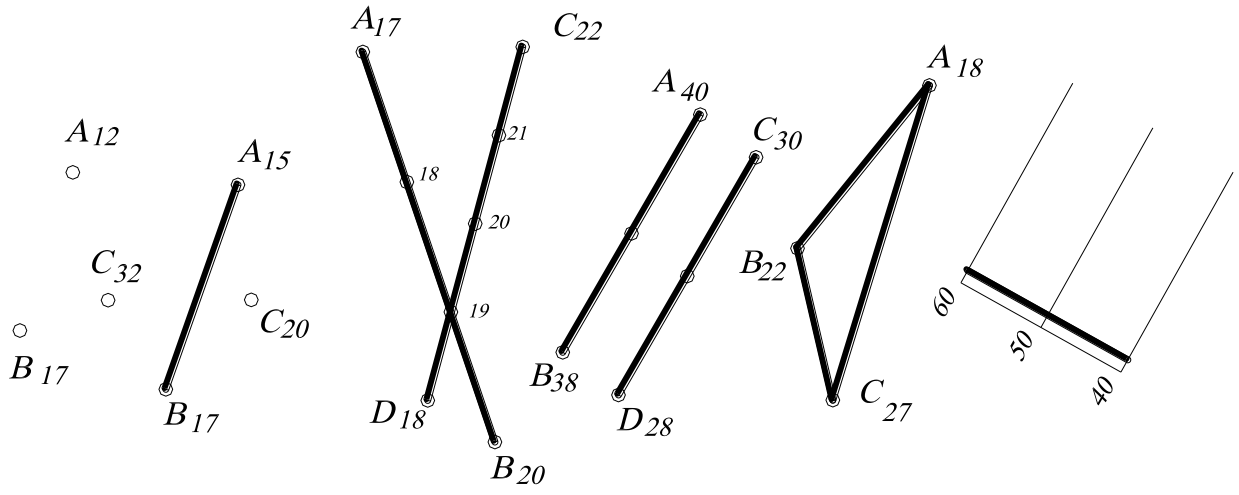
2. ПЛОСКОСТЬ

Плоскость – простейшая поверхность. Понятие плоскости (подобно точке и прямой) принадлежит к числу основных понятий геометрии. Плоскость обладает тем свойством, что любая прямая, соединяющая две её точки, целиком принадлежит ей.

2.1. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоскость на чертеже можно задать:

1. Тремя неколлинейными точками, то есть тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 126, *а*).
2. Точкой и прямой, не проходящей через эту точку (рис. 126, *б*).
3. Двумя пересекающимися прямыми (рис. 126, *в*).
4. Двумя параллельными прямыми, которые на чертеже в проекциях с числовыми отметками могут быть горизонталями (рис. 126, *г*; см. рис. 122).
5. Плоским отсеком (то есть любой плоской фигурой – кругом, многоугольником и т. п., рис. 126, *д*).
6. Масштабом заложения (рис.126, *е*).



а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 126.

Плоскость относительно основной плоскости проекций ***H*** может занимать следующие положения:

- горизонтальное (параллельное плоскости ***H***);
- вертикальное или проецирующее (перпендикулярное плоскости ***H***);
- наклонное или общее положение (непараллельное и неперпендикулярное основной плоскости проекций ***H***).

Наиболее удобным и наглядным изображением плоскости в проекциях с числовыми отметками является задание с помощью ***масштаба заложения плоскости***.

На рис. 127, 128 в аксонометрии и на плане изображена плоскость общего положения ω. Дадим определения основных элементов этой плоскости, которые используются в проекциях с числовыми отметками.

След плоскости $\omega_н$ - линия пересечения плоскости ω с основной плоскостью проекций ***H*** (горизонталь с нулевой отметкой).

Горизонталь плоскости – прямая, принадлежащая плоскости и параллельная основной плоскости проекций ***H*** (***0–0***, ***1–1***, ***2–2***, на рис. 127, 128). Горизонтали плоскости могут рассматриваться как сечения заданной плоскости ω семейством плоскостей, параллельных основной плоскости проекций.

Отметка горизонтали – высота z горизонтали над основной плоскостью проекций ***H*** (на рис. 127, 128 горизонтали проведены соответственно с отметками 0, 1 и 2 единицы масштаба). След плоскости $\omega_н$ является горизонталью с нулевой отметкой.

Линиями падения (наибольшего ската) плоскости называются прямые, лежащие в этой плоскости и перпендикулярные к горизонталям этой плоскости (в том числе и к её горизонтальному следу $AB \perp \omega_н$).

Согласно правилам проецирования прямого угла, горизонтальная проекция линии наибольшего ската плоскости перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали этой плоскости и к её горизонтальному следу.

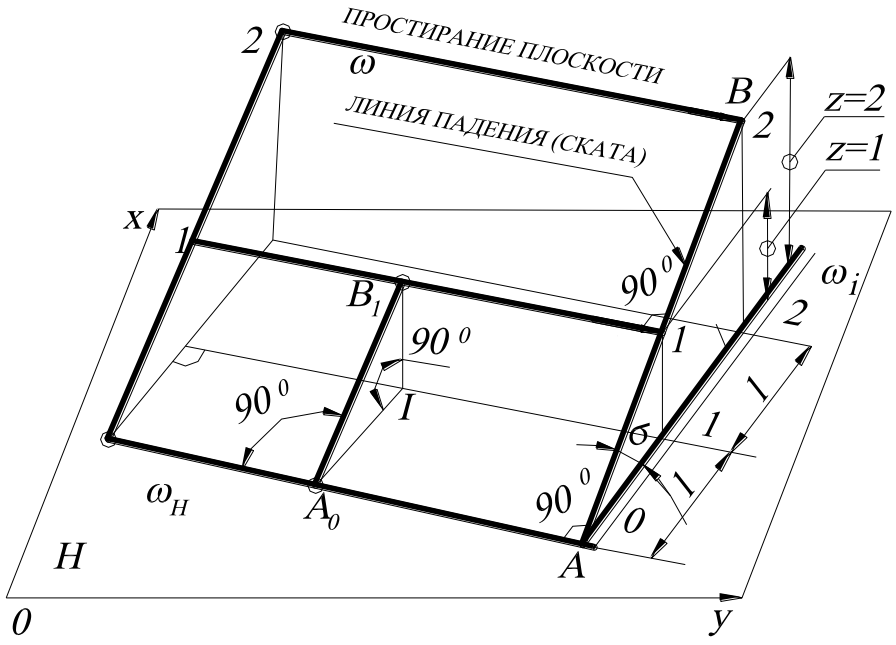


Рис. 127.

Профиль линии наибольшего ската есть линейный угол двугранного, образованного плоскостями **ω** и ***H***. Следовательно, линия наибольшего ската плоскости может служить для определения угла наклона этой плоскости к плоскости проекций ***H***.

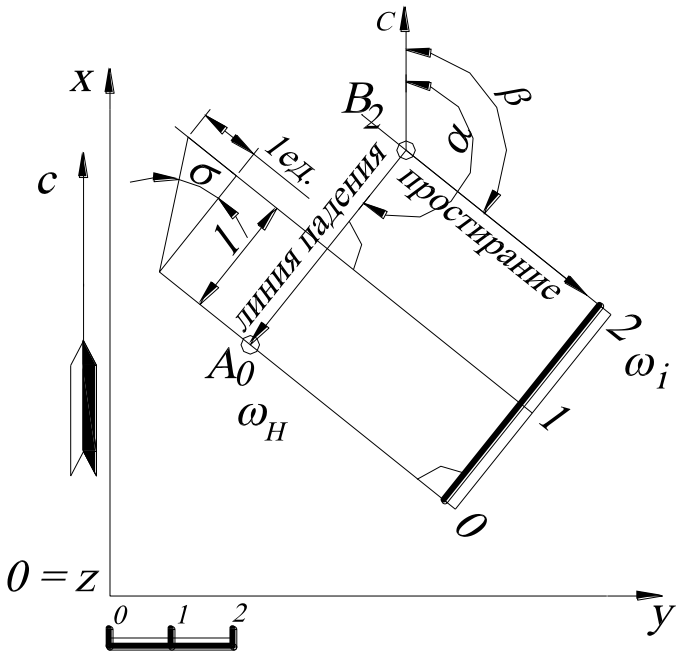


Рис. 128.

Масштаб заложения. Так называют градуированную проекцию линии падения (ската) плоскости. Так как линия ската плоскости перпендикулярна горизонталям, то масштаб заложения тоже перпендикулярен горизонталям плоскости. Масштаб заложения плоскости изображается на чертеже двумя параллельными прямыми (утолщённой и тонкой) и обозначается той же буквой, что и плоскость, с нижним индексом ***i*** – ω_i.

Перпендикулярно масштабу заложения плоскости проводят проекции её горизонталей. Вдоль масштаба заложения плоскости (со стороны тонкой линии) указываются отметки этих горизонталей, цифры числовых отметок проставляются так, чтобы их верх был ориентирован в сторону подъёма плоскости.

Изображение плоскости ω масштабом заложения плоскости показано на рис. 128.

Кратчайшее расстояние на плане между проекциями двух соседних горизонталей, соответствующее единице высотного превышения, называется ***интервалом плоскости*** ω и обозначается l (см. рис. 127, 128).

Угол падения плоскости σ - угол наклона плоскости ω к основной плоскости проекций H. Определяется углом наклона между линией падения и её проекцией на основную плоскость проекций (см. рис. 127, 128).

Уклон плоскости i – отношение единицы линейного масштаба к интервалу: $i = \frac{1}{l}$, или тангенс угла падения плоскости: $i = \mathrm{tg}\sigma$.

Иногда при решении инженерных задач на земной поверхности возникает необходимость ориентировать заданную плоскость относительно меридиана Земли. Для этого вводятся следующие термины.

Азимут падения α ***плоскости*** - это угол, отсчитываемый по часовой стрелке на плане, от северного направления меридиана до направления падения плоскости (рис. 128). ***Азимут восстания*** отличается от азимута падения на 180^0.

Направление простирания плоскости – это правое направление горизонталей, если наблюдатель смотрит в сторону восстания плоскости.

Азимут простирания β ***плоскости*** – угол, отсчитываемый по часовой стрелке на плане, от северного направления меридиана до направления простирания (см. рис. 128).

Угол между азимутом простирания и азимутом падения всегда равен 90^0.

Сечение вертикальной плоскостью называют в геологии профилем, или разрезом. Если разрез выполняется перпендикулярно простиранию плоскости, то он называется ***вкрест простирания***, или ***прямой***. Если вертикальный разрез не перпендикулярен простиранию, то такой разрез называется ***косым***.

ПРИМЕР. Определить элементы залегания плоскости, заданной тремя неколлинейными точками A_3, B_2, C_0. Построить разрез вкрест простирания, то есть вертикальная плоскость разреза должна проходить перпендикулярно горизонталям заданной плоскости (рис. 129).

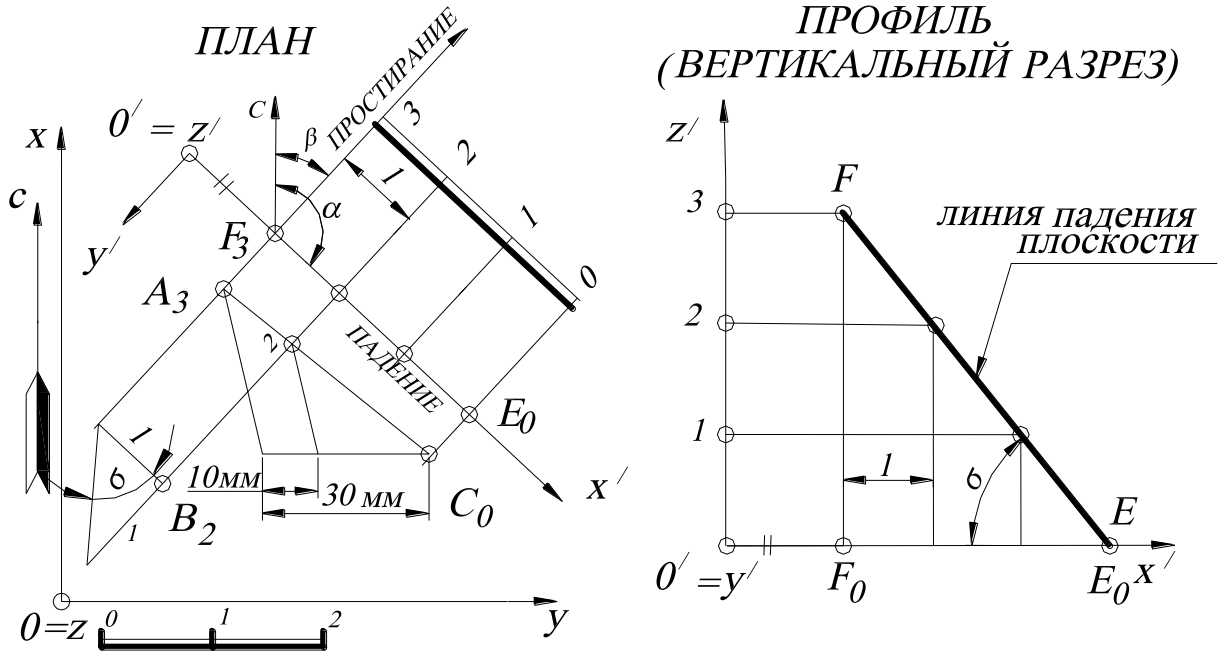


Рис. 129.

Алгоритм решения.

1. В заданной плоскости ($A_3B_2C_0$) на плане строят горизонталь 2-2. Для этого необходимо проградуировать проекцию отрезка прямой A_3C_0 (см. рис. 129). Горизонталь с соседней целочисленной отметкой (3-3) будет параллельна горизонтали 2-2. Кратчайшее расстояние между горизонталями 2-2 и 3-3 является интервалом заданной плоскости ***l***. Перпендикулярно к проекциям горизонталей задают масштаб заложения.

2. Находят линию падения плоскости (линию наибольшего ската), проекция которой перпендикулярна горизонталям плоскости. Линия падения плоскости является масштабом заложения.

3. Определяют азимуты падения и простирания.

4. Находят угол падения плоскости на разрезе вкрест простирания. Такой разрез (профиль) строится также как показано на рис. 119.

2.2. ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ ПЛОСКОСТИ

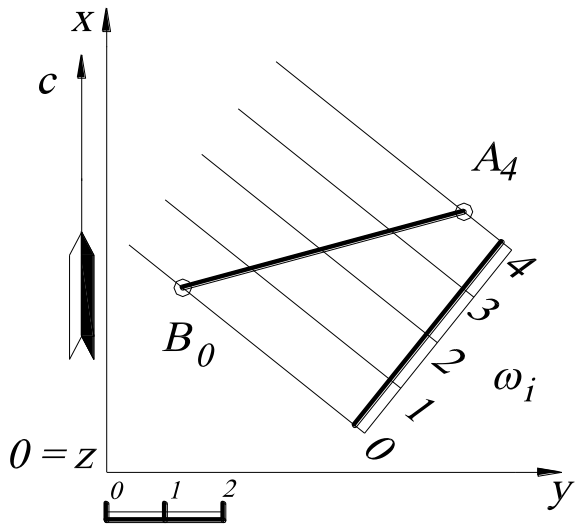


Рис. 130.

1. Точка принадлежит плоскости, если через неё проходит прямая, лежащая в этой плоскости. На чертеже в проекциях с числовыми отметками такой прямой может служить горизонталь плоскости. Следовательно, на плане если точка принадлежит плоскости, то она лежит на горизонтали этой плоскости и имеет с ней одинаковую числовую отметку (рис. 130).

2. Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, лежащие в этой плоскости (см. рис. 130). На чертеже прямая имеет две точки, высотные отметки которых с плоскостью являются общими.

Рассмотрим примеры принадлежности прямой и точки плоскости на конкретных примерах.

ПРИМЕР 1. В плоскости, заданной масштабом заложения ω_i, через точку A_9 провести прямую с уклоном $i = \frac{1}{5}$ (рис. 131).

Интервал прямой, которую требуется построить, равен $l = \frac{1}{i} = 5$ единицам масштаба. Следовательно, точка этой прямой, имеющая отметку **8**, должна ле-

жать на горизонтали плоскости с отметкой ***8*** и удалена от точки A_9 на величину интервала прямой ***l=5*** единиц линейного масштаба. Для выполнения этих условий из точки A_9 как из центра проводят окружность радиусом ***R=5*** и находят точки пересечения её с ***8***-й или ***10***-й горизонталью плоскости ω_i (точки B_8 и C_8). Точка A_9 и точки B_8 и C_8 определят две прямые, удовлетворяющие условию задачи: прямые A_9B_8 и A_9C_8 принадлежат плоскости ω, проходят через точку A_9 и имеют уклон ***i = 1:5***.

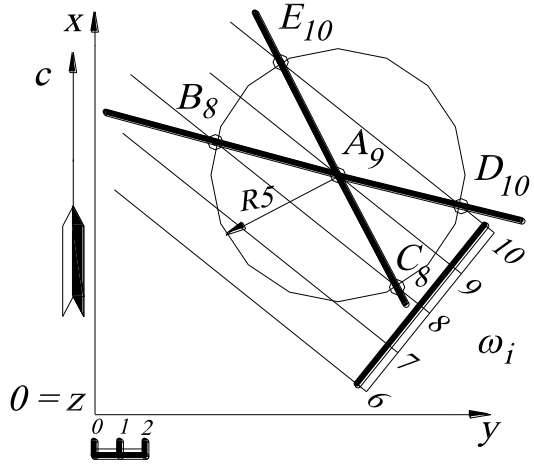


Рис. 131.

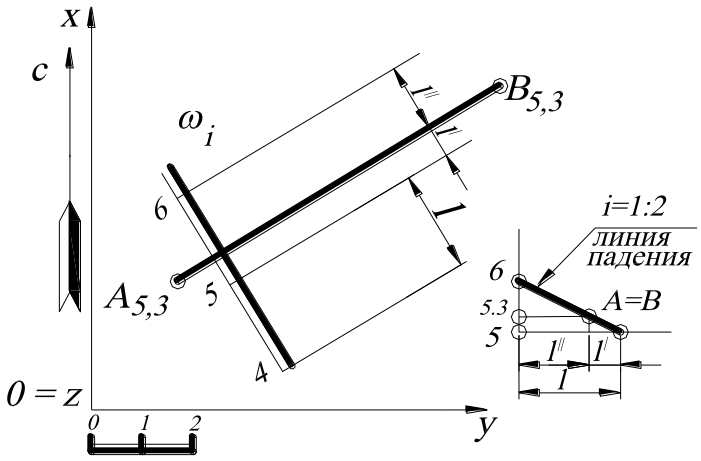


Рис. 132.

ПРИМЕР 2. Через проекцию отрезка горизонтальной прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ провести плоскость ω с уклоном $i = \frac{1}{2}$ (рис. 132).

Проекция прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ является проекцией горизонтали плоскости ω с отметкой ***5,3 – 5,3***, так как по условию задачи через неё проходит плоскость. Следовательно, проводят перпендикулярно прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ масштаб заложения и градуируют его, зная интервал $l = \frac{1}{i} = 2$ единицы масштаба. Для этого строят профиль, на котором определяют расстояния l' и l'' от горизонтали с числовой отметкой ***5,3*** (то есть прямой $A_{5,3}B_{5,3}$) до ближайших горизонталей с целочисленными значениями 5 и 6. Масштаб заложения ω_i определяет искомую плос-

кость ω. Задача имеет два решения, так как вторая плоскость будет иметь противоположное направление падения.

ПРИМЕР 3. Через прямую A_2B_5 общего положения провести плоскость ω с уклоном ***i =1:1,5*** (рис. 133).

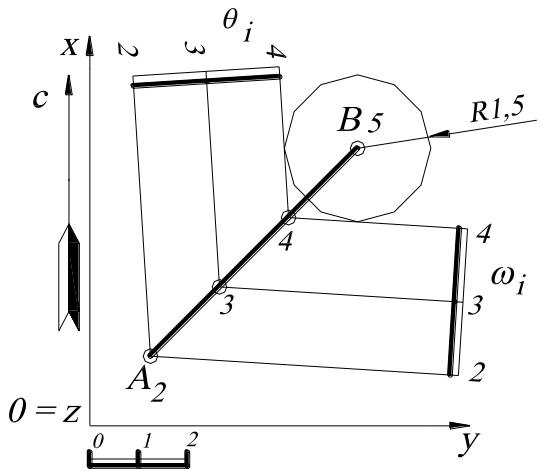


Рис. 133.

Градуируют прямую A_2B_5. Строят конус вращения с вершиной в точке ***B***, вертикальной осью и окружностью основания, радиус которой равен ***1,5*** единицы линейного масштаба и которая расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***4*** (на 1 м ниже точки ***B***). Уклон любой образующей конуса и уклон любой его касательной плоскости ***i=1:1,5***. Поэтому две искомые плоскости θ_i ***и*** ω_i - это две касательные плоскости к конусу, проходящие через прямую A_2B_5.

2.3. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоскости в пространстве могут быть параллельны, пересекаться и быть взаимно перпендикулярными.

2.3.1. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости будут соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости. На чертеже проекции горизонталей параллельных плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения одинаковые и направления падения их совпадают.

При решении конкретных инженерных задач в проекциях с числовыми отметками встречается необходимость определения мощности слоя. Будем рас-

сматривать ***слой*** как часть пространства, ограниченного двумя параллельными плоскостями (рис. 134). Верхняя плоскость слоя θ называется ***кровлей*** (на чертеже изображается красным цветом), а нижняя плоскость слоя ω – ***подошвой*** (на чертеже изображается синим цветом).

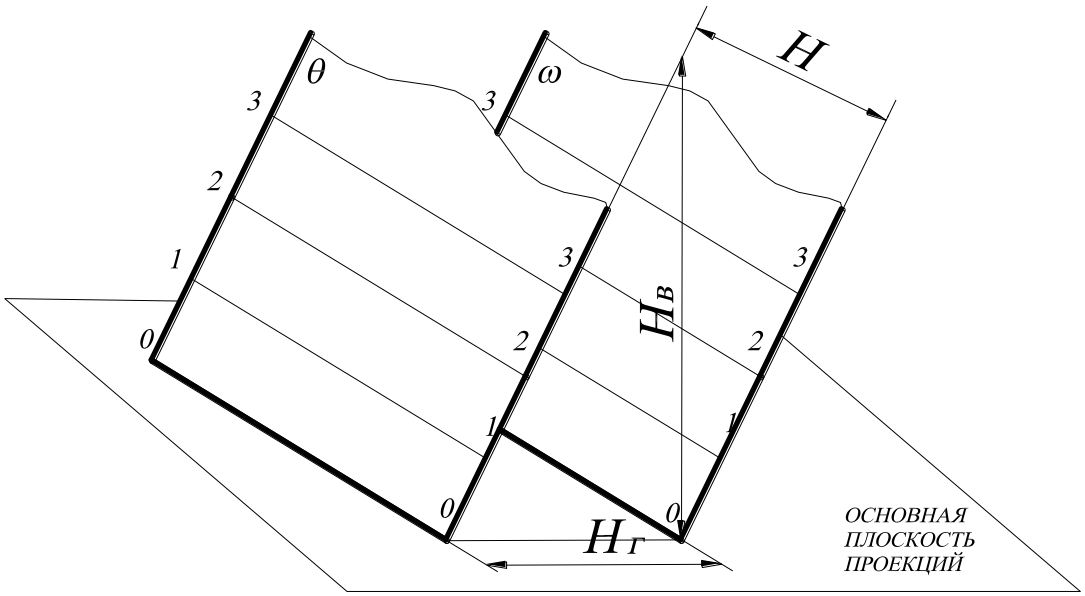


Рис. 134.

H – мощность слоя (нормальная мощность, истинная мощность) – кратчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями кровли и подошвы.

H_B – вертикальная мощность – расстояние от плоскости кровли до плоскости подошвы, измеряемое по вертикали.

$H_Г$ – горизонтальная мощность – расстояние между плоскостью кровли и плоскостью подошвы в горизонтальном направлении.

$H_{ВИД}$ – видимая мощность – кратчайшее расстояние от кровли до подошвы слоя, определяемое по топографической поверхности.

ПРИМЕР. Определить нормальную ***H***, горизонтальную $H_Г$ и вертикальную H_B мощности слоя, заданного двумя параллельными плоскостями θ_i и ω_i (рис. 135).

Для этого строят прямой профиль, плоскость которого перпендикулярна горизонталям плоскости. Построение профиля показано на рис. 135. Выбирают локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане. Плоскость профиля определяют оси x' и z'. На профиле с помощью заложения прямой AB определяют линию падения плоскости θ, которая является плоскостью подошвы заданного слоя. Для построения кровли на профиле определяют точку C (с помощью заложения L), через которую проводят прямую, параллельную прямой AB. Прямая, проходящая через точку C на профиле, является линией падения плоскости кровли.

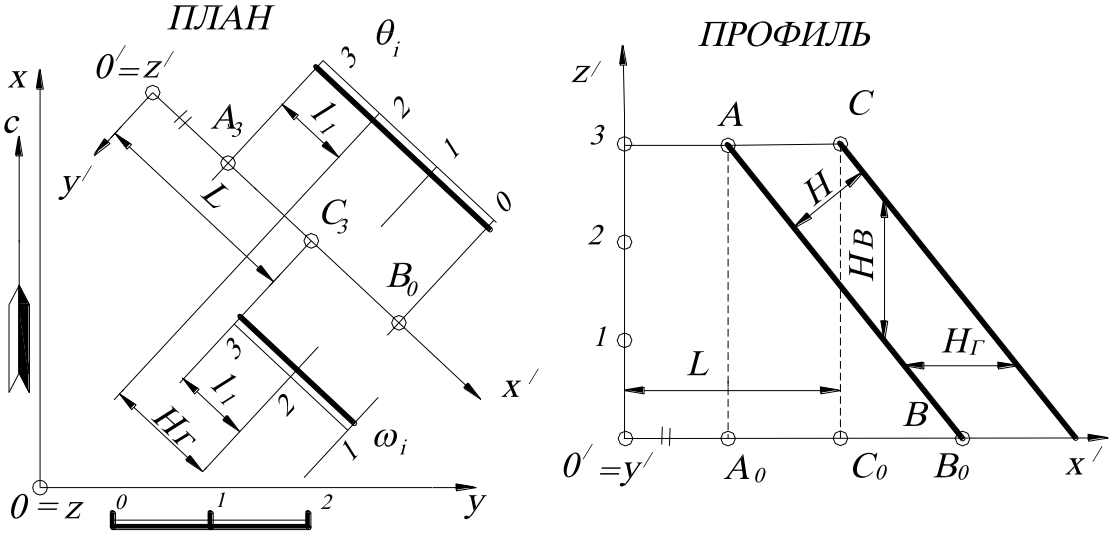


Рис. 135.

Кратчайшее расстояние на прямом профиле между линией падения кровли и линией падения подошвы, – нормальная мощность слоя H. Расстояние на этом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеренное по вертикали – вертикальная мощность слоя H_B.

Расстояние на прямом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеряемое в горизонтальном направлении, – горизонтальная мощность слоя $H_Г$. Горизонтальная мощность слоя измеряется параллельно основной плоскости проекций, поэтому эту мощность можно определить на плане как расстояние между одноимёнными (с одинаковыми высотными отметками) горизонталями плоскостей θ_i и ω_i.

2.3.2. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПЛОСКОСТИ

Пересекающиеся плоскости всегда имеют действительную прямую пересечения. Для нахождения прямой пересечения заданных плоскостей необходимо найти общие точки или точку и направление.

Рассмотрим несколько способов построения линии пересечения на конкретных примерах.

ПРИМЕР 1. Найти линию пересечения заданных плоскостей $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ (рис. 136).

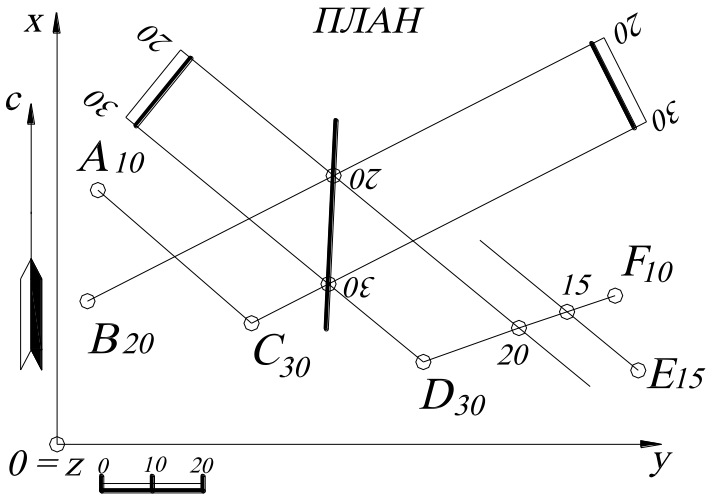


Рис. 136.

В заданных плоскостях $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ находят направление горизонталей (см. рис. 129). Затем находят точки пересечения горизонталей заданных плоскостей, имеющих одинаковые высотные отметки. Такими горизонталями на рис. 136 являются ***30-30*** и ***20-20***. Их точки пересечения определяют прямую пересечения заданных плоскостей.

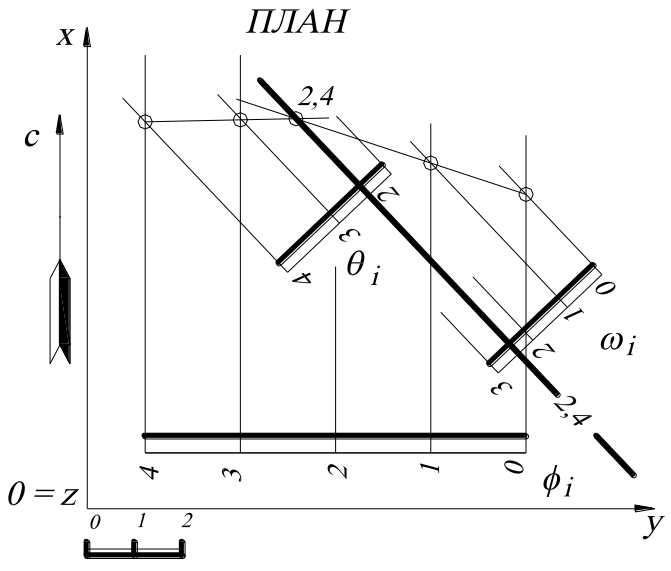


Рис. 137.

ПРИМЕР 2. Найти линию пересечения заданных плоскостей θ и ω, азимуты падения которых одинаковы или отличаются друг от друга на 180^0 (рис.137).

Одноимённые горизонтали плоскостей, использованные в *примере 1*, здесь ничего не дают, поскольку горизонтали данных плоскостей параллельны. В

этом случае линия пересечения плоскостей по направлению будет совпадать с направлением горизонталей, которые по условию задания параллельны между собой. Остаётся найти общую точку.

Алгоритм решения:

1. Вводят вспомогательную плоскость ϕ_i общего положения.
2. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью θ_i, так же, как в примере 1.
3. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью ω_i..
4. Найденные линии пересечения дают искомую точку с отметкой 2,4 (нахождение числовой отметки на рис. 137 не показано, которое выполняется методом градуирования любой из прямых). Эта точка принадлежит всем трём плоскостям и является их общей точкой.

Подобную задачу можно решить с помощью построения профилей заданных плоскостей (рис. 138).

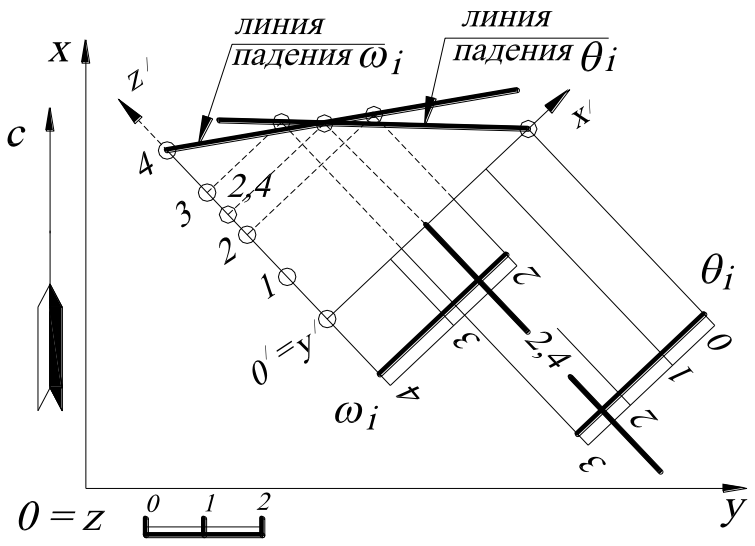


Рис. 138.

В этом случае задают профиль (удобнее в проекционной связи, см. рис.138) перпендикулярно горизонталям заданных плоскостей. Для этого вводят локальную систему отсчёта $0'x'y'z'$. На профиле строят линии падения (скатов) плоскостей θ_i и ω_i. Точка пересечения линий скатов заданных плоскостей определяет искомую точку, а направление искомой линии пересечения будет параллельно горизонталям плоскостей θ_i и ω_i.

Пересечение плоскости общего положения с вертикальной плоскостью. В этом случае проекция искомой линии пересечения совпадает с вертикальной плоскостью. Такое сечение в проекциях с числовыми отметками называется вертикальным разрезом. Разрез строится по аналогии с построением профиля. Если секущая плоскость задана вкрест простирания плоскости общего положения (то есть перпендикулярно горизонталям плоскости), то на разрезе получается линия падения заданной плоскости. Если секущая плоскость задана не перпендикулярно простиранию, то на разрезе может получиться:

- горизонталь заданной плоскости.
- прямая, не совпадающая с линией ската плоскости (***косой*** разрез).

Пересечение плоскости общего положения с горизонтальной плоскостью. Проекция линии пересечения совпадает с горизонталью заданной плоскости общего положения.

2.4. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

1. Прямая принадлежит плоскости.
2. Прямая параллельна плоскости.
3. Прямая пересекает плоскость.
4. Прямая перпендикулярна плоскости.

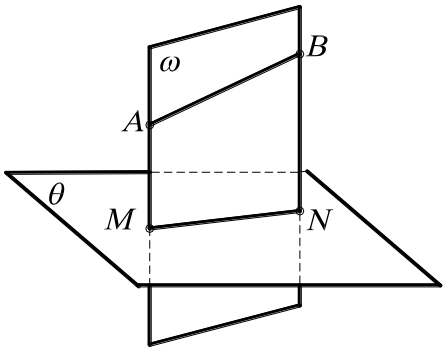


Рис. 139.

Если на модели непосредственно нельзя установить взаимное положение прямой и плоскости, то прибегают к некоторым вспомогательным построениям, в результате которых от вопроса о взаимном положении прямой и плоскости переходят к вопросу о взаимном положении данной прямой и некоторой вспомогательной прямой. Для этого проводят через данную прямую AB вспомогательную плоскость ω так, чтобы эта плоскость пересекла данную плоскость θ (рис. 139). Затем рассматривают прямую MN – прямую пересечения плоскостей ω и θ. При этом возможны три случая:

1. Прямая ***MN*** совпадает с прямой ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** принадлежит плоскости θ.

2. Прямая ***MN*** пересекает прямую ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** пересекает плоскость θ.

3. Прямая ***MN*** параллельна прямой ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** параллельна плоскости θ.

Итак, указанный приём определения взаимного положения прямой и плоскости заключается в следующем:

- Через данную прямую проводят вспомогательную плоскость и строят линию пересечения этой плоскости и данной плоскости.
- Устанавливают взаимное положение данной прямой и прямой пересечения плоскостей; найденное положение определяет взаимное положение данной прямой и плоскости.

Решая различные задачи с применением вспомогательных плоскостей, необходимо выбирать эти плоскости так, чтобы все возникающие при этом построения были по возможности проще, и чтобы этих построений было меньше.

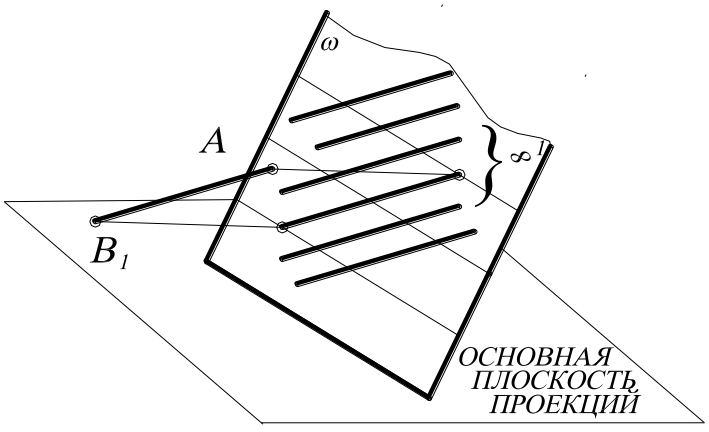


Рис. 140.

Теория принадлежности прямой плоскости рассмотрена выше.

Прямая параллельна плоскости, если в плоскости найдётся хоть одна прямая, параллельная ей. Вообще таких прямых однопараметрические множество ∞^1 или пучок прямых (рис. 140).

2.4.1. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С ПЛОСКОСТЬЮ

Для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью удобнее всего придерживаться следующего ***алгоритма:***

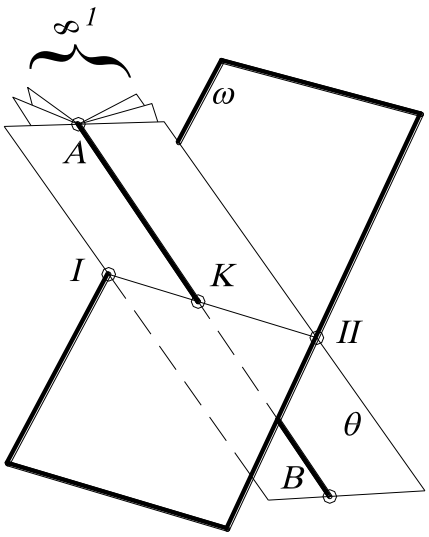


Рис. 141.

1. Через заданную прямую ***AB*** (рис.141) проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (таких плоскостей может быть ∞^1 - пучок).

2. Находят линию пересечения ***I II*** вспомогательной плоскости–посредника θ с заданной плоскостью ω.

3. Искомая точка ***K*** будет находиться на пересечении заданной прямой ***AB*** с линией пересечения ***I II*** плоскости-посредника θ и заданной плоскости ω.

4. Определяют видимость проекции прямой ***AB*** на чертеже по конкурирующим точкам и числовую отметку точки ***K***.

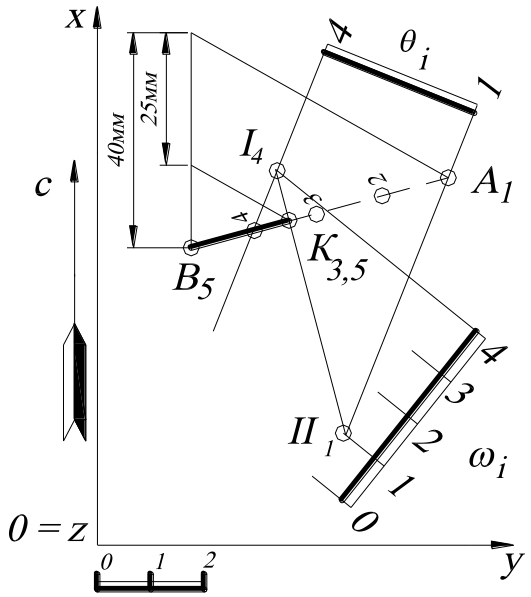


Рис. 142.

ПРИМЕР. Найти точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью ω, заданной масштабом заложения ω_i (рис. 142).

Через заданную прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (на чертеже эта плоскость задана двумя горизонталями h_1 и h_4; см. признак принадлежности прямой к плоскости). Определяют пересечение посредника θ с заданной плоскостью ω – пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками. Таким образом, находят точки ***I*** и

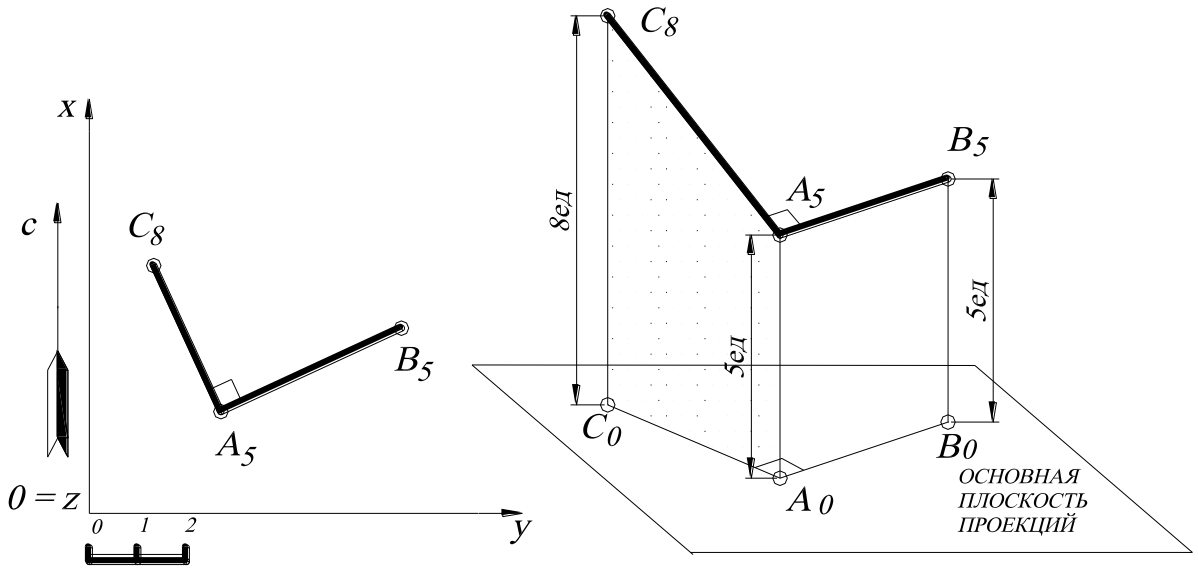
II. Точки ***I*** и ***II*** определяют линию пересечения плоскости-посредника θ и заданной ω. Точка пересечения найденной прямой линии ***I II*** с прямой A_1B_5 даёт искомую точку ***K***.

Для нахождения высотной отметки точки ***K*** используют градуирование прямой A_1B_5. Из точки B_5 проводят прямую под произвольным углом. На этой прямой откладывают разность высотных отметок ***A*** и ***B***, которая равна ***4 ед.*** (***1ед.=10 мм***). Затем через подобные треугольники находят числовую отметку искомой точки – $K_{3,5}$. Точка ***K*** является точкой, в которой заданная прямая изменяет свою видимость, то есть те числовые отметки проекции прямой A_1B_5, которые выше заданной проекции плоскости ω_i, там проекция прямой видима (и наоборот).

2.4.2. ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

Вначале рассмотрим ***теорему о частном проецировании прямого угла***, суть которой в следующем.

Если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна, то прямой угол проецируется на эту плоскость проекций в виде прямого угла (рис.143, *а*).



а *б*

Рис. 143.

Доказательство (рис. 143, *б*)**.** Отрезок прямой A_5B_5 перпендикулярен отрезку B_5B_0 по построению. Отрезок прямой A_5C_8 перпендикулярен A_5B_5 по заданию. Следовательно, отрезок прямой A_5B_5 будет перпендикулярен плоскости $C_8C_0A_0A_5$. Отрезок прямой A_0B_0 параллелен отрезку прямой A_5B_5. Таким образом, отрезок прямой A_0B_0 также перпендикулярен плоскости $C_8C_0A_0A_5$. Следовательно, отрезок прямой A_0B_0 перпендикулярен отрезку прямой A_0C_0.

Свойство перпендикулярности прямой и плоскости: если прямая перпендикулярна плоскости, то она перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим в этой плоскости. На чертеже проекция (заложение) этой прямой всегда перпендикулярна к горизонталям этой плоскости (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла) (рис. 144).

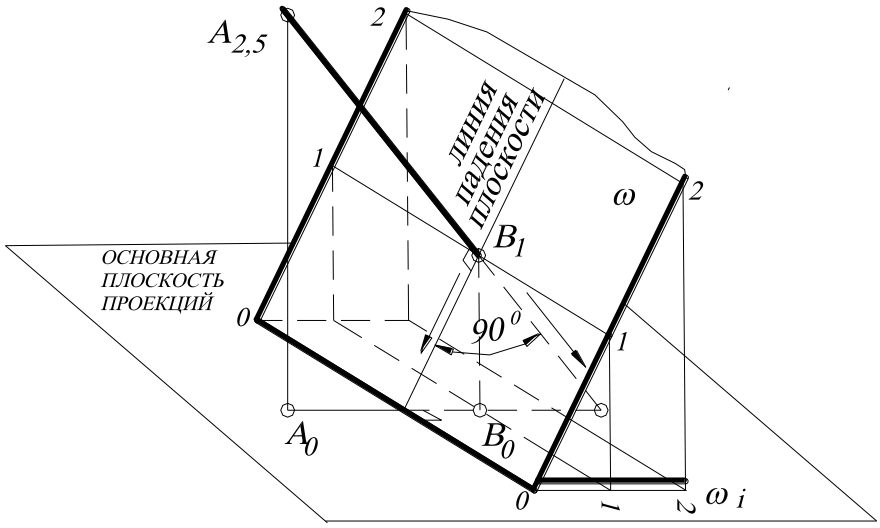


Рис. 144.

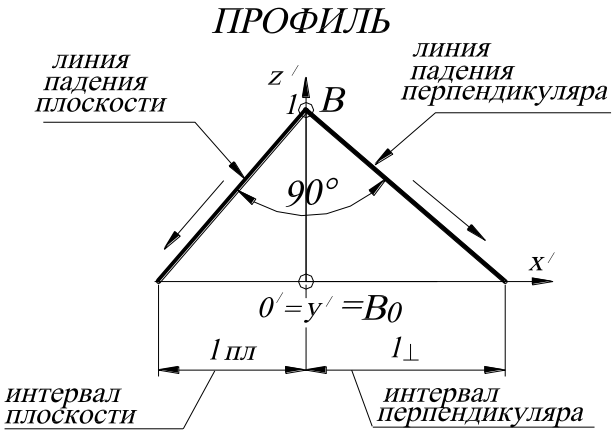


Рис. 145.

Интервал прямой l, перпендикулярной к плоскости, определяется с помощью прямого угла, построенного на профиле или через уклон i , так как это величина обратно пропорциональная уклону: $i = \frac{1}{l}$, $l = \frac{1}{i}$ (рис. 145).

ПРИМЕР. Дана точка A_3, принадлежащая плоскости ω. Построить прямую A_3B_7, перпендикулярную плоскости ω. Плоскость ω задана масштабом заложения ω_i (рис. 146).

На плане проекция (заложение) искомой прямой A_3B_7, перпендикулярной плоскости, всегда перпендикулярна горизонталям плоскости (на основании теоремы о проецировании прямого угла).

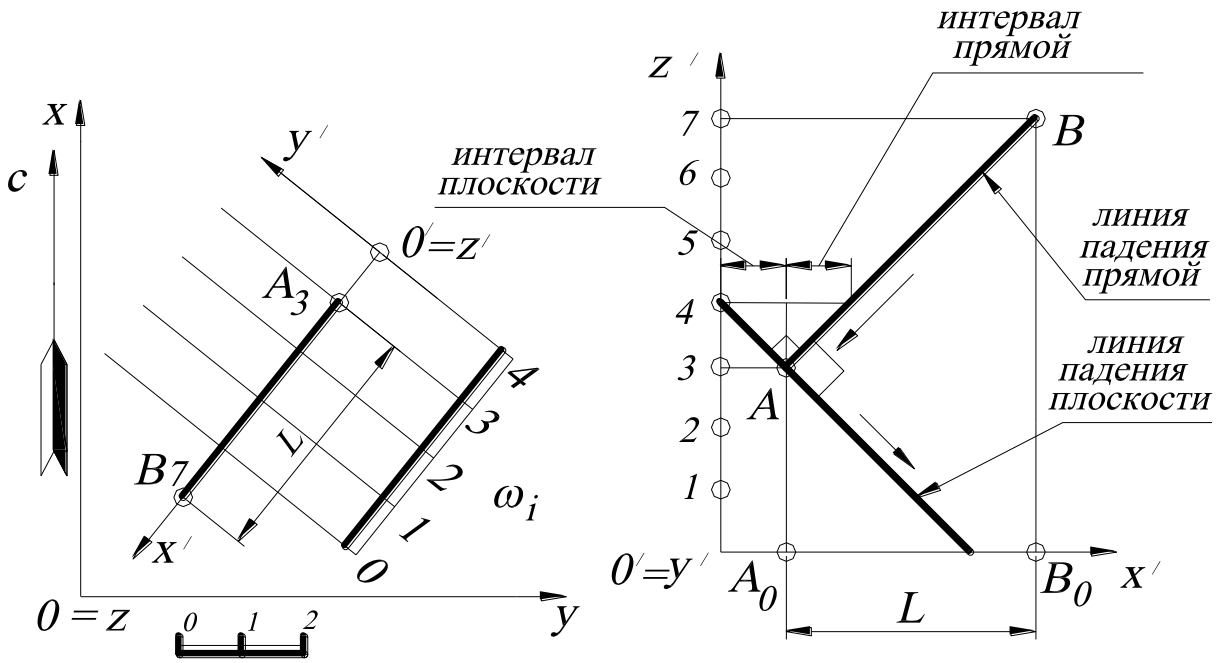


Рис. 146.

Направление падения искомого перпендикуляра и заданной плоскости ω_i противоположны, а интервал перпендикуляра определяется с помощью профиля, построением прямого угла к линии падения плоскости. Таким образом, определив на профиле интервал прямой и отложив его (на плане) на заложении прямой четыре раза в сторону восстания, получают точку B_7.

Можно решить по-другому, то есть построить точку B_7 на профиле и с помощью заложения L найти её на плане. Задача имеет два решения.

Если подобная задача (построение перпендикуляров) решается многократно, то следует прибегнуть к использованию шаблона (полетки), представляющего собой нарисованный прямой угол на прозрачном материале (калька, пластик). Располагая соответствующим образом этот шаблон, можно сразу найти

масштаб заложения прямой, зная масштаб заложения плоскости на профиле, который удобнее всего расположить на миллиметровой бумаге.

2.5. ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПЛОСКОСТЕЙ

Признак перпендикулярности плоскостей. Если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то эти плоскости взаимно перпендикулярны. Вообще говоря, таких перпендикуляров будет целый пучок параллельных прямых, то есть однопараметрическое множество прямых ∞^1 (рис. 147).

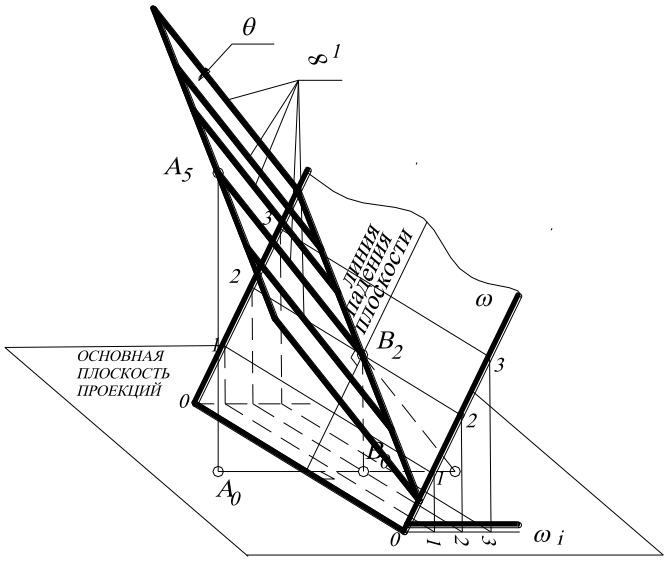


Рис. 147.

ПРИМЕР. Через заданный отрезок прямой $F_{10}D_{30}$ построить плоскость ω, перпендикулярную заданной плоскости $A_{10}B_{20}C_{30}$ (рис. 148).

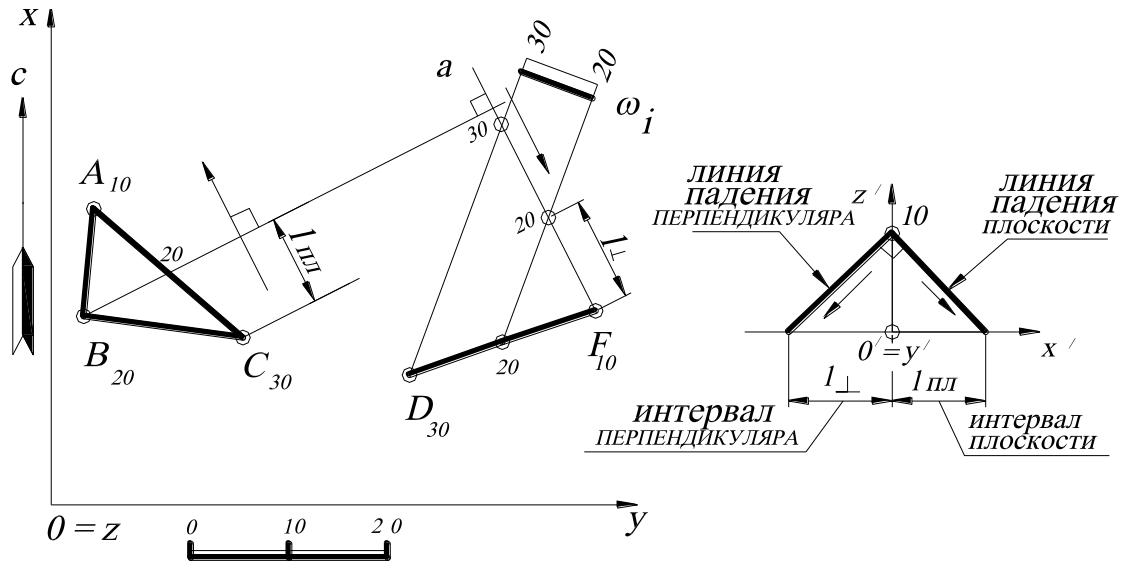


Рис. 148.

Плоскости перпендикулярны, если в одной из них содержится перпендикуляр к другой плоскости. Поэтому через произвольную точку проекции отрезка прямой $F_{10}D_{30}$ (например, через проекцию точки F_{10}) проводят произвольную прямую a, перпендикулярную плоскости треугольника $A_{10}B_{20}C_{30}$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Для этого в плоскости треугольника $A_{10}B_{20}C_{30}$ находят горизонталь. На профиле определяют интервал прямой a. Проградуировав на плане прямую a, зная, что падение перпендикуляра и плоскости противоположно, строят горизонтали искомой плоскости ω. Искомую плоскость на плане задают масштабом заложения ω_i.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить треугольник ***ABC*** и найти его азимут падения α, азимут простирания β, угол падения σ и интервал ***l***. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
2. Через точку ***C*** провести по плоскости ***ABC*** прямую, уклон которой вдвое меньше уклона плоскости. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
3. Построить плоскость P_i, с уклоном ***i=1:1,5***, проходящую через отрезок прямой ***AB***. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***.
4. Плоскость ***ABC*** имеет уклон ***i=1:3***. Определить масштаб чертежа. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
5. Построить точку B_{10}, принадлежащую прямой ***AB***. Прямая ***AB*** перпендикулярна плоскости P_i. Точка ***A*** задана координатами ***A(30, 30, 70)***, плоскость P_i задана точкой ***C(50, 20, 50)***, азимутом падения $\alpha=150^0$, интервалом ***l=20***.
6. Определить расстояние от точки K_{10} до плоскости, заданной треугольником ***ABC***. Точки заданы координатами ***A(20, 40, 20)***, ***B(15, 90, 50)***, ***C(45, 60, 30)***, ***K(35, 100, 10)***.

7. Построить треугольник ***ABC***, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что ***AB=BC=CA=40 мм***, сторона ***AB*** параллельна основной плоскости проекций. Плоскость P_i задана точкой ***A(25, 45, 40)***, азимутом падения $\alpha=150^0$ и интервалом ***l=10***.
8. Построить плоскость P_i, проходящую через точку ***K(20, 40, 55)*** и параллельную плоскости треугольника ***ABC***. Точки заданы следующими координатами: ***A(50, 40, 30)***, ***B(0, 80, 60)***, ***C(70, 80, 0)***.

3. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Решение позиционных и метрических задач значительно упрощается, если геометрические многообразия находятся в частном положении относительно плоскости проекций. Поэтому для более простого решения задач часто прибегают к такому преобразованию чертежа, которое переводило бы интересующие нас прямые и плоские фигуры оригинала из общего положения относительно плоскости проекций в частное (в проецирующие прямые или прямые уровня; в проецирующие плоскости или плоскости уровня).

Под ***позиционными*** будем понимать задачи по определению общих элементов различных геометрических многообразий. К ним относятся задачи на взаимопринадлежность (определение точки на линии или поверхности, проведение плоскости через данные линии и т. п.) и задачи на пересечение геометрических многообразий (нахождение линии пересечения двух поверхностей, определение точки пересечения линии с поверхностью и т. п.).

Метрическими называются задачи, в которых необходимо определить значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п.

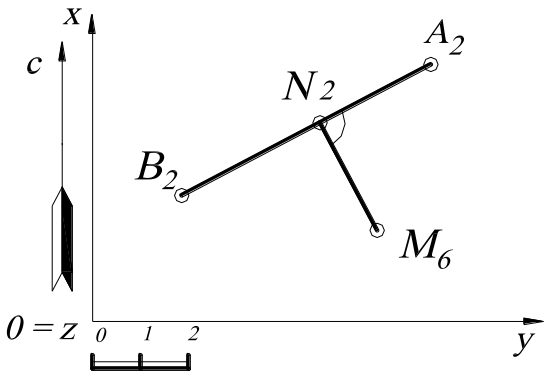
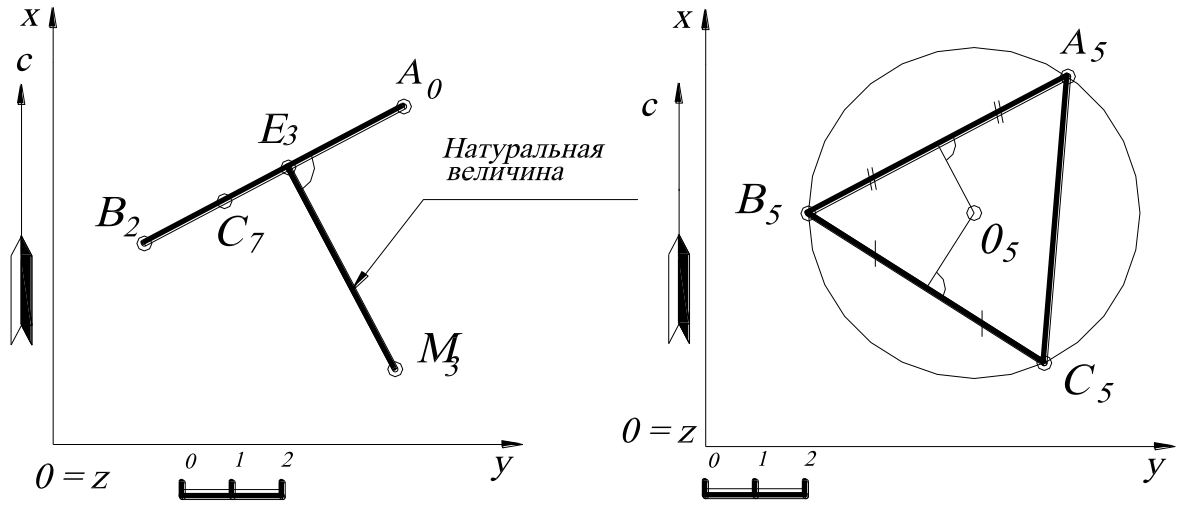


Рис. 149.

Например, для построения перпендикуляра из точки M_6 к горизонтальной прямой A_2B_2 (рис. 149) достаточно провести прямую на плане $M_6N_2 \perp A_2B_2$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Непосредственно по данному чертежу определяется натуральная величина отрезка прямой AB, равная проекции отрезка прямой A_2B_2. Однако для нахождения натуральной величины отрезка прямой общего положения M_6N_2 необходимо выполнить дополнительные построения.

Аналогично решают задачи и в том случае, когда на чертеже даны плоскости частного положения (рис. 150, *а*, *б*).



а *б*

Рис. 150.

Несложно, например, построить перпендикуляр ME (M_3E_3) из точки M (M_3) к проецирующей плоскости, заданной треугольником ABC $(A_0B_2C_7)$, и найти его основание E (E_3). Для этого достаточно провести прямую из проекции точки M_3, перпендикулярную к проекции треугольника $A_0B_2C_7$. При этом одновременно находят натуральную величину расстояния от заданной точки M до плоскости треугольника ABC, равную проекции отрезка M_3E_3 (рис.150, *а*).

Натуральная величина плоских фигур определяется на чертеже тогда, когда плоскость фигуры параллельна плоскости проекций, то есть является плоскостью уровня. На рис. 150, *б* треугольник ***ABC***, лежащий в горизонтальной плоскости Δ_5, проецируется на плане без искажения, то есть проекция этого треугольника равна оригиналу. Поэтому любые построения можно выполнять непосредственно на проекции треугольника $A_5B_5C_5$. Если, например, надо найти центр описанной окружности около треугольника ***ABC***, то для этого достаточно построить окружность, описанную около проекции треугольника $A_5B_5C_5$.

Таким образом, рассмотренные примеры убеждают в преимуществах, которые могут быть получены при переходе от общего расположения оригиналов относительно плоскости проекций к их частному положению.

Изменения взаимного расположения объекта и плоскости проекций можно достичь двумя способами:

1) заменяя данную плоскость проекций новой плоскостью проекций так, чтобы неподвижный объект в пространстве оказался в каком-либо частном положении относительно новой системы отсчёта – ***способ замены плоскостей проекций***;

2) перемещая объект в пространстве так, чтобы он оказался в частном положении относительно неизменной плоскости проекций – ***способы вращения***.

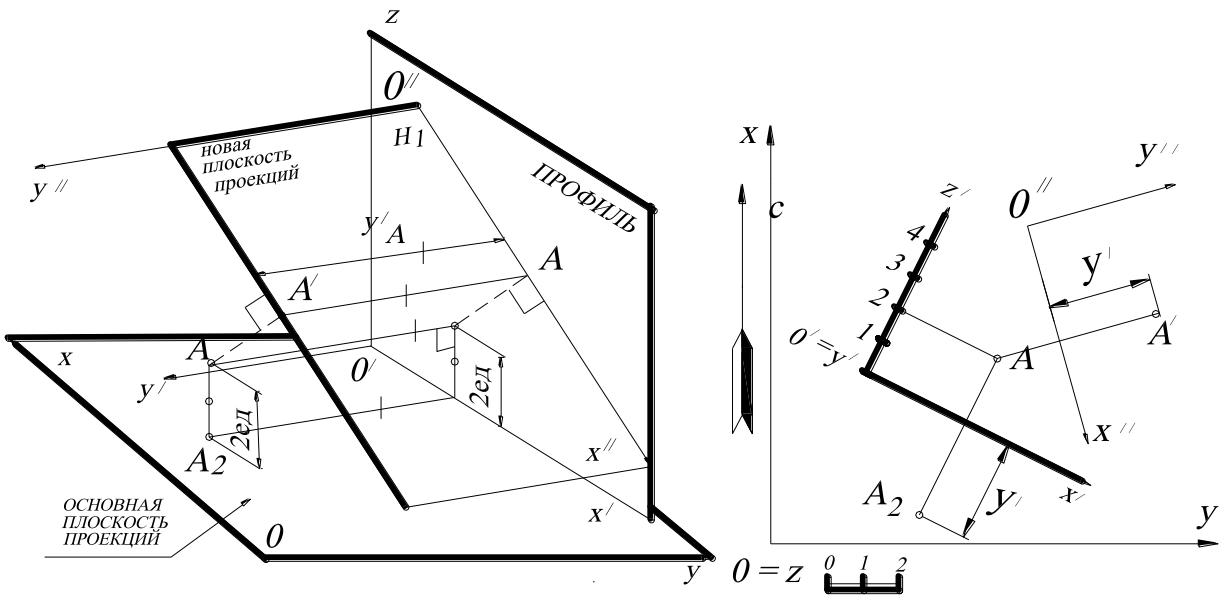
3.1. СПОСОБ ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Особенностью способа замены плоскостей проекций является переход от данной системы координат ***0xyz***, в которой заданы проекции объекта («старая система»), к ***новой*** системе координат $0'x'y'z'$. При этом главным условием является то, что новая плоскость проекций и «старая» взаимно перпендикулярны

(так как используем ортогональное проецирование). Положение самого объекта в пространстве остаётся неизменным.

Пусть некоторая новая плоскость проекций $0'x'z'$ перпендикулярна заданной основной плоскости проекций $0xy$ (рис.151, *а*). Такую новую плоскость проекций называют профилем. Прямая пересечения x' плоскостей $0'x'z' \cap 0xy$ назовём новой осью проекций. Ортогональная проекция точки A_2 обозначается на профиле A. Повернув плоскость профиля вокруг оси x' на 90^0, получают две проекции точки A, которые находятся на одной линии проекционной связи (рис.151, *б*).

Аналогично можно плоскость профиля $0'x'z'$ заменить ещё другой новой плоскостью проекций $0''x''y''$ (см. рис.151, *а*). Проекция точки A' будет находиться на линии проекционной связи, на расстоянии y' от новой оси x'' (см. рис.151, *б*).



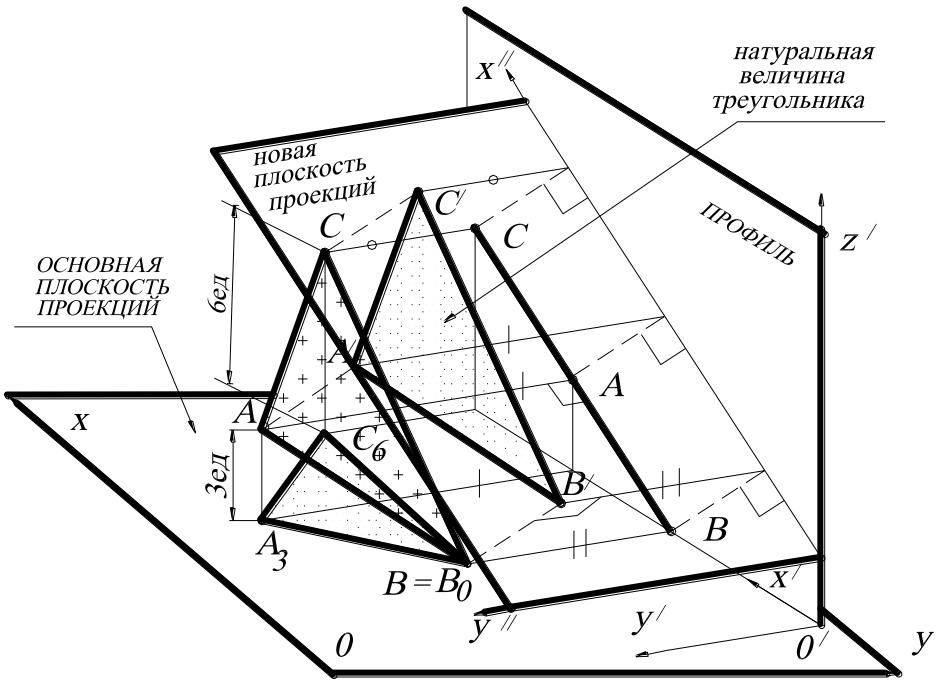
а *б*

Рис. 151.

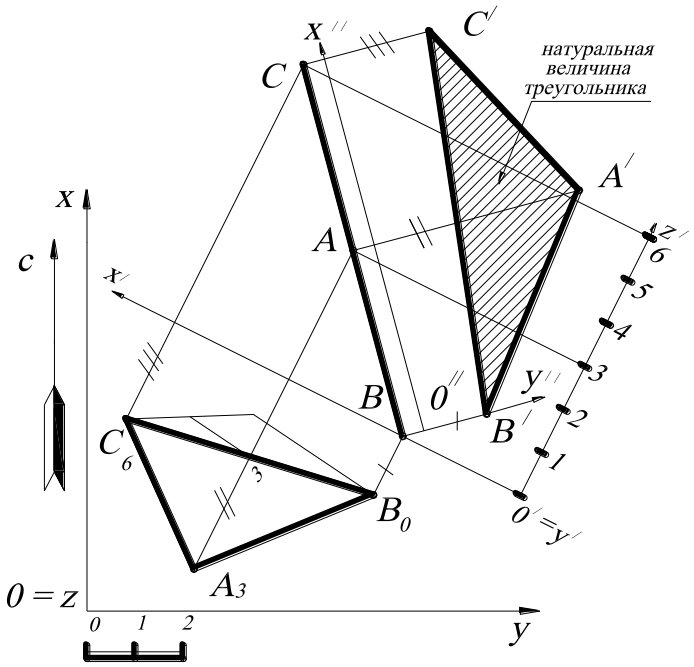
Итак, исходную плоскость проекций можно последовательно заменять новой плоскостью проекций. Причём новая плоскость проекций всегда перпендикулярна к предыдущей плоскости проекций. Дополнительные требования к выбору новой плоскости проекций связаны с конкретными условиями решаемой

задачи, с тем, чего мы хотим добиться в результате преобразования. Рассмотрим несколько задач, при решении которых используется способ замены плоскостей проекций.

Задача 1. Найти натуральную величину треугольника ***ABC*** (рис.152, *а*, *б*).



а



б

Рис. 152.

Треугольник ABC спроецируется на некоторую плоскость проекций в натуральную величину, если треугольник ABC будет параллелен этой плоскости проекций. Другими словами, если треугольник ABC будет находиться в плоскости уровня, по отношению к какой-либо плоскости проекций, то он спроецируется на неё в натуральную величину (см. рис. 150, *б*).

Заданный треугольник $A_3B_0C_6$ занимает общее положение. Плоскость общего положения нельзя сразу преобразовать в плоскость уровня, потому что новая плоскость проекций не будет перпендикулярна к основной плоскости проекций $0xy$ (см. рис.152, *а*). Это возможно лишь для проецирующей плоскости. Поэтому первую новую плоскость проекций (профиль) $0'x'z'$ располагают перпендикулярно к заданному треугольнику $A_3B_0C_6$, то есть перпендикулярно к проекции горизонтали. Только в этом случае плоскость треугольника $A_3B_0C_6$ на профиле будет проецирующей. Следовательно, в плоскости треугольника $A_3B_0C_6$ строят горизонталь. На рис. 152, *б* построим горизонталь h_3, используя градуирование отрезка прямой B_0C_6. Вторую новую плоскость проекций $0''x''y''$ располагают параллельно полученной на профиле проекции треугольника ABC (а следовательно, перпендикулярно к плоскости профиля $0'x'z'$). Тогда треугольник ABC спроецируется на новую плоскость проекций $0''x''y''$ без искажения. Для выполнения этой замены на чертеже проводят (в произвольном месте) ось x'' параллельно профилю треугольника ABC. Затем строят линии проекционной связи из каждой точки профиля треугольника ABC (перпендикулярно к этой оси x'') и откладывают на них оси x'' координаты y'_A, y'_B, y'_C (аналогично, как показано на рис. 151, *б*).

Таким образом, используя проецирование на дополнительные плоскости проекций, можно преобразовать: плоскость общего положения – в проецирующую; проецирующую – в плоскость уровня и двумя последовательными преобразованиями, плоскость общего положения – в плоскость уровня.

Задача 2. Найти натуральную величину двугранного угла между плоскостями ***ABC*** и ***ADC*** (рис. 153).

Двугранный угол измеряется линейным углом, который получается при пересечении его граней плоскостью, перпендикулярной его ребру ***AC***.

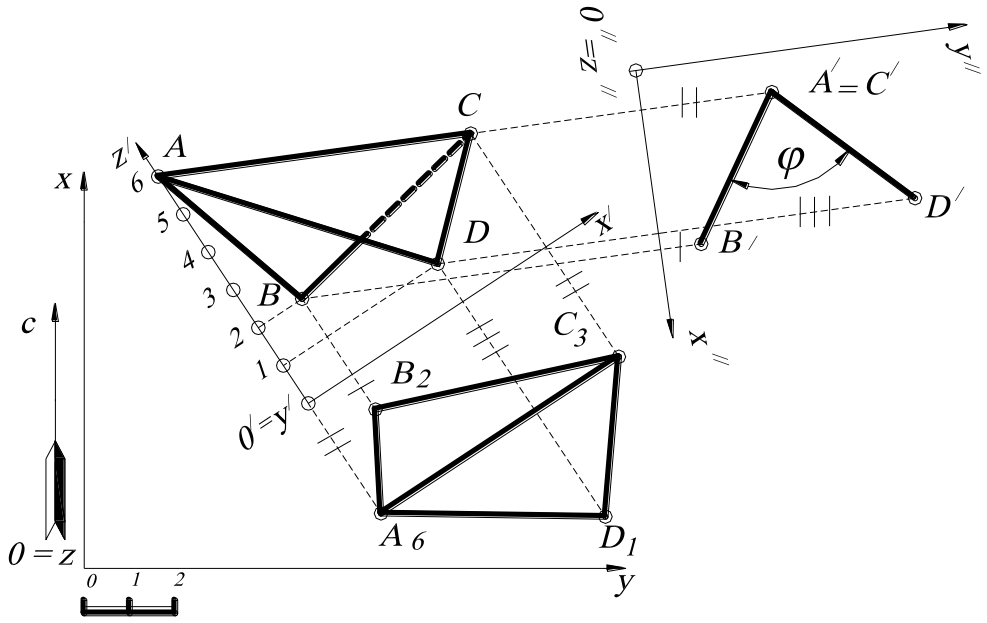


Рис. 153.

Поэтому в данной задаче необходимо новую плоскость проекций выбрать так, чтобы отрезок прямой A_6C_3 на этой плоскости проекций стал проецирующим. Отрезок прямой A_6C_3 задаёт прямую общего положения, а прямую общего положения нельзя сразу преобразовать в проецирующую, так как новая плоскость проекций, перпендикулярная к прямой общего положения, не будет перпендикулярна к заданной основной плоскости проекций ***0xy***. Следовательно, сначала вводят новую плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль), перпендикулярную ***0xy*** и параллельную A_6C_3 – на чертеже ось x' параллельна A_6C_3, а затем плоскость профиля $0'x'z'$ заменяют на новую плоскость проекций $0''x''y''$. Прямая A_6C_3 по отношению к плоскости профиля $0'x'z'$ стала прямой уровня, а по отношению к $0''x''y''$ - проецирующей. Построения на новые плоскости проекций треугольников $A_6B_2C_3$ и $A_6C_3D_1$ выполняются по аналогии построениям предыдущей задачи. Угол φ - это искомый угол между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6C_3D_1$.

Задача 3. Найти расстояние и угол между скрещивающимися прямыми ***AB*** и ***CD*** (рис. 154).

Угол между скрещивающимися прямыми равен углу между параллельными им пересекающимися прямыми. Поэтому проводят через точку D_4 прямую, параллельную A_6B_2 – на чертеже появляется её проекция D_4E_0. Искомый угол φ равен углу $\angle C_0D_4E_0$. Найти натуральную величину этого угла – это то же самое, что найти величину $\Delta C_0D_4E_0$. Это сделано точно так же, как в задаче 1. Строится плоскость профиля, перпендикулярная горизонтали треугольника $C_0D_4E_0$ (то есть $h_0 = C_0E_0$), а затем задаётся новая плоскость проекций $0''x''y''$, параллельная профилю треугольника ***CDE***.

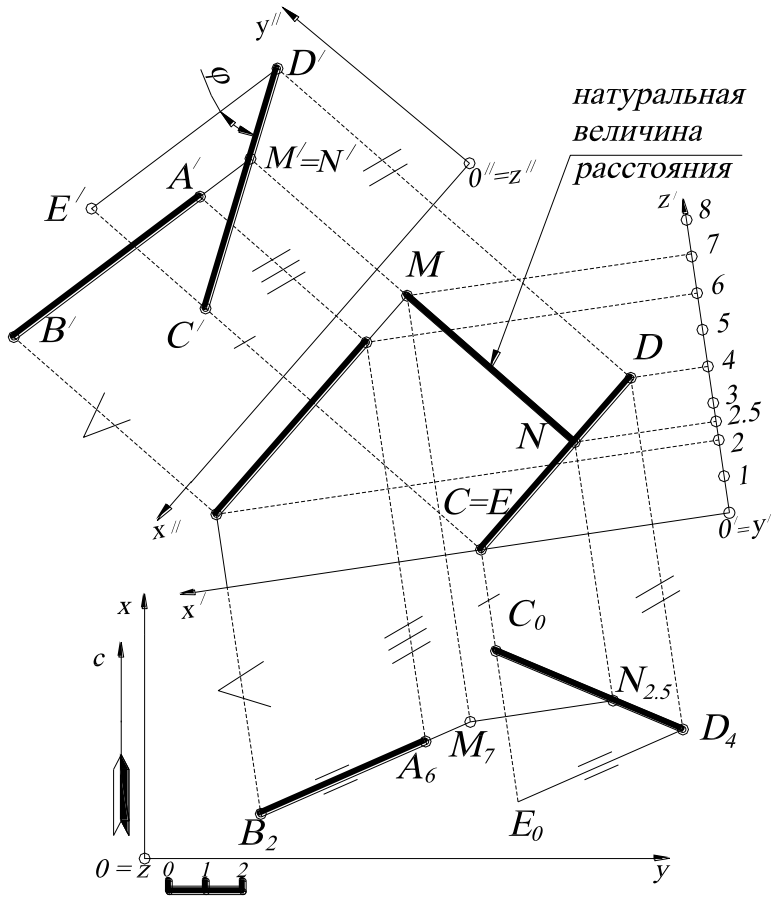


Рис. 154.

Кроме того, общая точка $M'=N'$ проекций $A'B'$ и $C'D'$ - это проекция на $0''x''y''$ общего перпендикуляра ***MN*** прямых ***AB*** и ***CD***, которым измеряется расстояние между ними. Поскольку $MN \perp 0''x''y''$, то $MN \parallel 0'x'z'$. Следовательно, ***MN*** проецируется на плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль) в натуральную величину.

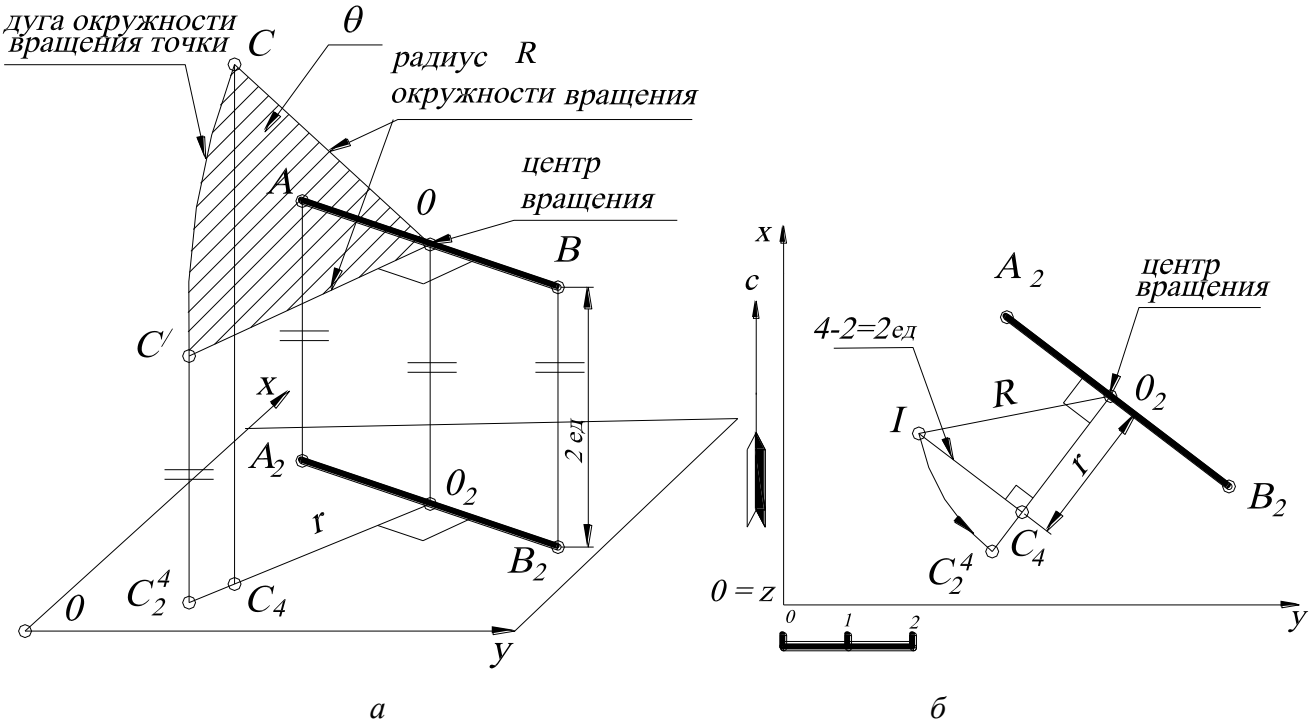
3.2. СПОСОБЫ ВРАЩЕНИЯ

В отличие от способа замены плоскостей проекций, где заданная фигура оставалась неподвижной, а плоскости проекций изменялись, преобразование чертежа можно добиться обратным путём, а именно: оставив плоскость проекций неподвижной, переместить фигуру в пространстве до желаемого положения. Такое перемещение фигуры в пространстве выполняется с помощью вращения.

Вращением фигуры вокруг оси называется такое движение, при котором каждая точка фигуры перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна к оси вращения, центр расположен в точке пересечения оси вращения с плоскостью вращения, а радиус равен расстоянию от точки до оси вращения. В проекциях с числовыми отметками в основном используется способ вращения вокруг линии уровня.

Вращение вокруг линии уровня

Рассмотрим сначала сущность способа на примере вращения точки C_4 вокруг горизонтали $h_2 = A_2B_2$ (рис. 155).



а *б*

Рис. 155.

Пусть нужно построить проекцию точки C_4 после вращения вокруг горизонтальной прямой A_2B_2 на числовую отметку $z=2$ (новую проекцию точки после вращения будем обозначать C_2^4).

При вращении вокруг линии уровня точка C перемещается по окружности, плоскость которой θ перпендикулярна к линии $h_2 = A_2B_2$ (см. рис.155, *а*). Окружность с центром 0 и радиусом $R=|0C|$ проецируется на плоскость проекций $0xy$ в виде отрезка прямой $0_2C_2^4$. После поворота точки C, до совмещения с числовой отметкой $z=2$, точка C переместиться в точку C', которая спроецируется в точку C_2^4.

На чертеже эта задача решается следующим образом (см. рис. 155, *б*). Через точку C_4 проводят прямую, перпендикулярную к горизонтали $h_2 = A_2B_2$, и находят центр вращения 0_2. Отрезок прямой $C_40_2 = r$ – это проекция радиуса вращения точки C. Методом прямоугольного треугольника определяют натуральную величину радиуса вращения точки $R = 0_2I$. После этого обратным перемещением точки I находят новое положение точки C_2^4. Таким образом, точка C_4 перейдёт в положение C_2^4, а проекция отрезка прямой $0_2\ C_2^4$ будет параллельна основной плоскости проекций $0xy$.

Задача 1. Определить натуральную величину треугольника $A_6B_2C_{10}$ вращением вокруг горизонтали (рис. 156).

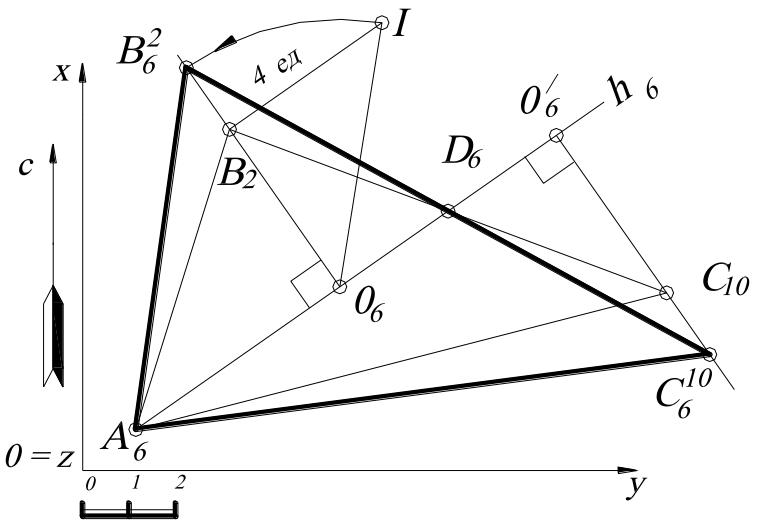


Рис. 156.

Через точку A_6 проводят горизонталь плоскости $A_6B_2C_{10}$. Для этого находят на прямой B_2C_{10} точку, имеющую отметку $z=6$ (выполняется с помощью градуирования, на чертеже не показано). При вращении вокруг горизонтали h_6 точка B_2 и точка C_{10} перемещаются в пространстве по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения A_6D_6. Проекция радиуса вращения для точки B – B_2O_6, а для C – $C_{10}O'_6$. Находят натуральную величину радиуса вращения точки B_2 методом прямоугольного треугольника, а затем полученный отрезок совмещают с проекцией радиуса – точка B_6^2. Точку C_6^{10} можно определять аналогичным способом. Однако точка D_6 при вращении является неподвижной (так как принадлежит горизонтали h_6). Следовательно, прямая, соединяющая точки B_6^2 и D_6, в пересечении с прямой O'_6C_{10} определит точку C_6^{10}. Таким образом, треугольник $A_6\ B_6^2\ C_6^{10}$ будет являться натуральной величиной, так как параллелен основной плоскости проекций.

Второй вариант решения задачи – вращение треугольника $A_6B_2C_{10}$ с построением профиля, как показано на рис. 157. При этом плоскость профиля $0'x'z'$ задаётся перпендикулярно к горизонтали h_6. Тогда по отношению к плоскости профиля горизонталь h_6 будет являться проецирующей, а все точки треугольника будут перемещаться по окружностям, плоскости которых будут параллельны плоскости профиля (будут проецироваться на профиль в натуральную величину).

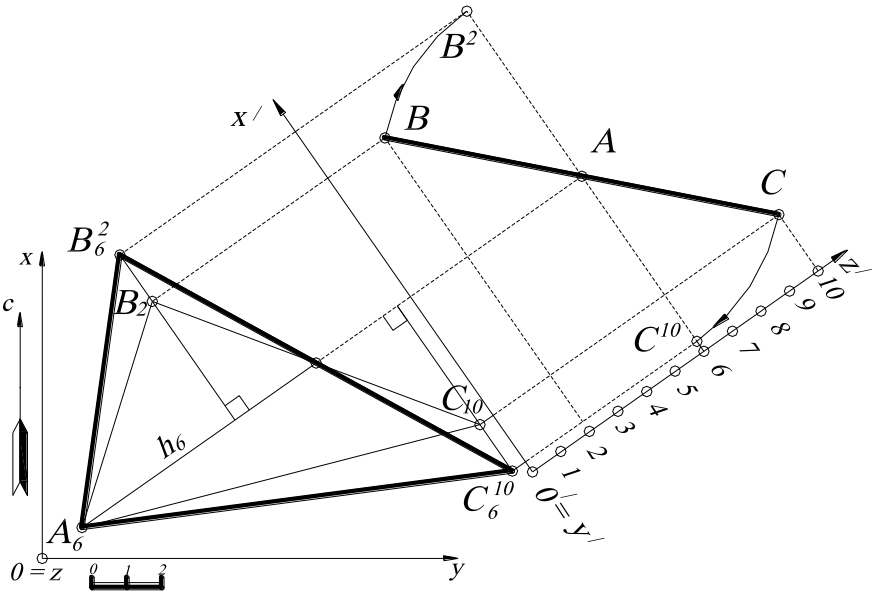


Рис. 157.

Задача 2. Найти угол наклона прямой A_7B_2 к плоскости общего положения P_i (рис. 158).

Угол наклона прямой к плоскости – это угол между заданной прямой и её проекцией на заданную плоскость. ***Алгоритм*: 1.** Находят точку пересечения заданного отрезка прямой AB и плоскости P_i – точка C. **2.** Из другого конца отрезка прямой AB (точки A) строят перпендикуляр m к заданной плоскости P_i и находят точку пересечения перпендикуляра m и заданной плоскости P_i – точка D. **3.** Прямая CD является проекцией отрезка заданной прямой AB на плоскость P_i. Поэтому угол θ - угол между прямыми AC и CD – искомый.

Решение задачи упрощается при построении профиля. Точка C определяется на плане из условия принадлежности к отрезку прямой AB, а точка D строится вначале на профиле, а затем по проекционной связи на плане (см. перпендикулярность прямой и плоскости). Построив проекцию угла θ, определяют натуральную величину этого угла вращением вокруг любой горизонтали, например, h_3.

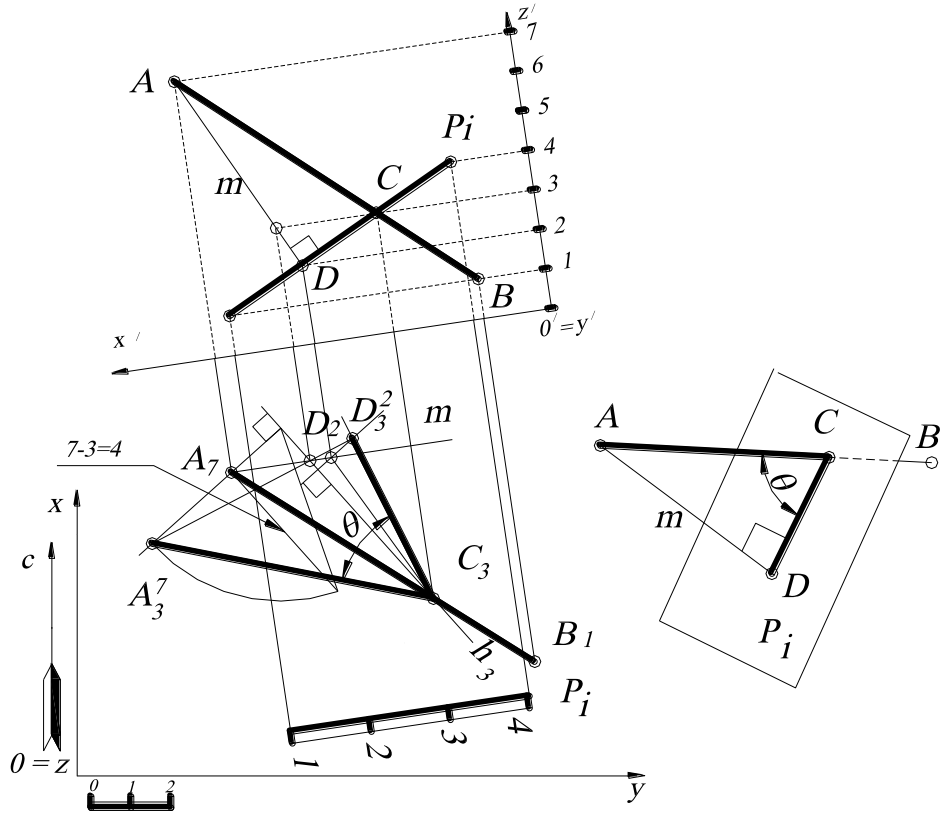
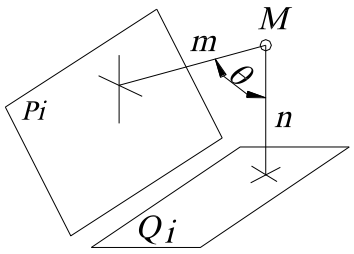


Рис. 158.

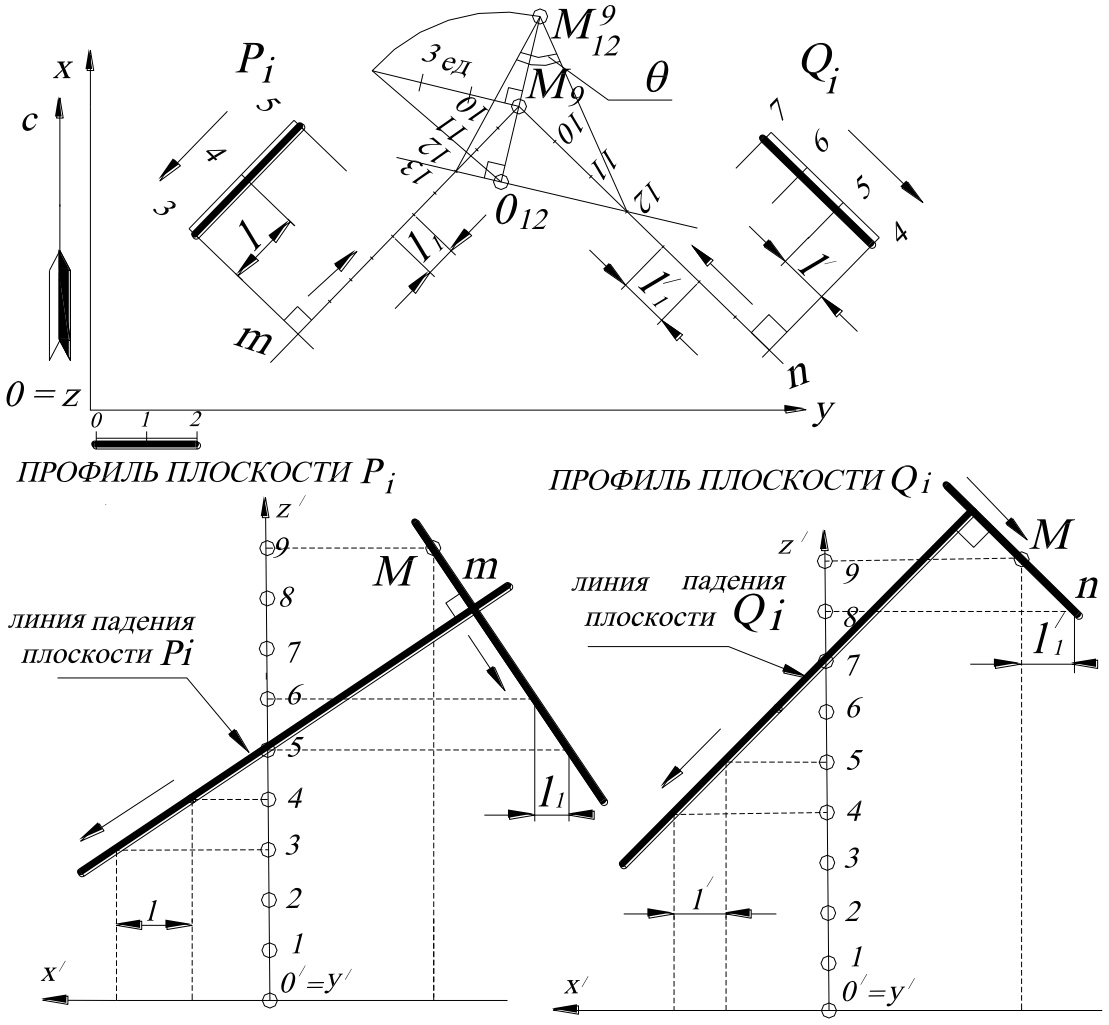
Задача 3. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i.

Эту задачу решим двумя способами.

Решение 1: (рис.159, *а*, *б*). Для первого решения этой задачи используют следующий ***алгоритм*** (см. рис.159, *а*) Выбирают произвольную точку ***M***, из которой строят прямые ***m*** и ***n***, перпендикулярные плоскостям P_i и Q_i соответственно. Прямые ***m*** и ***n*** задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями.



а



б

Рис. 159.

На плане (см. рис. 159, *б*) плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например M_9, из которой строят проекции перпендикуляров ***m*** и ***n*** к заданным плоскостям соответственно. Проекции этих перпендикуляров на плане проецируются прямыми, перпендикулярными к проекциям горизонталей заданных плоскостей P_i и Q_i. Причём направление падения плоскости и направление падения перпендикуляра – противоположны. Для определения интервалов ***m*** и ***n*** строят профили перпендикуляров к линиям падения заданных плоскостей (см. рис. 159, *б*), то есть к линии падения плоскости проводят перпендикулярную прямую. Это можно сделать из любой точки, так как интервал перпендикуляра от этого не меняется. Затем на плане градуируют проекции ***m*** и ***n***, в соответствии с направлением падения. Проекции прямых ***m*** и ***n*** задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям P_i и Q_i. Угол при вершине M_9 определяет проекцию двугранного угла между заданными плоскостями P_i и Q_i. Далее находят натуральную величину угла θ вращением вокруг произвольной горизонтали, например ***12***-й. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Решение 2*:** (рис. 160, *а*, *б*). Для решения задачи используют следующий ***алгоритм (см. рис.160, *а*):

1. Находят линию пересечения ***a*** заданных плоскостей P_i и Q_i.

2. Строят плоскость F_i перпендикулярную к линии пересечения плоскостей ***a***.

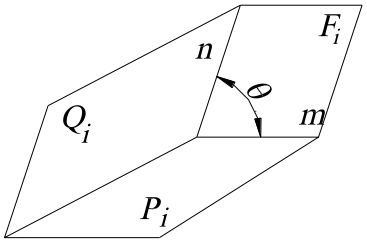
3. Находят линии пересечения ***m*** и ***n*** заданных плоскостей P_i и Q_i. с плоскостью F_i.

4. Угол θ между прямыми ***n*** и ***m*** является двугранным углом между заданными плоскостями P_i и Q_i.

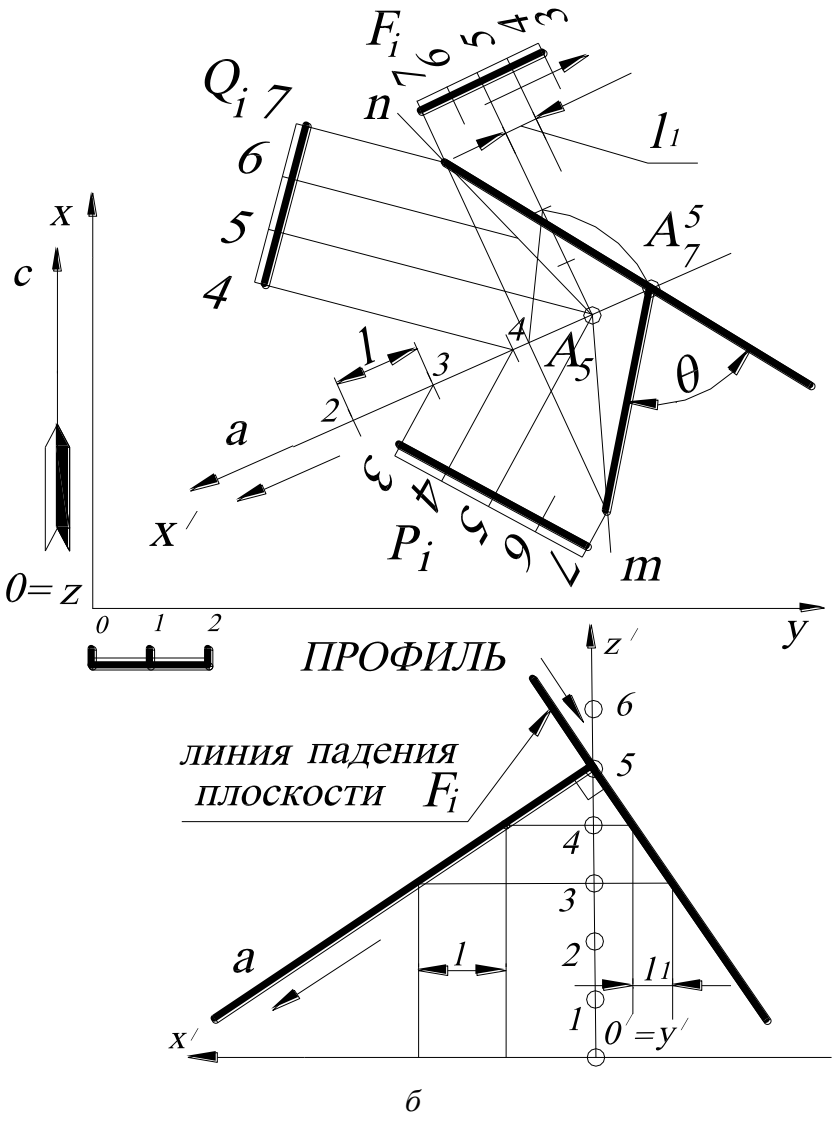
Построение на чертеже выполняется следующим образом (см. рис.160, *б*).

1. Плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. Проекция линии пересечения заданных плоскостей ***a*** задаётся парой точек – точек пересечения двух

пар горизонталей плоскостей P_i и Q_i с одинаковыми высотными отметками (h_4–h_4 и h_5-h_5). Для удобства построения точка пересечения горизонталей с **5**-й высотной отметкой обозначена A_5.



а



б

Рис. 160.

2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой ***a***. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к

заложению (проекции) прямой ***a***, а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой ***a*** и перпендикулярной плоскости F_i, заданной на профиле линией падения. Интервал l_1 определяет горизонтали плоскости F_i с отметками ***4***-й и ***3***-й.

3. Находят линии пересечения заданных плоскостей P_i и Q_i и построенной плоскости F_i – ***m*** и ***n*** соответственно. Пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками задаёт прямые ***m*** и ***n***.

4. Вращением точки A_5 вокруг любой горизонтали плоскости (например, *7*-й), находят натуральную величину двугранного угла θ. Двугранный угол между плоскостями считается острым. Поэтому на рис. 160, *б* угол θ показан смежным с построенным тупым углом.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Показать на примере нахождение натуральной величины треугольника методом замены плоскостей проекций; методом вращения.
2. Построить точку ***S***, равноудалённую от заданных точек ***A***, ***B*** и ***C*** и удалённую от плоскости треугольника ***ABC*** на расстояние 25 мм. Координаты точек задать самостоятельно.
3. Построить точку ***S***, равноудалённую от заданных точек ***A***, ***B*** и ***C*** на расстояние 50 мм.
4. Дано: точка O_3, точка $A_?$ и расстояние ***R***. Найти числовую отметку точки ***A***, если известно, что расстояние между точками ***A*** и ***O*** равно ***R***.
5. Дано: точки ***A***, ***B***, ***C*** и ***D***. Построить проекцию точки ***O***, равноудалённую от четырёх данных точек.
6. Дано: три параллельные прямые ***AB***, ***CD*** и ***EF***. Построить прямую, равноудалённую от заданных прямых.

4. КРИВЫЕ ЛИНИИ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин «***кривая***» в различных разделах математики определяют по-разному. В начертательной геометрии кривую рассматривают как траекторию движения точки, как линию пересечения двух поверхностей и т. п.

Кривые классифицируются по их уравнениям и подразделяются на ***алгебраические*** и ***трансцендентные****, в зависимости от того, являются ли их уравнения алгебраическими или трансцендентными в прямоугольной системе координат.

Если кривая не описывается аналитически, то она называется незакономерной, например, задание топографической поверхности множеством плоских незакономерных кривых.

Алгебраические кривые подразделяются в зависимости от порядка кривой. Порядок кривой определяется степенью ее алгебраического уравнения, освобожденного от корней и радикалов.

Кривая называется ***плоской***, если все ее точки принадлежат некоторой плоскости, в противном случае она называется ***пространственной***.

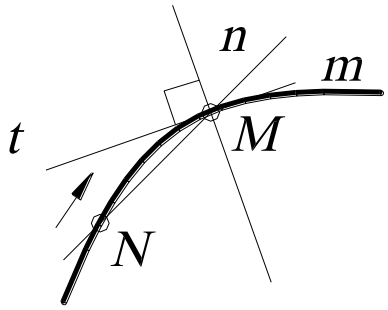


Рис. 161.

Для исследования локальных свойств плоской кривой строят в выбранной точке ***касательную*** и ***нормаль*** (рис. 161).

Касательной прямой ***t*** в точке ***M*** кривой ***m*** называется крайнее положение секущей ***MN***, когда точка ***N*** линии ***m*** стремится к точке ***M***.

* Алгебраическими называются кривые, которые описываются алгебраическими уравнениями (окружность, парабола, гипербола и т.д.)
Трансцендентными называются кривые, которые описываются тангенциальными уравнениями (синусоида, циклоида и т. д.)

Нормалью n к плоской кривой в точке ***M*** называется прямая, перпендикулярная касательной ***t*** в этой точке.

Для пространственной кривой в каждой точке имеется бесчисленное множество (∞^1) нормалей, образующих нормальную плоскость.

Точка кривой называется ***обыкновенной (регулярной)***, если в этой точке можно построить единственную касательную к кривой. Кривая в этой точке ***гладкая***.

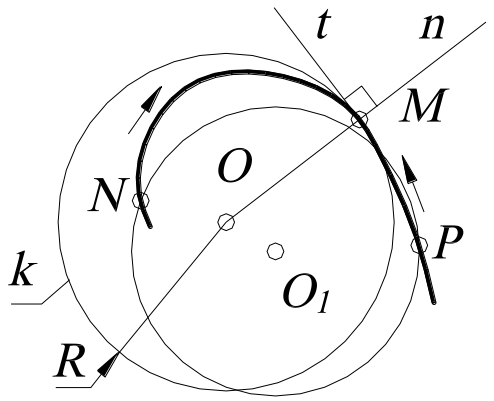


Рис. 162.

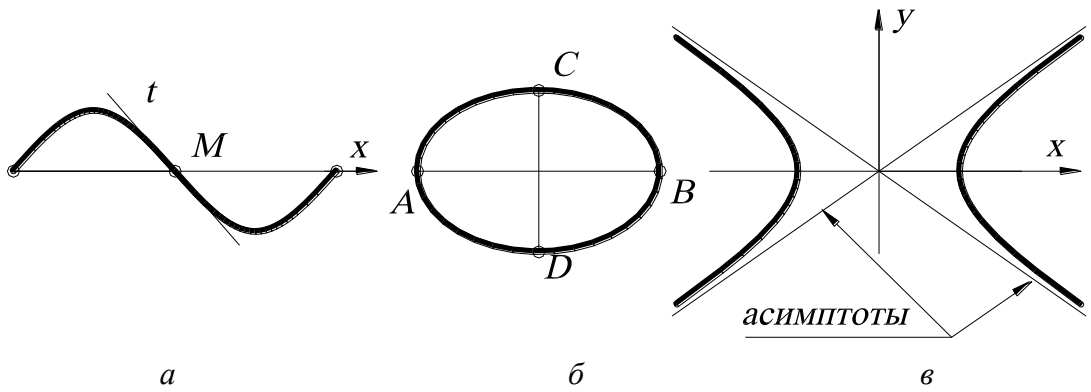
К локальным свойствам кривой также относится понятие ***кривизны***. Предельное положение окружности ***к***, проходящей через точку ***M*** и две другие ее близкие точки ***N*** и ***P***, когда $N \to M$, $P \to M$, называется ***кругом кривизны*** (или ***соприкасающаяся окружность***) кривой в точке ***M*** (рис. 162).

Центр ***O*** круга кривизны называется ***центром кривизны*** для точки ***M*** и находится на нормали к кривой в направлении ее вогнутости. ***Радиус круга кривизны R*** называется радиусом кривизны. Величина ***K = 1/R***, обратная радиусу кривизны, называется ***кривизной кривой*** в данной точке.

Если в обыкновенной точке ***M*** кривой ***m*** кривизна имеет экстремальное значение, в частности, равна нулю, то точка ***M*** называется ***специальной***. К специальным точкам относятся ***точки перегиба*** (рис. 163, *а*)***, вершины кривой*** (рис. 163, *б*)***, несобственные точки*** (рис. 163, *в*).

В точке перегиба ветви кривой расположены по разные стороны от касательной ***t***, кривизна равна нулю, так как радиус кривизны становится бесконечно большим, например, кривизна *синусоиды* в точке ***M*** (см. рис. 163, *а*) равна нулю. В точке перегиба кривизна меняет знак. С одной стороны точки кривая ***выпуклая***, с другой – ***вогнутая***.

В окрестности неособой точки кривизна меняется плавно, в точке особой – скачком. Точки, в которых кривизна наибольшая или наименьшая, называются ***вершинами*** кривой. Вершины синусоиды (см. рис.163, *а*) – это её высшие и низшие точки.



а *б* *в*

Рис. 163.

В вершинах кривой кривизна имеет ***максимум*** или ***минимум***. Например, в точках ***A*** и ***B*** эллипса кривизна имеет максимальное значение, а в точках ***C*** и ***D*** – минимальное (см. рис.163, *б*). ***Несобственные точки кривой*** – это бесконечно удаленные точки пересечения кривой с несобственной прямой плоскости. Такие точки на чертеже имеют собственного представителя – ***асимптоты***. Другими словами, касательная к кривой в её бесконечно удалённой точке называется ***асимптотой***. Например, гипербола имеет две несобственные точки – две асимптоты (см. рис.163, *в*).

Две кривые ***касаются***, если в их общей точке у них общая касательная.

Точки кривой называются ***особыми***, если в них не определено положение касательной. К ним относятся ***узловые*** (рис.164, *а*)***, изолированные*** (рис. 164, *б*)***, точки возврата*** первого и второго рода (рис.164, *в*, *г*), ***точки самоприкосновения*** (рис. 164, *д*)***, точки излома*** (рис. 164, *е*)***, точки прекращения***(рис. 164, *ж*)***, асимптотические*** (рис. 164, *з*).

Изолированная точка – действительная точка пересечения мнимых ветвей. Она может быть расположена вне действительной ветви кривой, однако ее координаты будут удовлетворять уравнению кривой.

Особые точки типа точки излома, точки прекращения, асимптотические точки могут существовать только у трансцендентных кривых.

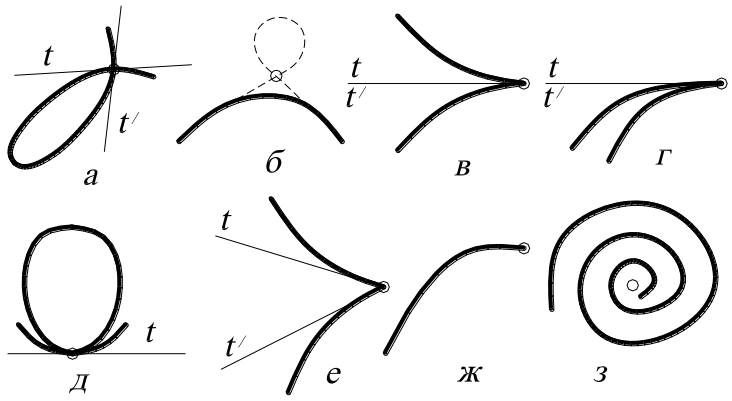


Рис. 164.

Асимптотическая точка (не путать с несобственной, бесконечно удаленной точкой) – это точка, вокруг которой кривая «закручивается» бесконечное число раз, подходя к ней на сколь угодно малое расстояние.

Уравнение ***f(x, y, C)=0***, где ***C*** – переменный параметр, определяет *однопараметрическое семейство кривых*. Кривая, касающаяся каждой кривой семейства, называется ***огибающей*** этого семейства. Каждая кривая является огибающей семейства своих касательных и семейства своих соприкасающихся окружностей.

На рис.165 показано семейство окружностей радиуса ***r***, центры которых лежат на окружности радиуса ***R***. Огибающая этого семейства – пара окружностей, если ***R>r*** (рис.165, *а*), ***R<r*** (рис.165, *в*), и одна окружность, если ***R=r*** (рис.165, *б*).

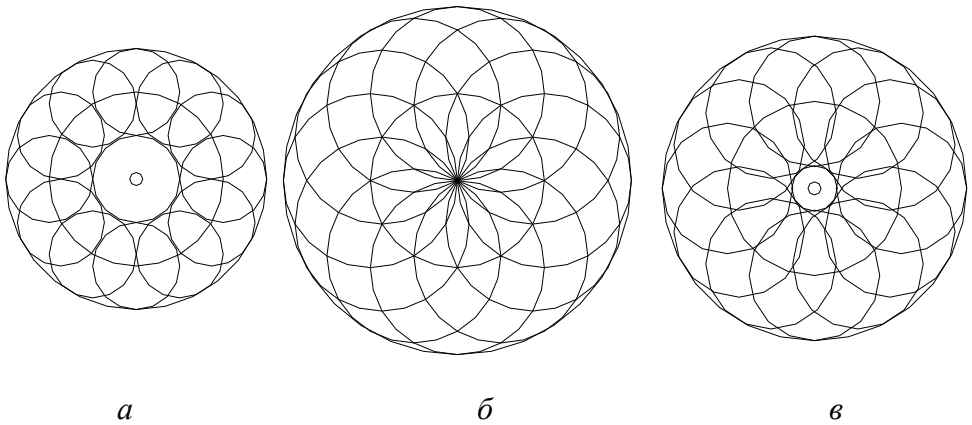


Рис.165

4.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Плоские алгебраические кривые имеют три основные характеристики: ***порядок, класс, жанр.***

Порядок алгебраической кривой определяется степенью ее уравнения, записанного в декартовых координатах, после освобождения его от дробей и радикалов.

Алгебраическая кривая ***n***-го порядка определяется простыми $\frac{n\cdot(n+3)}{2}$ точками или соответствующим количеством кратных точек.

Кратная точка ***p*** эквивалентна следующему числу простых точек, вычисляемому формулой $\frac{p\cdot(p+1)}{2}$. Например, ***p =2***, двухкратная точка эквивалентна заданию трех простых точек, так как $\frac{2\cdot(2+1)}{2}=3$; ***p=3***, трехкратная точка эквивалентна заданию шести простых точек, так как $\frac{3\cdot(3+1)}{2}=6$ и т. д.

Графически порядок кривой определяется максимальным количеством точек пересечения кривой линии с прямой. При этом надо иметь в виду, что в число точек пересечения входят как действительные, так и мнимые точки. Например, задана кривая третьего порядка ***m***, которую прямая ***a*** пересекает в трех действительных различных точках, прямая ***b*** – в двойной и простой точках, прямая ***c*** – в двух совпавших (здесь касается) и одной отличной от них точках, а прямая ***d*** – в одной действительной и двух мнимых точках (рис. 166).

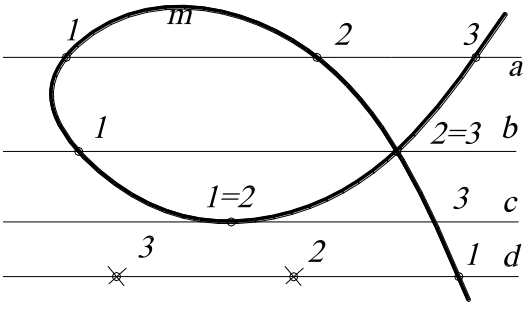


Рис. 166.

Класс алгебраической кривой определяется степенью ее уравнения, записанного в тангенциальных координатах, что можно определить графиче-

ски числом касательных, действительных или мнимых прямых, которые можно провести к этой кривой из произвольной точки, не лежащей на ней.

Кривые второго порядка являются также кривыми второго класса. Для кривых высших порядков в общем случае класс не равен порядку. Например, кривые третьего порядка могут быть кривыми третьего, четвертого, шестого классов.

Порядок кривых n, класс k, число двойных (узловых и изолированных) точек d, число точек возврата r, число двойных касательных t, число точек перегиба w связаны между собой формулами Плюккера:

$$k = n\cdot(n - 1) - 2d - 3r\ ; \qquad w = 3n\cdot(n - 2) - 6d - 8r;$$

$$n = k\cdot(k - 1) - 2t - 3w\ ; \qquad r = 3k\cdot(k - 2) - 6t - 8w\ .$$

Из этих формул следует, что кривая n-го порядка, не имеющая особых точек, будет кривой класса $k = n\cdot(n-1)$, а число точек перегиба такой кривой определяется равенством $w = 3n\cdot(n-2)$, причем в числе точек перегиба могут быть и мнимые.

При отсутствии особых точек алгебраическая кривая имеет максимально возможное число точек перегиба. Известно, что кривая n-го порядка может иметь не более $\frac{(n-1)\cdot(n-2)}{2}$ двойных точек.

Жанр (***род***) кривой определяется числом p, являющимся разностью между наибольшим числом двойных точек, которые может иметь кривая этого порядка, и их фактическим числом у данной кривой.

$$p = \frac{(n-1)(n-2)}{2-d-r} \qquad \text{или} \qquad p = \frac{(k-1)(k-2)}{2-t-w}.$$

Если рассматриваемая кривая имеет наибольшее число двойных точек, возможных для кривой ее порядка, то она будет кривой нулевого жанра.

Кривая нулевого жанра обладает весьма важным свойством, а именно: координаты точки, описывающей эту кривую, могут быть выражены рациональными функциями некоторого параметра.

В силу этого свойства кривые нулевого жанра называются рациональными (уникурсальными) кривыми.

Более сложными по свойствам являются кривые первого, второго и т. д. жанров. Например, в случае кривых первого жанра правые части их параметрических уравнений могут быть выражены эллиптическими функциями параметра, в силу чего такие функции называют эллиптическими.

Для рациональных кривых количество точек перегиба минимально, а количество особых точек максимально.

4.3. ПРИБЛИЖЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ КАСАТЕЛЬНЫХ И НОРМАЛЕЙ К ПЛОСКИМ КРИВЫМ

Касательные и нормали к плоским кривым можно строить графически или с помощью специальных приборов. Рассмотрим способы построения касательных и нормалей к плоским кривым, основанные на построении так называемых кривых ошибок.

Построение касательной, проходящей через точку, лежащую вне данной кривой (рис. 167).

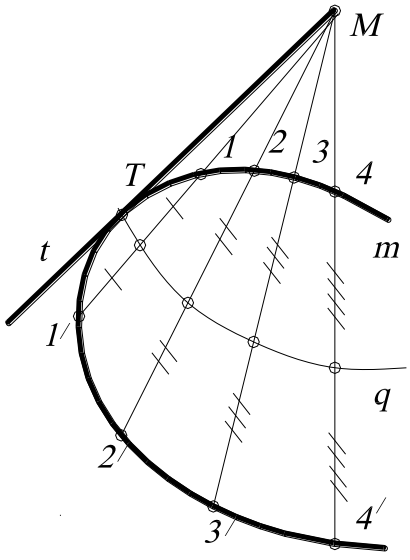


Рис. 167.

Через данную точку ***M*** проводят ряд секущих прямых. Точки их пересечения с кривой ***m*** обозначим соответственно ***1***, ***1′***, ***2***, ***2′***, ***3***, ***3′***, ***4***, ***4′***. Находим середину каждой из полученных хорд и построим кривую ***q***, являющуюся их геометрическим местом. Точка ***T*** пересечения данной и построенной кривых будет точкой касания, а прямая ***TM*** – искомой касательной. Линию ***q*** называют ***кривой ошибок***.

Построение касательной, параллельной заданному направлению S

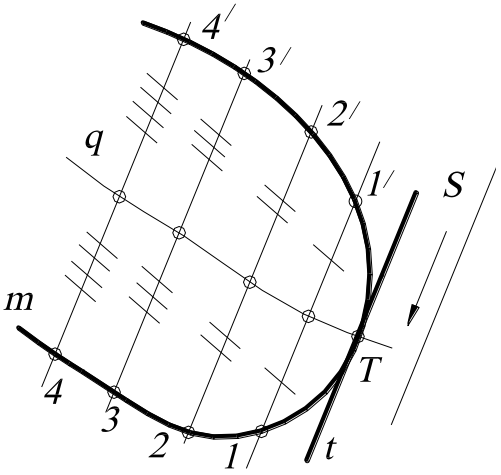


Рис. 168.

Проводят ряд прямых, параллельных прямой ***S*** и пересекающих данную кривую ***m*** соответственно в точках ***1***, ***1′***, ***2***, ***2′***, ***3***, ***3′***, ***4***, ***4′*** (рис. 168). Находят середины хорд ***11′***, ***22′***, ***33′***, ***44′*** и строят кривую ошибок ***q*** – геометрическое место середины хорд. Точка пересечения построенной и данной кривых будет точкой касания. Касательная ***t*** проходит через точку ***T*** параллельно данному направлению ***S***.

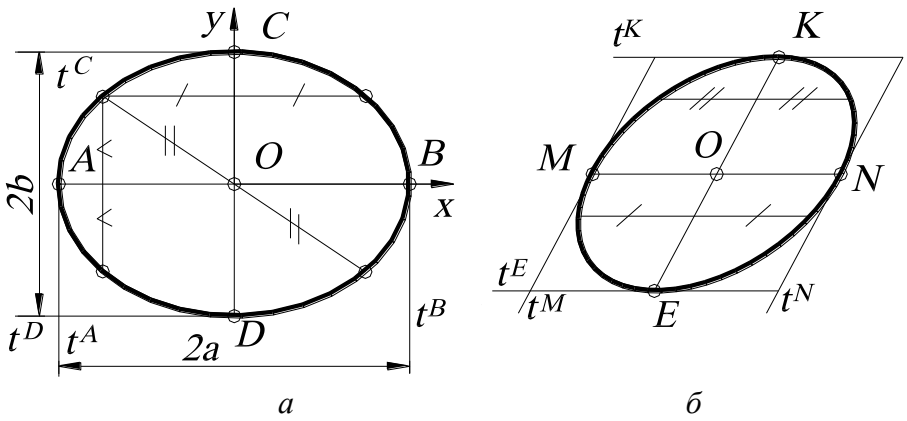
4.4 КРИВЫЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА (КОНИКИ)

Уравнениям второй степени соответствуют кривые второго порядка: эллипс, гипербола и парабола. Окружность является частным случаем эллипса. Все эти линии можно встретить на конической поверхности вращения, поэтому их нередко называют кониками (построение конических сечений см. в п. 6.5 «Конические сечения»).

Параметрическое число ***p*** кривых второго порядка равно $p = \frac{m(m+3)}{2} = \frac{2(2+3)}{2} = 5$ (где ***m*** – порядок кривой, см. «размерность кривых»), то есть, чтобы задать кривую второго порядка однозначно, нужно задать пять параметров, например, пять точек; три точки и две касательные и т. п.

ЭЛЛИПС описывается уравнением $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Если $a=b=R^2$, то $x^2+y^2=R^2$ – уравнение окружности.



а *б*

Рис. 169.

Эллипс – это замкнутая кривая, симметричная относительно осей ***AB***, ***CD*** и центра ***O*** (рис.169, *а*). Через центр эллипса проходят его диаметры. Диаметр эллипса ***AB*** есть его ***большая ось***, а ***CD*** – ***малая ось***. ***|AB|=2a***, ***|CD|=2b***; ***AB⊥CD***. Диаметры ***AB*** и ***CD*** называют главными осями эллипса, а их концы – точки ***A***, ***B***, ***C***, ***D*** – его вершинами.

Всегда можно подобрать такую пару диаметров эллипса, что хорды, параллельные одному из диаметров, делятся другим пополам. Такие диаметры называют ***сопряжёнными***. На рис.169, *б* построена пара сопряжённых диаметров – ***MN***, ***KE***.

Касательные к эллипсу, построенные в концах его сопряженных диаметров (прямые ***t***), параллельны соответствующим диаметрам.

Графически можно построить любую точку эллипса, если заданы концы его сопряженных диаметров: ***A***, ***B*** и ***C***, ***D*** (рис. 170). В этом случае эллипс построен равномерным сжатием окружности в направлении ***OC⊥AO***, то есть из центра эллипса ***O*** строят прямую ***OM*** до пересечения с большей окружностью. Затем находят точку ***M*** как пересечение прямых, параллельных сопряженным диаметрам ***AB*** и ***CD***.

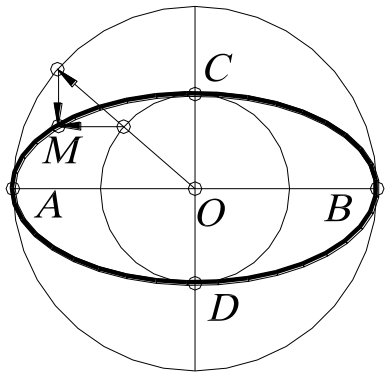


Рис. 170.

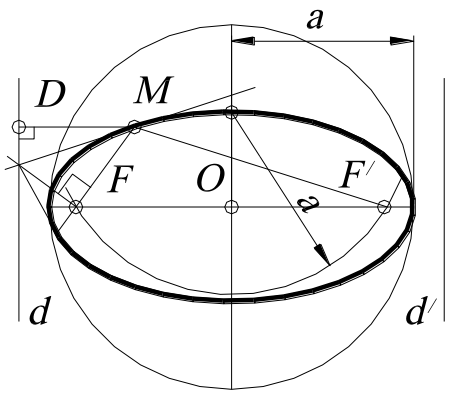


Рис. 171.

Фокусы и директрисы эллипса

1. *Эллипс есть множество таких точек* M, *для которых сумма расстояний* MF *и* MF' *до двух фиксированных точек* F *и* F' *постоянна.*

2. Эллипс есть множество таких точек M, *для которых отношение расстояния* MF *до фиксированной точки* F *к расстоянию* MD *до фиксированной прямой* d *равно постоянной величине* $\varepsilon < 1$.

Точки F и F' называются ***фокусами*** эллипса (рис.171). Прямые d и d' называются ***директрисами*** эллипса (фокусу F соответствует директриса d). Отношение $MF:MD=\varepsilon$ называется ***эксцентриситетом*** эллипса. Фокусы лежат на большой оси эллипса, а директрисы ей перпендикулярны. Расстояние между фокусами обозначают $2c$, при этом $c^2=a^2-b^2$ и $\varepsilon=c:a$, где a и b – большая и малая полуоси эллипса. Постоянная сумма $MF+MF'$ равна $2a$. Поэтому если даны оси эллипса, то фокусы находят в пересечении большой оси с окружностью радиуса a с центром в конце малой оси. Построение точки D (см. рис.171), через которую проходит директриса d, выполняется следующим образом. В точке F восстанавливается перпендикуляр, который в пересечении с касательной, проведённой через точку M, определяет точку D. Директрисы эллипса симметричны относительно малой оси эллипса.

Множество точек M, для которых отношение MF до фиксированной точки F (фокуса) к расстоянию MD до фиксированной прямой d (директрисы) есть постоянная величина ε, называется ***гиперболой***, если $\varepsilon > 1$, и параболой, если $\varepsilon = 1$.

ГИПЕРБОЛА описывается уравнением $\dfrac{x^2}{a^2} - \dfrac{y^2}{b^2} = 1$.

Гипербола – геометрическое место точек M, разность расстояний $r - r' = |MF| - |MF'|$ которых до двух заданных точек F и F' есть величина постоянная, равная $2a$. Точки F, F' – ***фокусы*** гиперболы, расстояние от F до F' – фокусное расстояние, а точки A и A' - вершины гиперболы. Отрезки $AA' = 2a$ и $BB' = 2b$ – действительная и мнимая оси гиперболы (рис. 172). Гипербола – это незамкну-

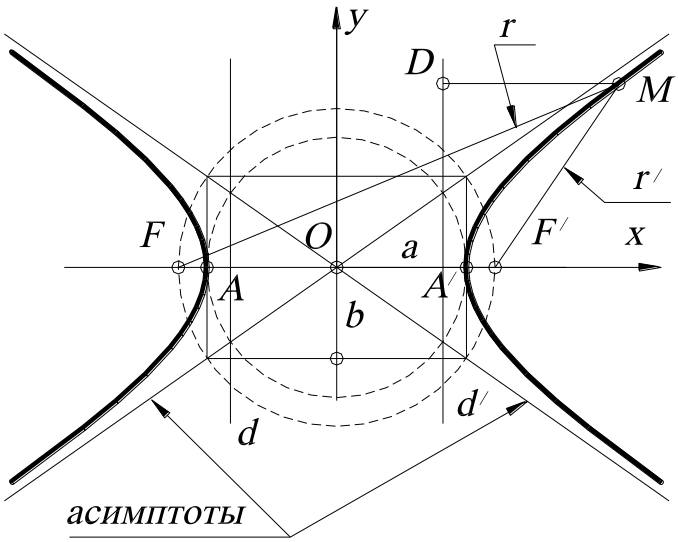


Рис. 172.

тая центральная кривая, начало координат – ***центр*** гиперболы ***O***. Она имеет две бесконечные ветви, которые неограниченно приближаются в бесконечно удаленных точках к двум прямым, называемым ***асимптотами***. Директрисы ***d*** и ***d′*** параллельны мнимой оси гиперболы.

Рассмотрим построение гиперболы по заданным вершинам ***A*** и ***A′*** и фокусному расстоянию ***FF′*** (рис. 173).

Разделив фокусное расстояние ***FF′*** пополам, получают точку ***O***, от которой в обе стороны откладывают по половине заданного расстояния между вершинами ***A*** и ***B***. Слева от фокуса ***F*** задают ряд произвольных точек ***1***, ***2***, ***3***… (напоминаем, что коника однозначно определяется заданием пяти точек). Из фокуса ***F*** описывают дугу вспомогательной окружности радиусом ***r***, равным, например, расстоянию от вершины гиперболы ***A′*** до точки ***3***. Из фокуса ***F′*** проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом ***r′***, равным расстоянию от вершины ***A*** до точки ***3***. На пересечении этих дуг находят точку ***M*** и точку ей симметричную относительно прямой ***AA′***, принадлежащие гиперболе. Таким же способом находят остальные точки гиперболы. Вторая ветвь гиперболы строится симметрично первой.

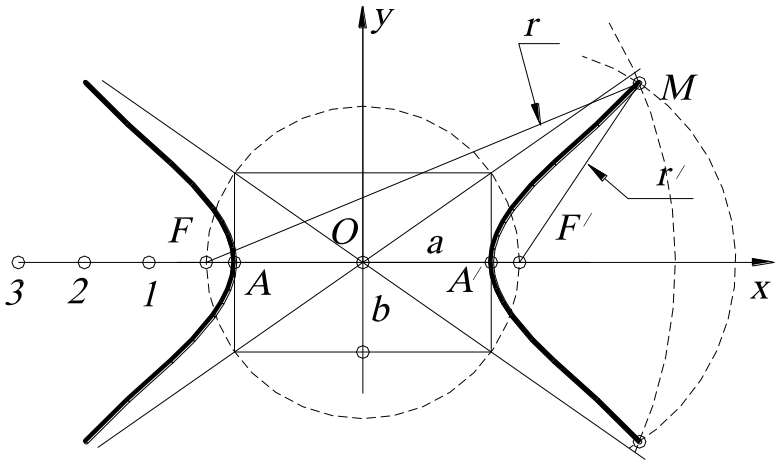


Рис. 173.

ПАРАБОЛА определяется уравнением

$$y^2 = 2px.$$

Парабола (рис. 174) – геометрическое место точек ***M***, равноудаленных от данной точки ***F***, называемой ***фокусом***, и прямой ***d***, называемой ***директрисой***.

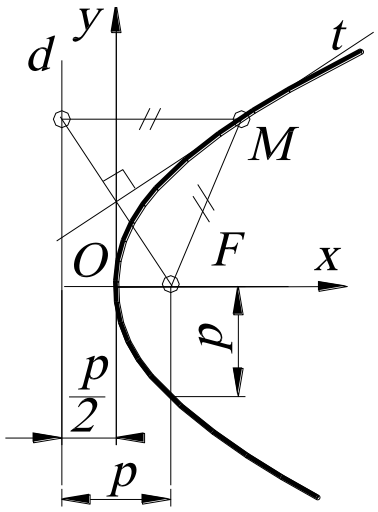
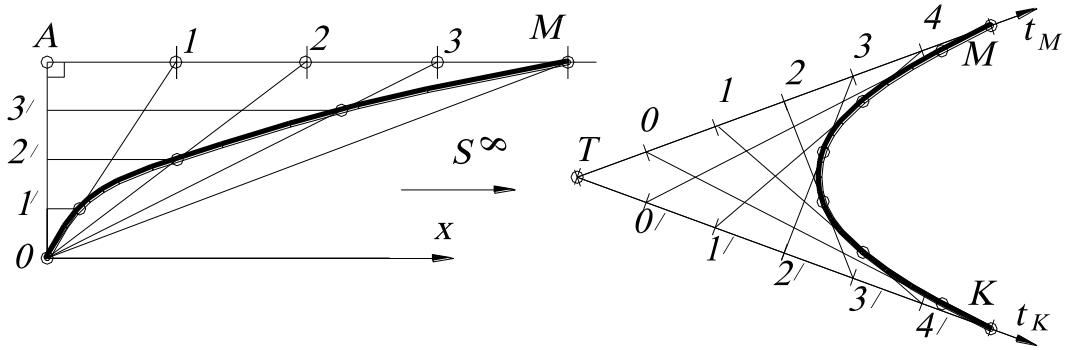


Рис. 174.

Расстояние от фокуса до директрисы $FK = p$ называется ***параметром*** параболы, прямая ***FK*** – ***осью***, а середина ***FK*** – ***вершиной*** параболы.

Если требуется построить параболу по заданной вершине ***O***, оси симметрии ***x*** и точке ***M*** (рис.175, *а*), то строится вспомогательный прямоугольный треугольник ***OMA***. Его стороны ***OA*** и ***AM*** делят на одинаковое число равных частей и проводят прямые ***01***, ***02***, ***03***, … и прямые, параллельные оси симметрии ***x***: $S^\infty 1'$, $S^\infty 2'$,…***MA*** ($S^\infty \subset x$), в пересечении которых получаем точки искомой параболы.



а *б*

Рис.175

На рис.175, *б* дан пример построения параболы по двум её точкам ***M*** и ***K*** и двум пересекающимся в точке ***T*** касательным t^M и t^K. Отрезки ***MT*** и ***KT*** ($T = t^M \cap t^K$) делят на одинаковое число равных частей и соединяют, как показано на рис. 175, *б*. Эти прямые служат касательными к параболе. В образованный контур вписывают плавную кривую – искомую параболу, которая огибает построенные прямые.

4.5. ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ КРИВЫЕ

Трансцендентными* называются кривые, уравнения которых, будучи записаны в прямоугольной системе координат, не являются алгебраическими.

Разлагая в ряд правую часть уравнения такой, например, трансцендентной кривой, как ***y=sin x*** (синусоида, см. рис.163, *а*), получают уравнение, содержащее алгебраические функции, однако число членов в нём будет неограниченным, а степень бесконечно большой. Это дает основание рассматривать трансцендентные кривые как алгебраические линии бесконечно высокого порядка. Соответственно этому можно полагать, что характерные точки алгебраических кривых (точки перегиба, особые точки и т. п.) у трансцендентных кривых могут встречаться в *бесконечном количестве*. И это на самом деле так: трансцендентная кривая может пересекать прямую в бесконечном числе точек, у нее может быть бесконечное число вершин даже на сколь угодно малом интервале (например, у кривой $y = \sin\frac{1}{x}$ вблизи начала координат), бесконечное количество точек перегиба, асимптот и т. д.



Рис. 176.

Но помимо этой особенности у трансцендентных кривых могут быть характерные точки особой природы, которые не существуют у алгебраических кривых. К ним относятся *точки прекращения*, обладающие той особенностью, что окружность достаточно малого радиуса, проведённая из такой точки как из центра, пересекает кривую только в одной точке (например, кривая $y=x^x$, называемая ***степенно-показательной кривой***, рис. 176). Сюда же относятся также

* Трансцендентный от лат. transcendens – выходящий за пределы.

угловые точки, в которых прекращаются две ветви кривой, причём каждая из них имеет в этой точке свою касательную.

Трансцендентная кривая может иметь также *асимптотическую точку*, к которой неограниченно приближается ветвь кривой, делая вокруг этой точки бесконечное количество оборотов, например, у спирали золотого сечения точка ***O*** является асимптотической (рис. 177). Построение спирали выполнено следующим образом. Построен прямоугольник золотого сечения. Это означает, что $\frac{BC}{CD}=\frac{BD}{BC}$, где сторона ***BC=AB***. Для построения стороны ***BD*** строят квадрат ***ABCH***, делят сторону ***BC*** пополам и получают точку ***M***. Проводят дугу окружности радиусом ***MH*** до совмещения с продолженной стороной ***BC*** и получают точку ***D***. Затем квадрат ***ABCH*** достраивают до прямоугольника ***ABDF***. Прямоугольник ***ABDF*** называется *прямоугольником золотого сечения*. По построению прямоугольник золотого сечения ***ABDF*** делится на квадрат***ABCH*** и меньший прямоугольник золотого сечения ***CDFH***. От малого прямоугольника ***CDFH*** можно отрезать другой квадрат, оставляя ещё меньший прямоугольник, и продолжать этот процесс до бесконечности. Что касается построения кривых отрезков спирали, то они получены четвертями окружностей из центров ***H***, ***J***,…. Таким образом, мы получаем бесконечную последовательность точек: …., ***I***, ***G***, ***E***, ***C***, ***A***,… . Полученные точки лежат на равноугольной (логарифмической) спирали, уравнение которой имеет вид: $\rho = a^{\varphi}$. Другими словами, логарифмическую спираль можно приблизить спиралью, образованной четвертями

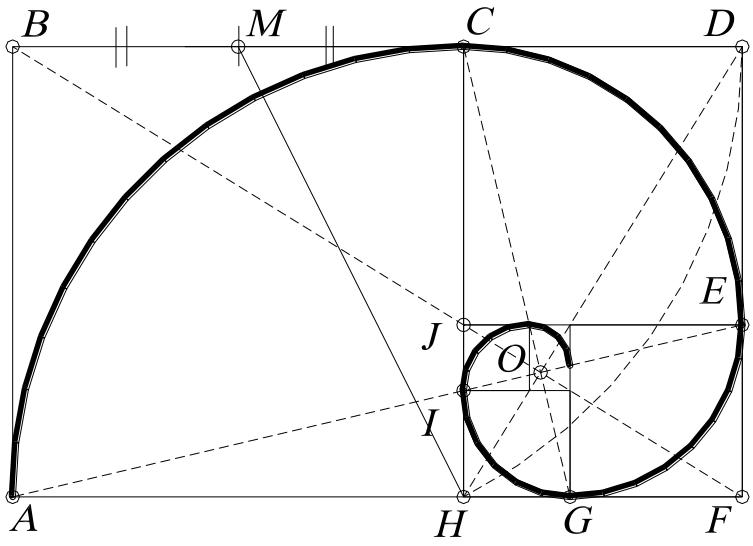


Рис. 177.

окружностей, вписанными в последовательные квадраты, изображенные на рис.177. Однако логарифмическая спираль пересекает стороны квадратов под очень малыми углами, а не касается их.*

Помимо указанных характерных точек трансцендентные кривые могут иметь бесконечное множество *изолированных точек*, образующих *пунктирную ветвь*. Особым свойством трансцендентных кривых является и то, что для некоторых из них длина дуги, отсчитываемая от какой-либо точки кривой до её асимптотической точки, является величиной конечной, у других же эта длина неограниченно велика.

Сложность природы трансцендентных кривых затрудняет их изучение. До сих пор нет удовлетворительной классификации трансцендентных кривых. Попытки определить основы теории этих кривых были малосостоятельны и сводились главным образом к тому, чтобы создать общую теорию, охватывающую своими предложениями одновременно и алгебраические, и трансцендентные кривые.

4.6. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КРИВЫЕ. ТРЕХГРАННИК ФРЕНЕ

Исследование любой кривой включает в себя исследование кривой в целом и исследование в окрестности ее точки. Для исследования свойств кривой в целом необходимо установить общие свойства кривой и ее проекции. Естественно, они связаны со свойствами проецирования и справедливы для проекций плоских кривых.

1. Несобственная точка кривой проецируется в несобственную точку ее проекции. Это свойство – следствие свойства параллельного проецирования, которое представляет собой однозначное отображение, ставящее в соответствие несобственные точки пространства несобственным точкам плоскости.

* Кокстер Г. С. М. Введение в геометрию. М.: Наука, 1966. – 242 с.

2. Касательная к кривой проецируется в касательную к ее проекции, если направление проецирования не параллельно касательной (в противном проецируется в точку).

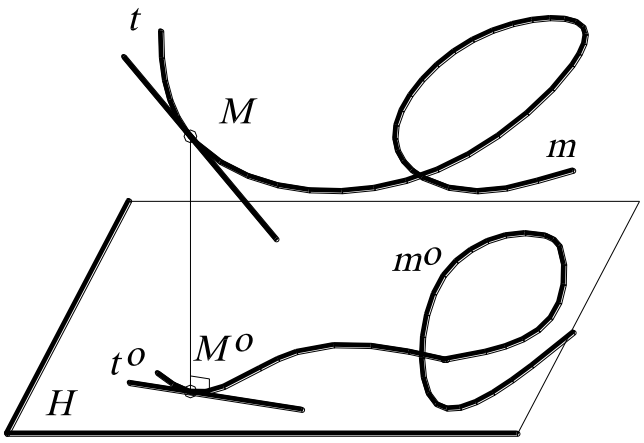


Рис. 178.

Как известно, касательная – это прямая, секущая (пересекающая) кривую в двух совпавших точках (рис.178).

При параллельном проецировании точкам кривой однозначно соответствуют точки ее проекции. Следовательно, двум совпавшим точкам пересечения касательной к кривой соответствуют две совпавшие точки проекции касательной и проекции кривой. Это свойство дает обоснование способа построения касательной ***t*** к кривой ***m*** в ее точке ***M***.

Порядок алгебраической (в общем случае) кривой равен порядку проекции кривой.

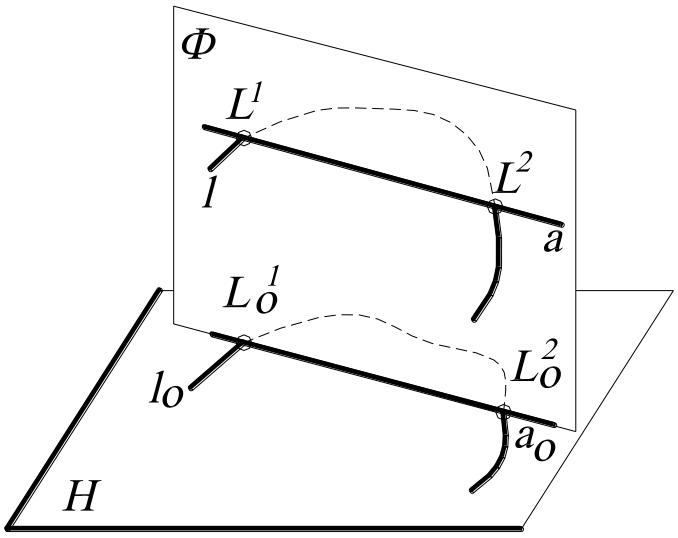


Рис. 179.

Проводят некоторую проецирующую плоскость ***Ф***, которая пересекает данную кривую ***l*** ***n***-го порядка в ***n*** точках L^i, где ***i=1,2,…,n*** (рис.179). Согласно однозначности проецирования, проекция прямой $a_0 = \Phi \cap H$ пересекает проекцию l_0 кривой ***l*** также в ***n*** точках, то есть L_0^i, где ***i=1,2,…n***.

В частных случаях проекция может распадаться и иметь меньший, чем у кривой, порядок. Например,

кривая второго порядка, лежащая в проецируемой плоскости, проецируется в «двойную» прямую, то есть каждая проецирующая прямая пересекает оригинал (кривую второго порядка) дважды.

В общем случае, если каждая проецирующая плоскость пересекает оригинал в ***k*** точках, то порядок проекции в ***k*** раз меньше, чем порядок у оригинала. Если центр проецирования находится на кривой в ее обыкновенной точке, то порядок проекции меньше на единицу, если в ***k***-кратной точке, то порядок меньше на ***k***.

Исследования свойств пространственной кривой в окрестности ее точки. Трехгранник Френе. Исследования так называемых дифференциальных (локальных) свойств производятся путем построения проекций кривой на грани сопровождающего трехгранника, называемого трехгранником Френе*.

Покажем построение сопровождающего трехгранника кривой, не останавливаясь на методике такого исследования, так как это предмет дифференциальной геометрии. Он состоит из трех ребер – ***касательной, нормали*** и ***бинормали*** – и из трех граней – ***соприкасающейся, нормальной*** и ***спрямляющейся плоскости*** (рис. 180). Все плоскости, проходящие через касательную ***t*** к кривой ***m*** в точке ***M***, называются касательными. Таких плоскостей можно провести пучок (∞^1). Среди них одна называется ***соприкасающейся плоскостью Θ***, являющейся предельным положением некоторой плоскости ***Θ*** (***M***, M^1, M^2) при стремлении точек M^1, M^2 вдоль кривой к точке ***M***.

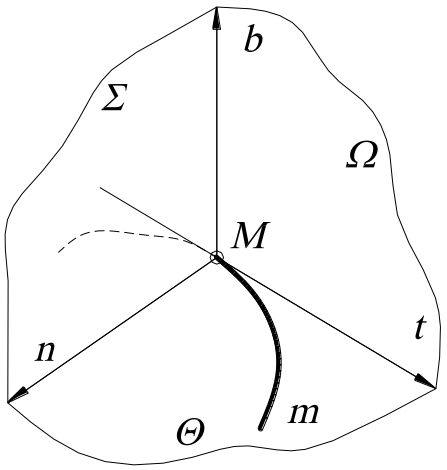


Рис. 180.

Из дифференциальной геометрии известно, что соприкасающаяся плоскость ***Θ*** наилучшим образом приближается в

* Трехгранник Френе – по имени французского ученого Френе (Frenet), предложившего его впервые в 1847 г.

окрестности точки ***M*** к кривой ***m***. Поэтому эту кривую ***m*** в окрестностях точки ***M*** рассматривают как плоскую.

Плоскость $\Sigma(M \in \Sigma)$, перпендикулярная касательной ***t***, называется ***нормальной***. Плоскость $\Omega \in t$, перпендикулярная плоскости Θ, называется ***спрямляющей***.

4.7. ВИНТОВЫЕ ЛИНИИ

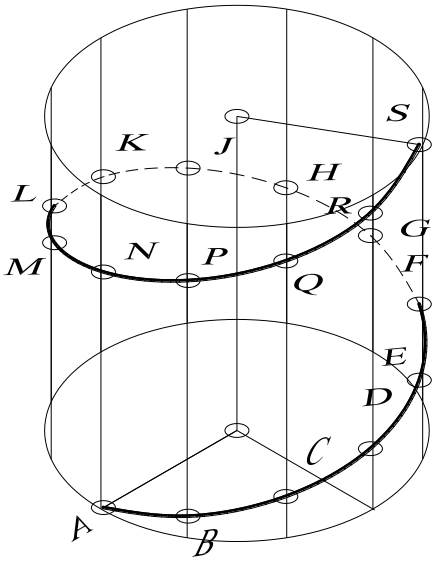


Рис. 181.

Цилиндрическая винтовая линия (рис. 181) описывается точкой, совершающей равномерное движение по образующей цилиндра вращения, которая, в свою очередь, равномерно вращается вокруг оси цилиндра. Смещение ***AN*** вдоль образующей при одном полном обороте называется ***шагом*** (***h***) винтовой линии.

Величина $p = \frac{h}{2\pi}$ - параметр винтовой линии, который определяет перемещение ***r*** точки вдоль оси за время поворота последней на угол φ, равный одному радиану*.

Различают правую и левую винтовые линии. Радиус цилиндра ***r*** и его ось ***i*** называют соответственно ***радиусом*** и ***осью*** винтовой линии. Для определения винтовой линии необходимо задать две величины – ***h*** (шаг) и ***r***.

Таким образом, винтовая линия – это кривая, определяемая двумя параметрами. Цилиндрические винтовые линии обладают свойством сдвигаемости, то есть могут сдвигаться сами по себе. Две дуги одинаковой длины одной и той

* От лат. Radius – радиус – центральный угол, соответствующий дуге, длина которой равна радиусу этой окружности. Содержит приблизительно $57^0 17' 45$. Принимается за единицу измерения углов.

же винтовой линии совпадают при наложении друг на друга. Этим свойством обладают также прямая и окружность.

Построение проекций винтовой линии определяется характером ее образования в пространстве (рис. 182).

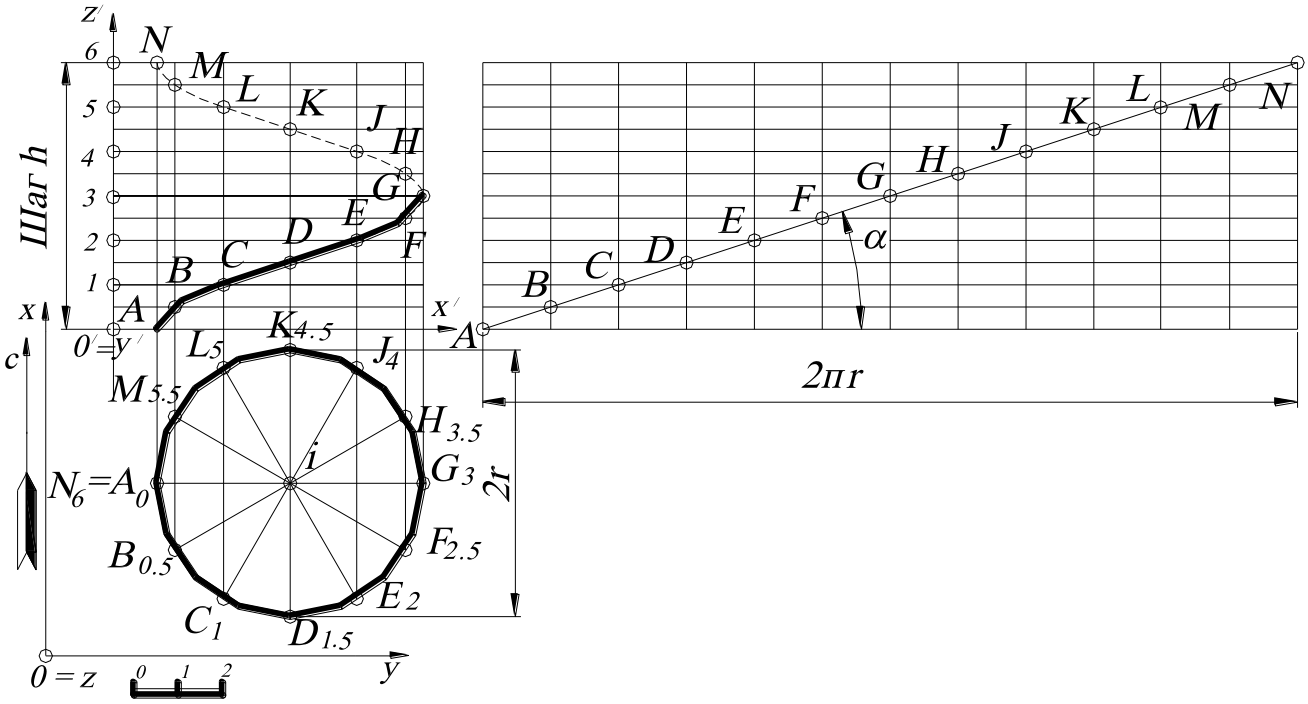


Рис. 182.

Горизонтальная проекция цилиндра и винтовой линии – окружность, совпадающая с проекцией окружности основания цилиндра. Если цилиндр разрезать по его прямолинейной образующей ***AN*** (рис.182) и, разгибая, разгладить по плоскости, получится развёртка цилиндра – прямоугольник с высотой ***h*** и основанием $2\pi r$, в которое развернётся окружность основания цилиндра. Винтовая линия в результате развёртывания превратится в прямую – диагональ прямоугольника. Это означает, что винтовая линия пересекает все образующие под одним и тем же углом α.

Для построения развёртки винтовой линии (см. рис.182) делят окружность основания цилиндра, являющуюся горизонтальной проекцией винтовой линии, и отрезок, равный шагу ***h***, отложенный на оси цилиндра, соответственно на одинаковое число равных частей. На рассматриваемом чертеже взято ***12*** ча-

стей. Тогда точки на профиле винтовой линии будут лежать на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки деления. Полученные точки соединяют плавной кривой. Как следует из способа построения, данная кривая является гелисой.

При развертывании цилиндрической поверхности на плоскость винтовая линия на развертке превращается в прямую, наклоненную под углом α к горизонтальной прямой – развертке основания цилиндра. Это следует из закона образования винтовой линии, по которому равным угловым перемещениям точки по окружности соответствуют равные прямолинейные перемещения, перпендикулярные плоскости окружности. На развертке равным отрезкам горизонтальной прямой будут соответствовать равные перемещения точки в вертикальном направлении. Итак, траектория точки на развертке представляет собой линию, у которой ординаты точек пропорциональны абсциссам, то есть прямую.

Угол α равен углу подъема винтовой линии и определяется по формуле

$$tg\alpha = \frac{h}{2\pi r} = \frac{p}{r}.$$

Тот факт, что на развёртке винтовая линия перешла в прямую, означает также, что винтовая линия является одной из ***геодезических линий*** на цилиндре. Так называют кратчайшую из всех линий, которые можно провести по поверхности через какие-либо две её точки, форму которой принимает нить, туго натянутая по поверхности между соседними точками.

Винтовая линия – кратчайшая из всех линий, которые можно провести между двумя точками, лежащими на поверхности цилиндра и на одном витке. Такая линия называется ***геодезической***.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дать определение порядка, жанра, класса кривой.

2. Показать на примерах особые точки кривой.

3. Воспользовавшись параболой, построенной на рис.174 или на рис.175, проверьте теорему о том, что лучи света, параллельные оси кривой, после отражения проходят через одну точку – фокус параболы.
4. Перегибая лист бумаги, постройте семейство касательных к параболе (из предыдущего вопроса).
5. Можно ли построить касательные к гиперболе, перегибая лист бумаги?

5. МНОГОГРАННИКИ

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ПРАВИЛЬНЫЕ МНОГОГРАННИКИ

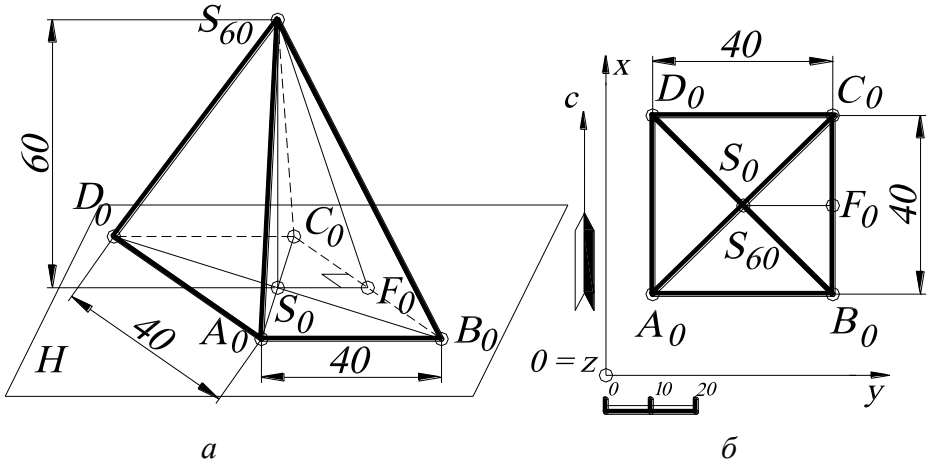
Многогранник – это геометрическое тело, часть пространства, ограниченное со всех сторон плоскими многоугольниками. Многоугольники, из которых состоит многогранник, называют ***гранями***, а стороны и вершины этих многоугольников – ***ребрами*** и ***вершинами*** многогранника.

Выпуклым называют многогранник, расположенный с одной стороны от плоскости любой грани. Любое плоское сечение выпуклого многогранника – выпуклый многоугольник. Для любого выпуклого многогранника справедлива ***формула Эйлера:*** **В+Г-Р=2**, где **В** – число вершин многогранника, **Г** – число граней многогранника, **Р** – число его ребер.

Пирамида – это выпуклый многогранник, основание которого – некоторый многоугольник, а боковые грани – треугольники с общей вершиной, которая называется вершиной пирамиды. Основание пирамиды – многоугольник, имеющий число сторон, равное числу боковых граней пирамиды. При неограниченном увеличении числа сторон основания пирамида становится конусом. Высота пирамиды – это перпендикуляр, опущенный из вершины пирамиды на ее основание. Как легко видеть на рис. 183, *а*, высота $S_{60}S_0$ пирамиды $SABCD$ есть катет прямоугольного треугольника $S_{60}S_0B_0$, в котором гипотенуза $S_{60}B_0$ есть ребро пирамиды, а катет S_0B_0 – расстояние от основания высоты до одной

из вершин основания пирамиды. Если рассматривать прямоугольный треугольник $S_{60}S_0F_0$, то высота пирамиды $S_{60}S_0$ является катетом, другой катет S_0F_0 – это перпендикуляр, опущенный из основания высоты на сторону пирамиды, а гипотенузой является отрезок прямой $S_{60}F_0$.

Правильной называют пирамиду, основание которой – правильный многоугольник, а высота проходит через центр основания. Все боковые грани правильной пирамиды – равнобедренные треугольники.



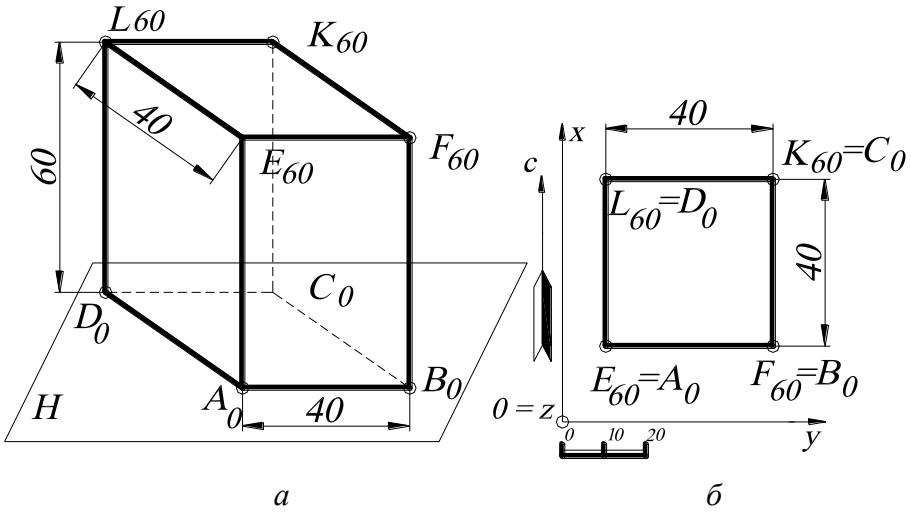
а *б*

Рис. 183.

В проекциях с числовыми отметками многогранники задаются на плане вершинами – точками с высотными отметками. На рис. 183, *а* показана пирамида ***SABCD*** во фронтальной изометрии, на рис. 183, *б* построена эта же пирамида в проекциях с числовыми отметками.

Если вершину пирамиды удалить в бесконечность, то ребра пирамиды будут параллельны, и поверхность пирамиды преобразуется в поверхность ***призмы***. Поверхность призмы ограничена двумя основаниями (гранями, соответствующими при параллельном переносе), а остальные грани (боковые) – параллелограммы. На рис. 184, *а* дана фронтальная изометрия призмы ***ABCDEFKL***, рис. 184, *б* – призма ***ABCDEFKL*** в проекциях числовыми отметками. Если неограниченно увеличивать число сторон оснований, то в пределе призма станет цилиндром. Призма называется прямой, если ее боковые грани и ребра перпендикулярны основанию. Прямая призма называется правильной,

если ее основания правильные многоугольники. Все боковые грани правильной призмы – равные прямоугольники.



а *б*

Рис. 184.

Правильные многогранники – это выпуклые многогранники, все грани которых равны, а также равны его двугранные углы. Все вершины правильного многогранника лежат на одной сфере (описанной), все его грани касаются одной сферы (вписанной) и все рёбра касаются одной сферы. Центры этих трёх сфер совпадают в центре многогранника. Существует пять типов правильных многогранников, называемых телами Платона: тетраэдр, гексаэдр (куб), октаэдр, икосаэдр и додекаэдр.

При построении тел Платона будем использовать метод вращения вокруг линии уровня (п. 4.2). В этом случае нужно уметь определять числовые отметки его вершин на плане. Нахождение числовых отметок будет осуществляться решением обратной задачи, то есть определение числовой отметки точки данной проекции по заданному её совмещённому положению и заданной оси вращения.

В самом деле, пусть A_2B_2 – горизонтальная ось, вокруг которой вращают точку C и получают её совмещённое положение C_2 с горизонтальной плоскостью на высоте 2; $C_?$ – горизонтальная проекция точки, числовую отметку которой нужно найти (рис.185). Точки C_2 и $C_?$ лежат на одном перпендикуляре к

оси вращения A_2B_2, так как при вращении вокруг линии уровня точка C перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна A_2B_2. Точка $C_?$ может находиться ниже или выше отрезка A_2B_2, а их проекции будут совпадать. Однако числовые отметки точек будут отличаться на одинаковую разность по отношению к отрезку A_2B_2. Предположим, что точка $C_?$ находится выше A_2B_2. Тогда строится прямоугольный треугольник $C_?O_2I$, гипотенуза которого равна R – натуральной величине радиуса вращения точки C (см. рис. 155). Измерив величину катета $IC_?$, получают $IC_?=2$ (в соответствии с линейным масштабом). Затем арифметически прибавляют её к числовой отметке точки C_2, то есть $2+2=4$. Поэтому точка $C_?$ имеет числовую отметку, равную 4. В том случае, если точка $C_?$ находится ниже оси вращения A_2B_2 (по условию задания), она имеет отметку $C_{2-2}=C_0$.

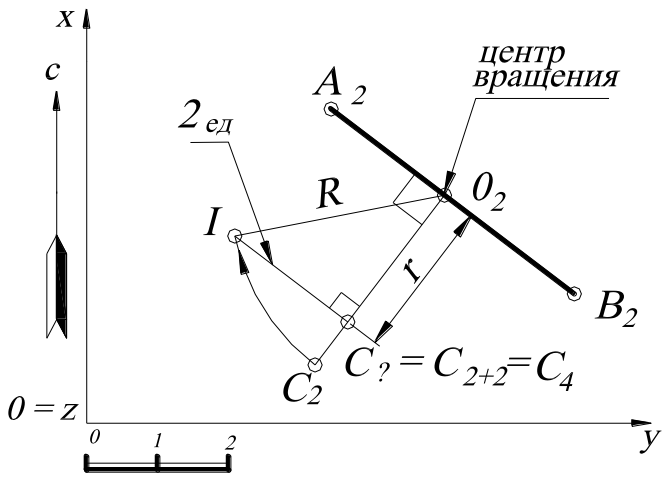
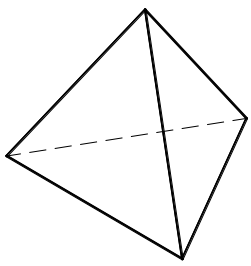


Рис. 185.

Таким образом, для того, чтобы определить числовую отметку точки по её совмещённому положению, строят прямоугольный треугольник с одним катетом, равным расстоянию от центра вращения до проекции точки; гипотенузой, равной натуральной величине радиуса вращения, проведённой из центра вращения. Тогда полученная длина второго катета этого прямоугольного треугольника будет являться числовой разностью между числовой отметкой искомой точки и числовой отметки оси вращения.



Далее рассмотрим построения всех пяти правильных многогранников в проекциях с числовыми отметками.

1. Тетраэдр – треугольная пирамида, все четыре грани которой – равносторонние треугольники.

ПРИМЕР. Построить тетраэдр, поставленный на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** по заданному ребру (построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам).

Построение тетраэдра начинают с построения на горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** основания тетраэдра $A_0B_0C_0$ – правильного треугольника с заданной стороной. Затем, для определения проекции вершины тетраэдра, совмещают его боковые грани с горизонтальной плоскостью проекций ***xOy***, приняв за оси вращения соответствующие стороны основания тетраэдра. Совмещение граней представится в виде трёх одинаковых равносторонних треугольников $A_0S'B_0$, $B_0S''C_0$, $C_0S'''A_0$. При этом точки S', S'' и S''' – это совмещения одной и той же точки – вершины тетраэдра $S_?$. Затем поднимают боковые грани тетраэдра до тех пор, пока точки S', S'' и S''' не сольются в одну $S_?$, - при этом горизонтальные проекции точек S', S'' и S''' будут перемещаться по перпендикулярам ***n, m, k*** к осям вращения A_0B_0, B_0C_0, C_0A_0, и поэтому горизонтальная проекция вершины $S_?$ будет находиться в точке пересечения всех трёх перпендикуляров.

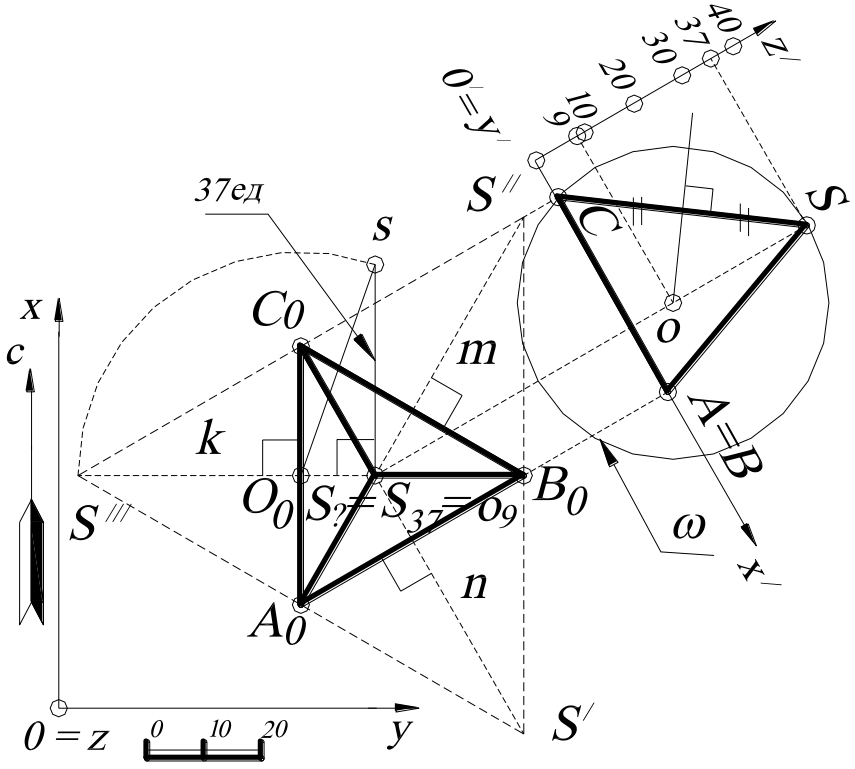


Рис. 186.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины $S_?$ и её совмещению (например, S'''), остаётся определить числовую отметку точки $S_?$.

Искомая числовая отметка или расстояние от горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** (по заданию основания тетраэдра) равно катету S_2s прямоугольного треугольника S_2sO_0, построенного по гипотенузе O_0S''' и катету S_2O_0 (см. рис. 185).

Проекция описанной сферы ω строится из условия того, что все точки тетраэдра принадлежат поверхности сферы. Ребро ***SC*** параллельно плоскости профиля. Следовательно, проекция описанной сферы (на профиле) будет проходить через точку ***S***, ***C*** и точку, ей симметричную относительно высоты тетраэдра (так как точка ***C*** принадлежит параллели описанной сферы и на этом профиле будет принадлежать очерку этой сферы). Построив серединный перпендикуляр к профилю отрезка ***SC***, находят проекцию центра ***o*** описанной сферы ω. Горизонтальная проекция описанной сферы определяется радиусом ***oS=oC*** и центром o_9. Вследствие того, что описанная сфера ω на плане будет изображаться в виде окружности такого же радиуса, как и на профиле, и для того, чтобы не затенять построения тетраэдра на плане, проекция описанной сферы на плане не проведена.

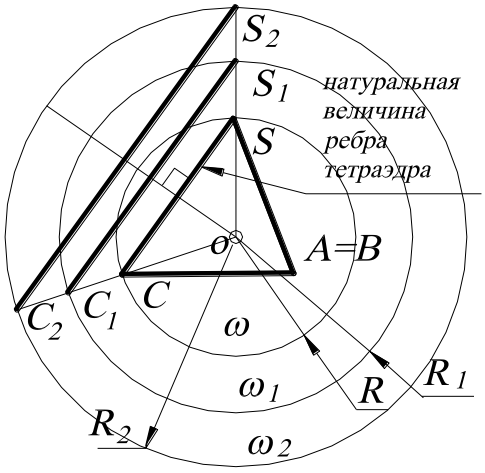
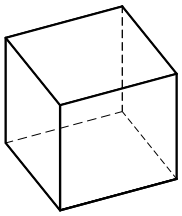


Рис. 187.

Что касается зависимости между радиусом описанной сферы и длиной ребра тетраэдра, то это будет величина постоянная. Другими словами, построив один раз сферу, описанную вокруг тетраэдра с заданной величиной ребра, и, пользуясь пропорциональностью, можно графически определить радиус любой другой сферы, описанной вокруг тетраэдра, и величину его ребра. Такая зависимость справедлива для всех тел Платона. На рис. 187 построена графическая зависимость длины ребра тетраэдра от радиуса описанной сферы: $\frac{SC}{R}=\frac{S_1C_1}{R_1}=\frac{S_2C_2}{R_2}=const$, то есть из точки ***o*** строятся прямые, проходя-

щие через точки ***C*** и ***S*** и в пересечении с произвольными окружностями ω_1 и ω_2 - проекциями описанных сфер – определяются рёбра S_1C_1, S_2C_2.



2. Гексаэдр, или ***куб***, – прямоугольный параллелепипед, все шесть граней которого – равные квадраты.

Построение гексаэдра в проекциях с числовыми отметками с заданной величиной ребра, например ***40***, показано на рис.188. В этом случае гексаэдр стоит одной своей гранью $A_0B_0C_0D_0$ на основной плоскости проекций ***xOy***. Грань $A_0B_0C_0D_0$ будет проецироваться на эту плоскость проекций в виде квадрата со стороной ***40*** (по масштабу чертежа). Длина ребра гексаэдра соответствует числовым отметкам верхнего основания $E_{40}F_{40}K_{40}L_{40}$, проекция которого будет совпадать с проекцией $A_0B_0C_0D_0$.

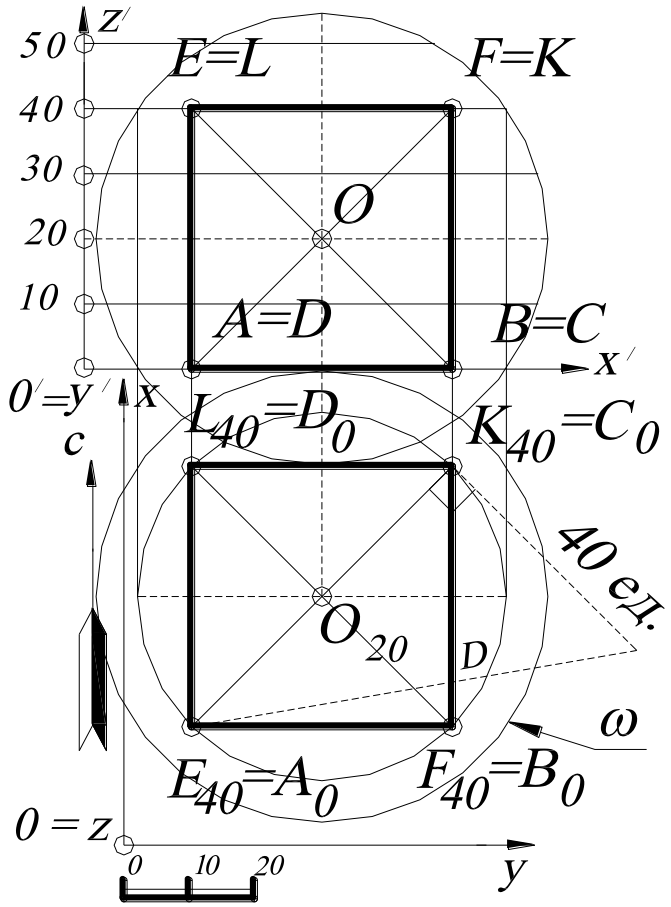
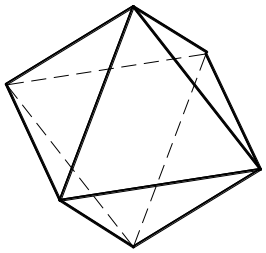


Рис. 188.

Центр описанной сферы ω будет находиться на пересечении диагоналей гексаэдра – точка O_{20}, а длина любой диагонали будет являться диаметром ***D*** описанной сферы. Все диагонали гексаэдра проецируются на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** с искажением, следовательно, на плане находят натуральную величину любой диагонали, например C_0E_{40}, методом прямоугольного треугольника. Полученная величина ***D*** является диаметром описанной сферы ω.



3. Октаэдр состоит из восьми равносторонних треугольников, соединённых по четыре около каждой вершины. Отсюда видно, что октаэдр (правильный восьмигранник) может быть рассмотрен как две четырехугольные пирамиды ***EABCD*** и ***FABCD*** (***E***, ***F*** – вершины этих пирамид), сложенные своими квадратными основаниями ***ABCD*** вместе (рис.189). На этом основании построение октаэдра начинается с построения упомянутого выше квадрата как основания пирамид.

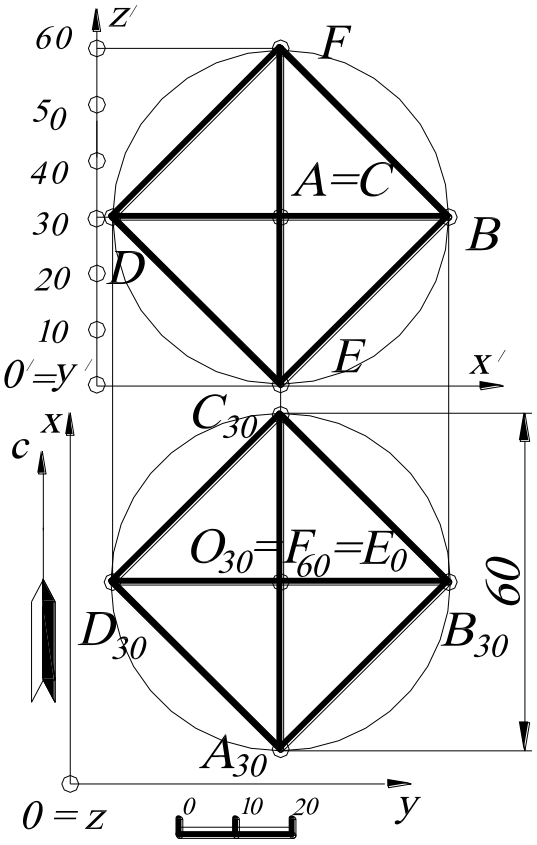


Рис. 189.

В простейшем случае, когда диагональ октаэдра, соединяющая обе вершины пирамид, вертикальна, плоскость квадрата параллельна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируется на ней в натуральную величину, а на профиле – по прямой, параллельной оси z'. А потому, вычертив на горизонтальной плоскости квадрат $A_{30}B_{30}C_{30}D_{30}$, сторона которого равна ребру октаэдра, и соединив его центр O_{30}, в котором проектируются вершины ***E*** и ***F*** пирамид, с вершинами ***ABCD***, находят горизонтальную проекцию октаэдра. Для определения числовых отметок точек ***E*** и ***F*** заметим, что все диагонали октаэдра равны между собой и что квадрат ***ABCD*** делит вертикальную диагональ пополам. Поэтому, измерив длину диагонали, например $A_{30}C_{30}$, которая равна ***60***, получают числовые отметки точек E_0 и F_{60}. Причём длина диагонали (и её проекции в этом случае) равна диаметру сферы, описанной вокруг этого октаэдра.

Для построения икосаэдра и додекаэдра в проекциях с числовыми отметками нужно уметь строить правильный пятиугольник с заданной стороной. На рис. 190 показан способ построения правильного пятиугольника с заданной стороной, например, равной ***50***. Для этого пользуются правилом «золотого сечения» (см. параграф «Золотое сечение»). Проводят произвольную окружность с радиусом, равным ***OB***, и делят этот радиус пополам, получая точку ***A***. Из точки ***A*** радиусом, равным ***AC***, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную прямую ***OF*** в точке ***D***. Таким образом, разделили отрезок ***BD*** в отношении «золотого сечения», где ***AD*** – «бо́льшая» часть, а ***BA*** – «меньшая». Точку ***D*** соединяют с точкой ***C*** прямой линией. Отрезок прямой ***DC*** будет являться шкалой, на которой откладывают заданную сторону правильного пятиугольника. В данной задаче на ***DC*** откладывают отрезок, равный ***50***, и получают точку ***K***. Из точки ***K*** проводят отрезок, параллельный отрезку ***OD***, который пересечёт вертикальную ось ***OC*** в точке ***E*** – вершине правильного пятиугольника. Отрезок ***OE*** будет являться радиусом описанной окружности искомого пятиугольника. Остальные вершины пятиугольника находят, откладывая циркулем по построенной окружности отрезки (хорды), равные ***50***.

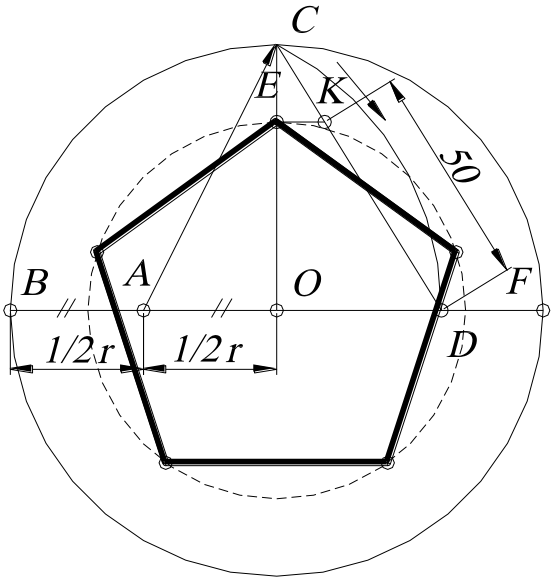
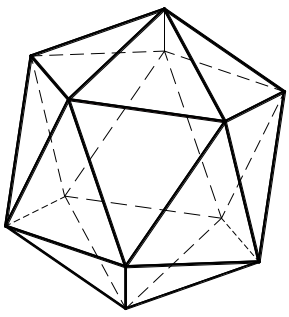


Рис. 190.



4. Икосаэдр образован двадцатью равносторонними треугольниками, соединёнными по пяти около каждой вершины и, следовательно, расположенными так, что икосаэдр может быть рассматриваемым как многогранник, состоящий из двух пятиугольных пирамид ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** (где ***A*** и ***B*** – вершины этих пирамид) и про-

межуточного многогранника, ограниченного с боков десятью равными треугольниками (рис.191).

Пирамиды ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** имеют в основании два равных и параллельных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM.*** Причём вершины этих оснований расположены так, что вершины верхнего основания ***HJKLM*** находятся напротив середин сторон нижнего основания ***CDEFG***. Поэтому, чтобы построить по заданному ребру икосаэдр, где отрезок прямой ***AB*** соединяет вершины верхней и нижней пирамиды, перпендикулярен основной плоскости проекций ***xOy***, и, следовательно, пятиугольные основания ***CDEFG*** и ***HJKLM*** параллельны этой плоскости проекций, а вершина ***A*** принадлежит этой плоскости проекций (то есть имеет отметку ***0***), поступают следующим образом.

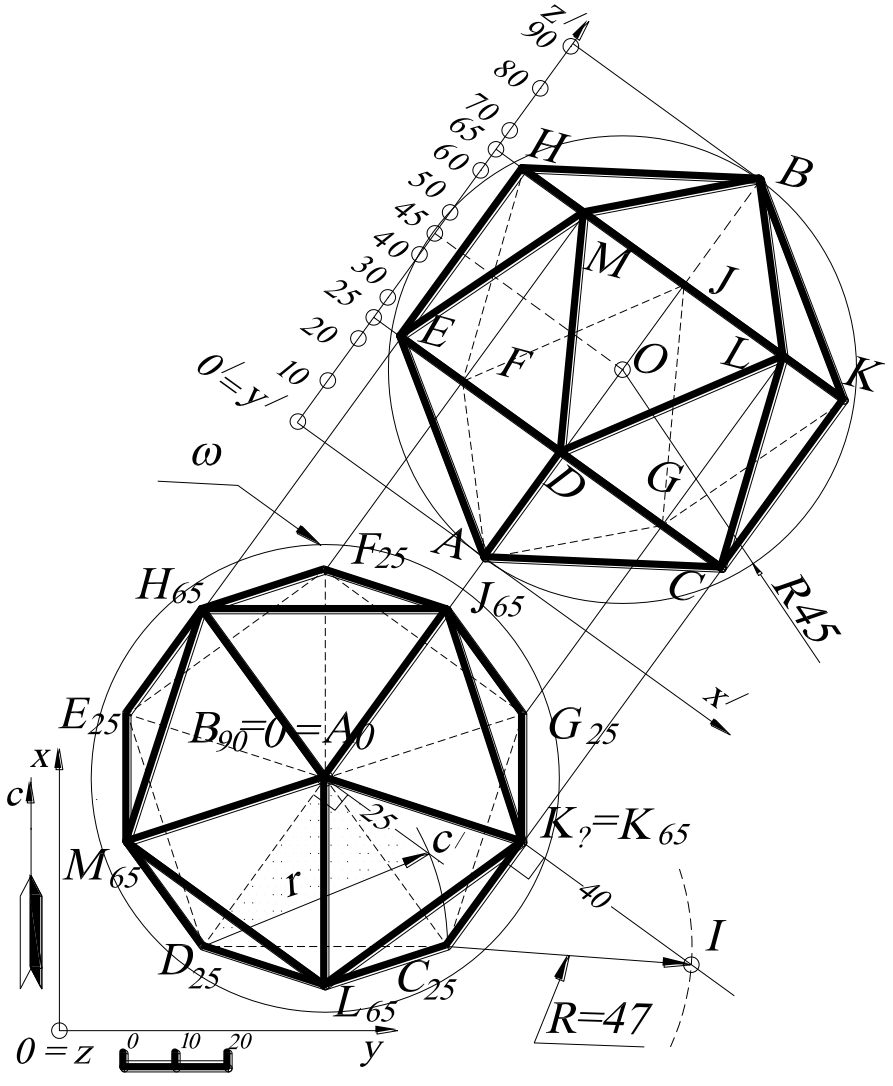


Рис. 191.

На плане чертят по заданному ребру (см. рис. 191) два правильных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM*** так, чтобы эти точки ***C, D, E, F, G***, ***H, J, K, L, M*** делили окружность, описанную около них, на десять равных частей. Тогда точки ***CDEFG*** и ***HJKLM*** представят горизонтальные проекции оснований как нижней пирамиды, так и верхней, а так-

же промежуточного многоугольника, где центр ***O*** – это середина отрезка прямой ***AB***. Полученные точки последовательно соединяют между собой, как показано на рис. 191.

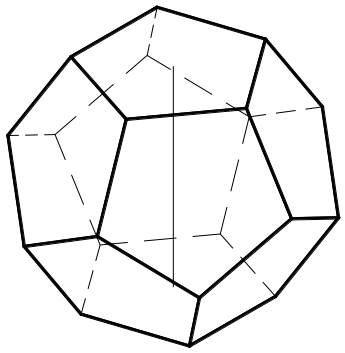
Чтобы найти числовые отметки полученных проекций вершин икосаэдра, достаточно найти высоту ***h*** обеих пирамид (они равны) и высоту h_1 промежуточного многогранника, так как основание нижней пирамиды ***CDEFG*** параллельно основной плоскости проекций ***xOy*** и находится от неё на расстоянии высоты пирамиды ***h***. Основание верхней пирамиды ***HJKLM*** также параллельно основной плоскости проекций и находится от неё на расстоянии $h+h_1$, а вершина ***B*** – $h+h_1+h$. Высота ***h*** пирамиды равна катету прямоугольного треугольника, в котором гипотенузой является ребро пирамиды, а другим катетом – расстояние от основания высоты пирамиды до одной из вершин основания пирамиды. Поэтому строят прямоугольный треугольник, в котором один катет равен A_0D. Затем в точке A_0 восстанавливают перпендикуляр к A_0D, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – натуральной величине ребра пирамиды ***r=47***. Катет прямоугольного треугольника A_0c' равен ***h***. Измерив расстояние $A_0c'=25$ (по масштабу чертежа), получают числовые отметки точек ***C, D, E, F, G***, равные ***25***.

Остаётся найти высоту h_1 промежуточного многогранника. Для этого достаточно найти высоту одной из вершин верхнего его основания ***HJKLM***, например, вершины $K_?$, над плоскостью проекций ***xOy***, так как это основание параллельно основной плоскости проекций. С этой целью используют метод прямоугольного треугольника, то есть определяют разность координат $\Delta z=h_1$ (числовых отметок) концов отрезка, например, отрезка (ребра) $C_{25}K_?$, а именно строят прямоугольный треугольник $C_{25}K_?I$, в котором один катет равен $C_{25}K_?$. Затем в точке $K_?$ восстанавливают перпендикуляр $K_?I$, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – ребру ***R=47*** (по масштабу чертежа).

Искомая высота точки $K_?$ над основной плоскостью проекций определится как катет $K_?I$ прямоугольного треугольника $C_{25}K_?I$, построенного по катету

$C_{25}K_?$ и гипотенузе $R=47$. А потому, измерив расстояние $K_?I=40=h_1$ (в соответствии с линейным масштабом), получают отметку точки $K_?$, равную $h_1+h=25+40=65$. Все точки основания верхней пирамиды $HJKLM$ также будут иметь числовые отметки, равные 65, так как это основание параллельно основной плоскости проекций xOy.

Вершина B будет иметь числовую отметку $h+h_1+h=25+40+25=90$. Наконец, диаметр описанной сферы ω икосаэдра $|AB|=90$, центр O которой будет лежать на середине этого отрезка.



5. Додекаэдр, или правильный двенадцатигранник, образован двенадцатью правильными пятиугольниками, соединёнными по три около каждой вершины и расположенными так, что противоположные грани многогранника лежат в плоскостях, параллельных друг другу, и развёрнуты относительно прямой, соединяющей их центры, на 180^0.

На рис. 192 построен додекаэдр с заданным ребром. Построение выполняется следующим образом. Предположим, что додекаэдр одной из своих граней $ABCDE$ поставлен на основную плоскость проекций xOy. В таком случае вычерчивают на основной плоскости проекций правильный пятиугольник $A_0B_0C_0D_0E_0$ – основание додекаэдра. Чтобы определить проекции боковых вершин додекаэдра и их числовые отметки, совмещают с плоскостью проекций xOy две смежные грани, прилегающие к основанию $A_0B_0C_0D_0E_0$, вращая их около ребра A_0B_0 и A_0E_0. Совмещение этих граней представится в виде двух правильных пятиугольников $B_0H'G'F'A_0$ и $A_0F''P'J'E_0$, причём легко видеть, что точки F' и F'' - это прообразы для совмещения одной и той же точки – вершины $F_?$. Вращением, поднимают грани в их первоначальное положение и находят проекции точек F', F'', G'. На плане проекции этих точек будут при восстановлении граней перемещаться по перпендикулярам к осям вращения A_0B_0 и A_0E_0.

Следовательно, горизонтальная проекция вершины $F_?$ будет находиться на пересечении перпендикуляров IF' и IIF'', по которым перемещаются точки F' и F''.

Что касается числовой отметки точки $F_?$, то она будет находиться на высоте от основной плоскости проекций xOy, которая определится по величине ка-

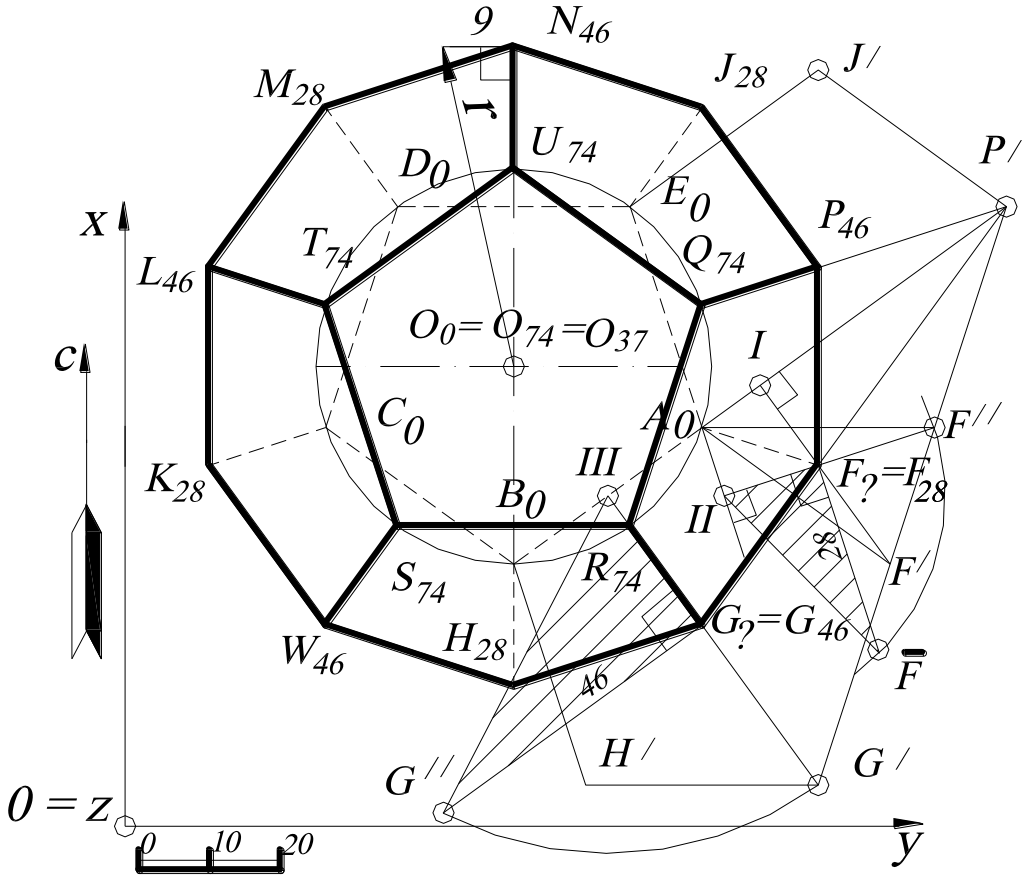


Рис. 192.

тета $F_? \overline{F}$ в прямоугольном треугольнике $IIIF_? \overline{F}$ (см. рис.185). Другими словами, длина катета $F_? \overline{F}$ равна 28 (по построению), а ось вращения A_0E_0 занимает нулевую отметку, тогда точка $F_?= F_{0+28}=F_{28}$.

Чтобы найти числовую отметку точки $G_?$ по совмещению G', то можно увидеть на рис.192, что прямая $F'G'$ пересекает ось вращения A_0B_0 в точке P' и, следовательно, горизонтальная проекция точки G' должна находиться одновременно и на горизонтальной проекции $P'F$ прямой $F'P'$, и на перпендикуляре $IIIG'$ к оси вращения A_0B_0, то есть в точке их пересечения $G_?$. По известным

точкам $G_?$ и G' (см. рис.185) определяют числовую отметку точки $G_?$, как катет $G_?G''$ прямоугольного треугольника $G_?G''$**III**, построенного по катету **III**$G_?$ и гипотенузе $IIIG'' = G_?G'$. Поэтому, измерив расстояние $G_?G''$ (в соответствии с линейным масштабом), получают числовую отметку точки $G_? = G_{46}$.

Таким же образом можно было бы поступать для определения проекций всех остальных вершин додекаэдра. Однако вследствие правильности многогранника все его вершины, подобные ***F*** и ***G***, расположены одинаково относительно основной плоскости проекций и симметрично относительно оси додекаэдра, проведённой через центры обоих оснований ***ABCDE*** и ***RSTUQ***. Следовательно, вершина ***F*** и точки ***H, K, M, J*** лежат на одном и том же расстоянии от основной плоскости проекций и симметрично расположены относительно центра окружности, описанной около основания ***ABCDE***. На этом же основании, горизонтальные проекции ***F***, ***H, K, M, J*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE*** и одну из вершин в точке ***F***. Числовые отметки точек ***H,K,M,J*** равны числовой отметке точки ***F***, так как проекция пятиугольника ***FHKMJ*** параллельна основной плоскости проекций.

На этом же основании горизонтальные проекции ***G, W, L, N, P*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE*** и одну из вершин в точке ***G***. Следовательно, вершины ***W, L, N, P*** имеют числовые отметки, такие же, как у вершины ***G***, то есть ***46***.

Наконец, верхняя грань ***RSTUQ***, параллельная основной плоскости проекций, имеет горизонтальной проекцией правильный пятиугольник, вписанный в одинаковую окружность, что и пятиугольник ***ABCDE***, и притом так, что вершины обоих многоугольников разделяют окружность на десять равных частей (см. рис. 97, *а*). В силу симметричности додекаэдра числовые отметки грани ***RSTUQ*** определяются арифметическим прибавлением разности числовых отметок грани $F_{28}H_{28}K_{28}M_{28}J_{28}$ и грани $A_0B_0C_0D_0E_0$ к числовым отметкам грани

$G_{46}W_{46}L_{46}N_{46}P_{46}$, то есть ***28-0=28***, ***28+46=74***, и получают грань с отметками $R_{74}S_{74}T_{74}U_{74}Q_{74}$.

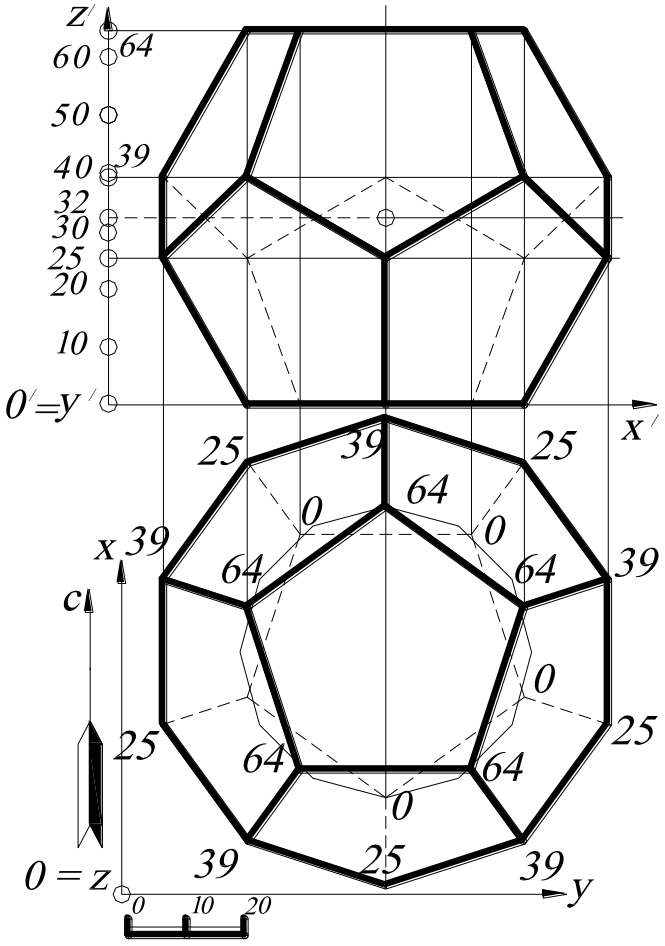


Рис. 193.

Центр описанной вокруг додекаэдра сферы лежит на середине оси O_0O_{74}, то есть в точке O_{37}. Все вершины додекаэдра принадлежат поверхности сферы. Поэтому проекцией радиуса описанной сферы будет отрезок, соединяющий центр O_{37} с любой её вершиной, например N_{46}. Натуральную величину радиуса ***r*** описанной сферы определяют методом прямоугольного треугольника, как показано на рис. 192 (проекция описанной сферы на чертеже не показана из-за множества линий основных построений додекаэдра). На рис. 193 показано построение профиля додекаэдра.

Центры граней правильного многогранника являются вершинами другого правильного многогранника. Сфера, вписанная в первый (и касающаяся его граней в их центрах), описана около второго. Центры граней тетраэдра, куба, октаэдра, додекаэдра, икосаэдра являются соответственно вершинами тетраэдра, октаэдра, куба, икосаэдра, додекаэдра.

Для каждого правильного многогранника существуют перемещения (повороты, зеркальные отражения и поворотные отражения), в которых многогранник переходит сам в себя. Они называются его ***самосовмещениями***. Таких са-

мосовмещений (включая тождественное преобразование) у тетраэдра – 24, у куба и октаэдра – 48, у додекаэдра и икосаэдра – 120.

Например, у тетраэдра 6 плоскостей симметрии, у куба и октаэдра – 9. Тетраэдр переходит сам в себя в поворотах вокруг своих высот на углы 120^0 и 240^0, октаэдр совмещается сам с собой при поворотах вокруг своих диагоналей на углы 90^0, 180^0 и 270^0.

Характеристики правильных многогранников сведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики правильных многогранников

Тело	Г	В	Р	m	n	Грань
Тетраэдр	4	4	6	3	3	Треугольник
Гексаэдр (куб)	6	8	12	3	4	Квадрат
Октаэдр	8	6	12	4	3	Треугольник
Икосаэдр	20	12	30	5	3	Треугольник
Додекаэдр	12	20	30	3	5	Пятиугольник

Примечания: ***Г*** – число граней; ***Р*** – число ребер; ***В*** – число вершин правильного многогранника; ***n*** – число сторон грани; ***m*** – число ребер правильного многогранника, исходящих из вершины.

Античные зодчие в качестве источника гармонии архитектурных построек использовали проекции Платоновых тел, отражающих в соответствии с их представлениями общую гармонию мира. Некоторые учёные (один из них Шпейнзер) рассматривали построение пяти правильных многогранников как дедуктивный метод построения системы геометрии. Платон каждому правильному многограннику придавал определенное значение и цвет, а именно: тетраэдру соответствовал огонь и оранжевый цвет; кубу – земля, желтый; октаэдру – воздух, светло-голубой; икосаэдру – вода, голубой; додекаэдру – Вселенная, белый цвет.

5.2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКА ПЛОСКОСТЬЮ

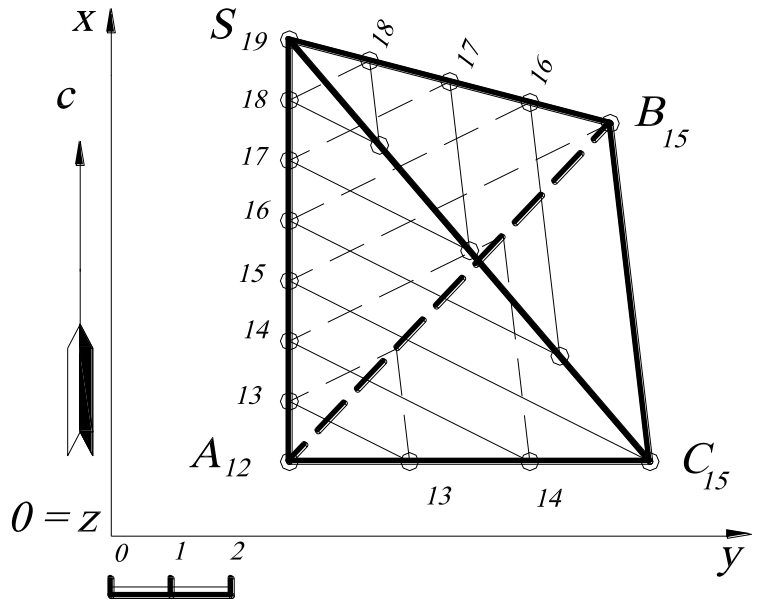


Рис. 194.

Грани многогранника представляют собой плоскости. Плоскость в проекциях с числовыми отметками удобнее задавать горизонталями (или масштабом заложения). Так как вершины многогранника заданы высотными отметками, то грани многогранника можно проградуировать (рис.194) и определить пересечение граней как двух плоскостей (пересечение двух пар горизонталей с одинаковыми числовыми отметками). Таким образом, построив точки пересечения с ребрами многогранника и их отметки, определяют видимость сечения.

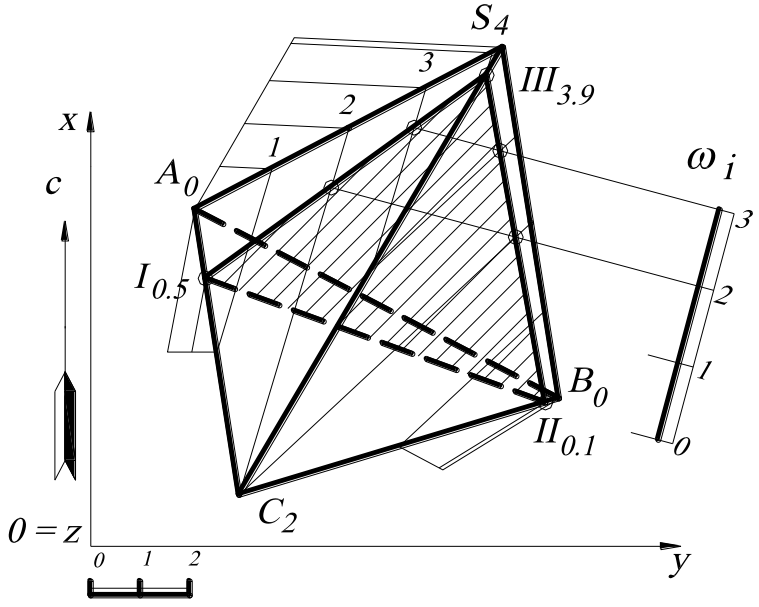


Рис. 195.

ПРИМЕР. Найти точки пересечения пирамиды ***ABCD*** с плоскостью ω_i.

Построение выполняется следующим образом (рис.195). Градуируют сторону ***SA*** и строят горизонтали h_1, h_2, h_3, которые задают плоскость грани ***SAC***. Находят линию пересечения грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i, как пересечение па-

ры горизонталей с одинаковыми числовыми отметками (см. параграф «Взаимное положение плоскостей»). В пересечении пар горизонталей с отметками ***2*** и с отметками ***3*** получаются две точки, которые задают линию пересечения (***I, III***) грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i.

Аналогично строят линию пересечения грани ***SCB*** с заданной плоскостью ω_i, в результате имеют линию пересечения (***II***, ***III***). Грань ***ACB*** с заданной плоскостью ω_i пересекается по прямой (***I, II***), так как построенные точки ***I*** и ***II*** принадлежат рёбрам этой грани, и поэтому дополнительных построений здесь выполнять необязательно. Построенный треугольник является сечением пирамиды ***SABC*** и заданной плоскости ω_i. Определяют видимость этого треугольника и числовые отметки его вершин ***I***, ***II*** и ***III*** (с помощью градуирования). Эту задачу можно решать при помощи прямого профиля.

5.3. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МНОГОГРАННИКА С ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

Построение точек пересечения многогранника с прямой линией связано с основной позиционной задачей. Алгоритм выполняется в следующей последовательности.

1. Через заданную прямую проводится вспомогательная плоскость-посредник (таких плоскостей можно провести пучок ∞^1).

2. Строится фигура сечения (см. пример на рис.195). Затем определяются точки пересечения (с числовыми отметками) заданной прямой со сторонами фигуры сечения.

3. Определяют видимость прямой.

<u>ПРИМЕР</u>. Найти точки пересечения пирамиды ***SABC*** с прямой ***DE***.

Через заданную прямую D_3E_1 проводят вспомогательную плоскость-посредник ω_i (см. «Принадлежность прямой плоскости»), в сечении которой с

заданным многогранником будет треугольник $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$. Полученное сечение $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$ пересечет заданную прямую D_3E_1 в точках F и K, отметки которых определяются градуированием отрезка прямой D_3E_1. Затем определяют видимость D_3E_1 (рис.196).

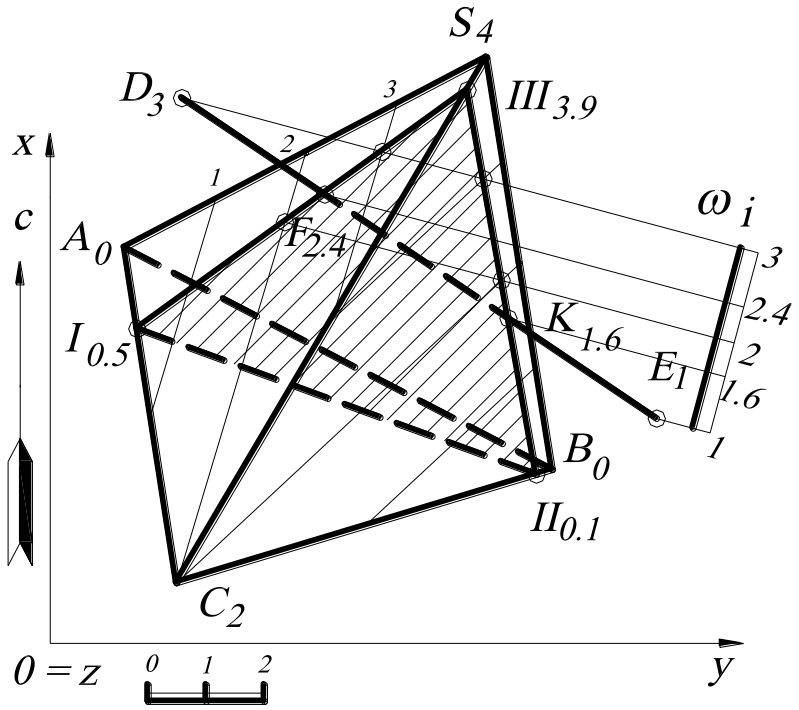


Рис. 196.

Видимость отрезка прямой D_3E_1 определяется по конкурирующим точкам. Другими словами, находят точки, принадлежащие поверхности многогранника и прямой D_3E_1, проекции которых совпадают и определяют их числовые отметки с помощью градуирования. Точка будет видимой, числовая отметка которой больше (в зависимости от этого, определяется видимость многогранника или прямой). На рис. 196 проекция прямой D_3E_1 и проекция ребра S_4C_2 пересекаются. Однако ребро S_4C_2 находится выше чем прямая D_3E_1, значит, прямая D_3E_1 является невидимой, а в точках пересечения с многогранником $F_{2.4}$ и $K_{1.6}$ видимость её меняется на противоположную.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить проекции куба, диагональ которого вертикальна.
2. Построить октаэдр, поставленный гранью на основную плоскость проекций.
3. Дана сторона ***AB*** равностороннего треугольника, вершина которого ***C*** находится в данной плоскости профиля. Построить тетраэдр, имеющий данный треугольник своим основанием.
4. Даны вершина куба, ребро и направление горизонтальной проекции другого ребра, проходящие через данную вершину; построить проекции куба.

6. ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность – это непрерывное двупараметрическое (двумерное) множество точек.

В декартовой системе координат положение точки на плоскости определяется заданием двух параметров абсциссы и ординаты. Точка на произвольной поверхности будет также определяться двумя параметрами – криволинейными координатами ***U*** и ***V***. Из этого следует возможность другого определения: ***поверхность*** – это непрерывное однопараметрическое (одномерное) множество линий, имеющих единый закон образования.

В зависимости от вида линий, закона их образования и распределения в пространстве получают поверхности различного класса. На некоторых поверхностях можно выделить множество конгруэнтных линий, на других – только множество неконгруэнтных линий (топографические поверхности).

Если множество элементов (точек, линий), определяющих поверхность, непрерывно, то каркас называется ***непрерывным***, в противном случае он называется ***дискретным***.

6.1. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Наиболее распространенными способами образования поверхностей, используемыми в геометрии, являются:

* ***кинематический способ***, основанный на непрерывном перемещении линии (образующей) в пространстве по определенному закону (кинематические поверхности);

* ***способ конструирования поверхностей с помощью непрерывных (мгновенных) преобразований исходной образующей поверхности***;

* ***способ конструирования поверхностей нелинейными преобразованиями пространства***, когда сложные поверхности получаются как образы простых (изученных) поверхностей;

* ***проективный способ***, при котором точки и линии поверхности образуются в результате пересечения прямых или плоскостей двух пучков (связок), находящихся в проективном соответствии;

* ***способ выделения линейных каркасов поверхностей*** из многопараметрических множеств линий (комплексов, конгруэнций) путем наложения определенных условий на параметры;

* ***номограммно-ключевой способ***, когда устанавливается некоторая последовательность графических операций (алгоритм), в результате которых определяются элементы каркаса конструируемой поверхности.

Перечисляемые основные способы образования поверхностей взаимно связаны, а некоторые из них взаимозаменяемы. Это относится, например, к кинематическим поверхностям, поверхностям преобразований и др. Наиболее широкое применение в инженерной практике получил кинематический способ образования поверхностей.

Кинематической поверхностью называется поверхность, которая образуется непрерывным перемещением в пространстве линии (образующей) по

определенному закону. У некоторых кинематических поверхностей образующая в процессе движения может менять свою форму.

Закон перемещения образующей, описывающей поверхность, удобно задавать на чертеже некоторыми неподвижными кривыми (направляющими), которые должна пересекать движущаяся образующая.

Система кинематических поверхностей. Изучение заданных многообразий, как правило, начинается с их систематизации. К сожалению, в начертательной геометрии невозможно разработать применяемую для всех возможных случаев систематизацию (классификацию) поверхностей. Каждый способ задания поверхностей образует свою базу для их систематизации. Например, в кинематическом способе образования поверхностей вполне естественно в основу систематизации можно положить вид образующей и закон ее перемещения. По виду образующей различают линейчатые (образующая – прямая), циклические (образующая – окружность) и другие поверхности.

По закону перемещения образующей – поверхности вращения, параллельного переноса, винтовые и т. д. Очевидно, что при этом некоторые поверхности могут быть отнесены к различным классам.

6.2. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность считается заданной на чертеже, если относительно любой точки, заданной на том же чертеже, можно однозначно решить, принадлежит она данной поверхности или нет.

В настоящее время широко используются задание поверхности графическим и аналитическим способами благодаря внедрению ПК в инженерную практику.

Графический способ задания кинематических поверхностей

Этот способ имеет две разновидности: сложные поверхности, имеющие образующие переменной формы, могут быть заданы некоторым числом, совокупностью принадлежащих им точек или линий - ***каркасом***. Такие поверхности обычно называют ***каркасными*** или ***поверхностями зависимых линий***. Типичным примером поверхностей зависимых линий являются топографические поверхности.

Каркасные поверхности задают на чертеже проекциями элементов каркаса. Каркас поверхности в этом случае называется дискретным, в отличие от непрерывного каркаса кинематической поверхности. На полученном чертеже точки и линии поверхности, не лежащие на линиях каркаса, могут быть построены только ***приближенно***. ***Поэтому поверхность, заданная дискретным каркасом, не вполне определена, могут существовать и другие поверхности с тем же каркасом, но несколько отличающиеся одна от другой.***

Часто при задании кинематических поверхностей пользуются понятием определителя. Назовем ***определителем*** данной кинематической поверхности совокупность независимых условий, однозначно определяющих эту поверхность. Условиями могут быть: задание образующей поверхности, закон ее изменения (в случае переменной образующей), закон движения образующей и др. Некоторые из них могут быть выражены графически.

Одна и та же поверхность может быть образована несколькими способами. Поэтому она может иметь разные определители. Например, сфера может быть определена центром и радиусом или четырьмя точками (некомпланарными, то есть не лежащими в одной плоскости) и т. д.

6.3. ОБРАЗОВАНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Поверхностью вращения называют поверхность, образованную вращением какой-либо линии (образующей) вокруг некоторой прямой, называемой осью поверхности.

Для изображения такой поверхности в проекциях с числовыми отметками выбирается ось (рис.197). Затем строится профиль этой поверхности вращения, на котором находится образующая. Каждая точка образующей описывает при вращении окружность с центром на оси вращения, перпендикулярной этой оси. Иначе говоря, сечения поверхности плоскостями, перпендикулярными оси, называются ***параллелями поверхности***. Эти параллели будут проецироваться без искажения на плоскость ***H*** в виде окружностей, а на профиле в виде отрезков, перпендикулярных оси вращения.

Кривые, полученные в сечении поверхности осевыми плоскостями, называются ***меридианами***. Наибольшая и наименьшая параллели называются ***экватором*** и ***горлом*** поверхности. Эти окружности проецируются на ***H*** в виде окружностей.

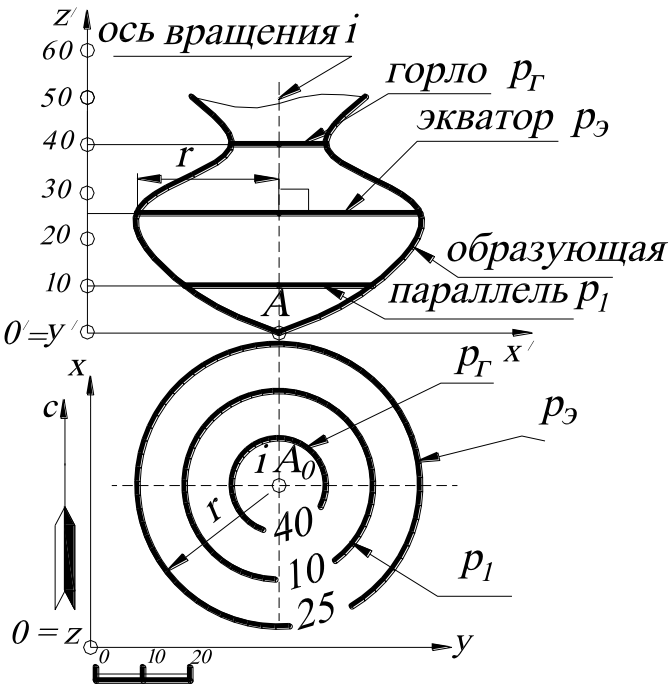


Рис. 197.

Меридианом поверхности вращения является кратчайшая (геодезическая) линия поверхности. Параллели и меридианы, пересекаясь под прямыми углами, образуют ортогональную сеть на поверхности вращения, аналогичную прямоугольной декартовой сети на плоскости.

Для изучения свойств поверхности вращения и построения их изображений на чертежах большое значение имеют следующие теоремы, которые будем называть предложениями, так как они будут даваться без доказательства.

Предложение 1. При вращении плоской или пространственной алгебраической кривой ***n***-го порядка вокруг произвольной прямой образуется поверхность вращения порядка ***2n***.

Предложение 2. При вращении кривой ***n***-го порядка, имеющей плоскость симметрии, вокруг оси, лежащей в этой плоскости, образуется поверхность вращения ***n***-го порядка.

Предложение 3. Вращением прямой ***l*** вокруг оси ***i*** образуется поверхность вращения второго порядка Φ^2.

Предложение 4. Вращением кривой второго порядка l^2 вокруг оси ***i***, лежащей в плоскости симметрии кривой l^2, образуется поверхность вращения второго порядка Φ^2.

6.4. ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

ЦИЛИНДР. Цилиндром вращения называется поверхность, образованная вращением прямой линии, называемой ***образующей***, вокруг заданной прямой – ***оси***. Цилиндр называется ***прямым***, если его образующие перпендикулярны основанию. Очевидно, любая образующая прямого цилиндра является его высотой. Прямой цилиндр, основание которого – окружность, называется ***прямым круговым цилиндром***. Прямой круговой цилиндр может быть образован и параллельным переносом окружности основания по направлению вдоль оси вращения или винтовым движением винтовой линии, или любой другой линией, лежащей на этом цилиндре. Если ось прямого кругового цилиндра перпендикулярна горизонтальной плоскости, то в проекциях с числовыми отметками такой

цилиндр будет проецироваться на плане в виде окружности, равной основаниям этого цилиндра.

Наклонный эллиптический цилиндр на чертеже в проекциях с числовыми отметками может задаваться однопараметрическим семейством эллипсов с числовыми отметками, а также этот цилиндр может определяться осью и вертикальным сечением, являющимся окружностью.

Ось наклонного цилиндра задается отрезком прямой M_1K_{-3} (рис.198). Через точку M_1 строят вертикальное сечение, перпендикулярное на плане к оси цилиндра, и вводят новую систему координат $O'x'y'z'$ для профиля. На профиле строят окружность заданного радиуса $r=25$ (в соответствии с линейным масштабом), которая является вертикальным сечением наклонного эллиптического цилиндра.

На профиле (вертикальном сечении) проводят горизонтальные линии, расстояния между которыми в масштабе равны единичным высотным превышениям. Другими словами, на профиле находят верхнюю образующую цилин-

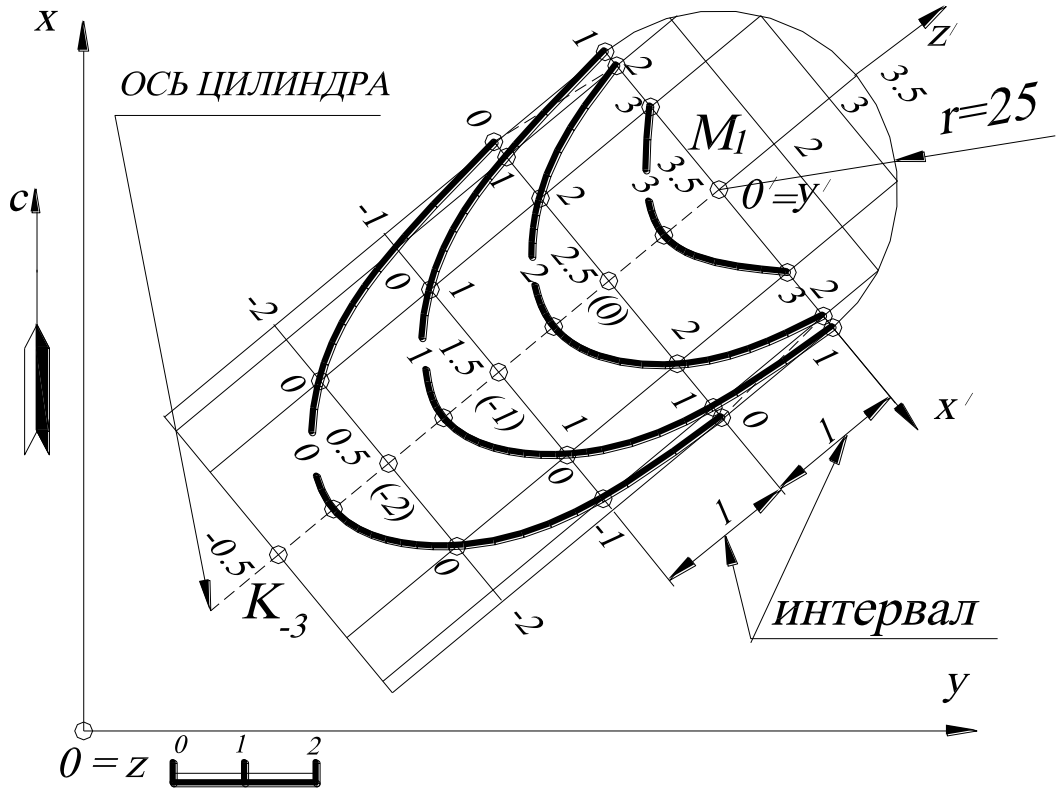


Рис. 198.

дра, высотная отметка которой равна ***3,5***, и ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***3*** и ***2***. На плане масштабы заложения этих образующих будут такими же, как и масштабы заложения оси цилиндра ***l***, так как по условию задания они параллельны друг другу, а их высотные отметки будут определяться пропорционально с помощью профиля.

Крайние очерковые образующие будут иметь высотные отметки, одинаковые с высотными отметками оси, так как они лежат в одной плоскости и, как было уже сказано, параллельны друг другу. Для точности построения эллипсов градуируют ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***2***.

Для построения эллипса с высотной отметкой, например ***1***, необходимо на всех проградуированных образующих цилиндра найти точки с высотной отметкой ***1*** и соединить их плавной кривой. Семейство (однопараметрическое) построенных эллипсов задаст на плане наклонный эллиптический цилиндр, а эллипс с высотной отметкой ***0*** – сечение этого цилиндра горизонтальной плоскостью проекций ***H***.

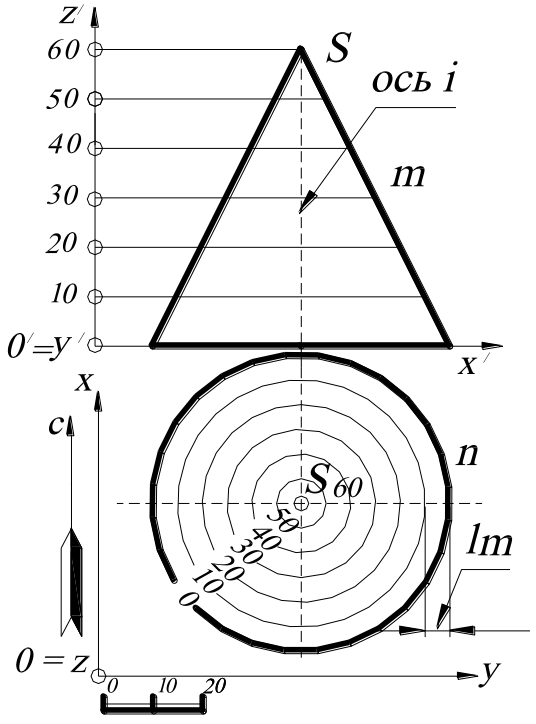


Рис. 199.

<u>КОНУС</u>. На рис.199 изображён конус вращения, образованный вращением вокруг оси ***i⊥H*** прямой ***m***, пересекающей её под острым углом. Прямая ***i*** – ***ось***, прямая ***m*** – образующая, точка ***S=m⋂I*** – ***вершина*** конуса. У конуса две полы, простирающиеся в бесконечность в обе стороны от вершины; на рис.199 показана только часть нижней полы, которая отсечена плоскостью ***H***. Такую часть конуса мы также будем называть конусом, а окружность ***n*** (пересечение конуса с плоскостью проекций ***H***) – его ***основанием***.

Конус вращения в проекциях с числовыми отметками задаётся горизонталями – семейством (однопараметрическим) концентрических окружностей. Расстояние l_m – ***интервал образующей*** конуса – кратчайшее расстояние (на плане) между проекциями двух соседних горизонталей конуса вращения. В сечении конуса вращения могут получаться: окружность, эллипс, парабола, гипербола, две прямые, две совпавшие прямые или две изотропные (мнимые) прямые (см. далее «Конические сечения»).

Размерность конуса вращения в трёхмерном пространстве равна шести. Поэтому такой конус можно задать вершиной (три параметра) и основанием (три параметра); прямой (четыре параметра), точкой на этой прямой (один параметр) и углом наклона образующей (один параметр) и т. п.

<u>СФЕРА</u>.

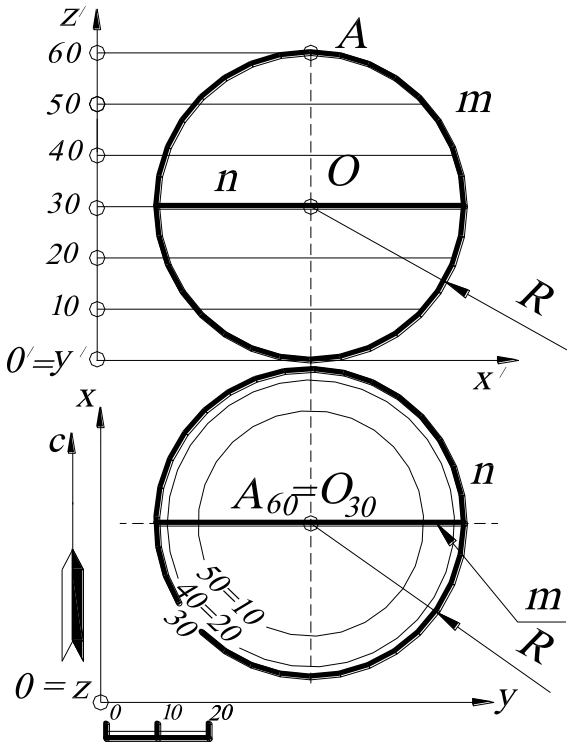


Рис. 200.

Сфера – поверхность, образованная вращением окружности вокруг своего диаметра. Размерность сферы в трехмерном пространстве равна четырем, поэтому сфера может быть задана точкой (три параметра) и радиусом (один параметр); четырьмя некомпланарными (не лежащими в одной плоскости) точками и т. д. Любое плоское сечение сферы представляет окружность. Сфера в проекциях с числовыми отметками (рис. 200) задается горизонталями – семейством окружностей, параллельных основной плоскости проекций (плоскости нулевого уровня). Окружность ***n*** называется ***экватором*** сферы, которая на профиле будет изображаться отрезком прямой, перпендикулярной оси сферы. Окружность ***n*** является ***очерковой линией*** сферы на плане. Раз-

личают горизонтальную и вертикальную очерковые линии. Так, m – вертикальная очерковая линия сферы на профиле, которая на плане изображается отрезком прямой.

На плане сечение сферы плоскостью общего положения представляет собой эллипс. Рассмотрим построение сечения сферы плоскостью общего положения.

Построить сечение сферы плоскостью общего положения ω_i.

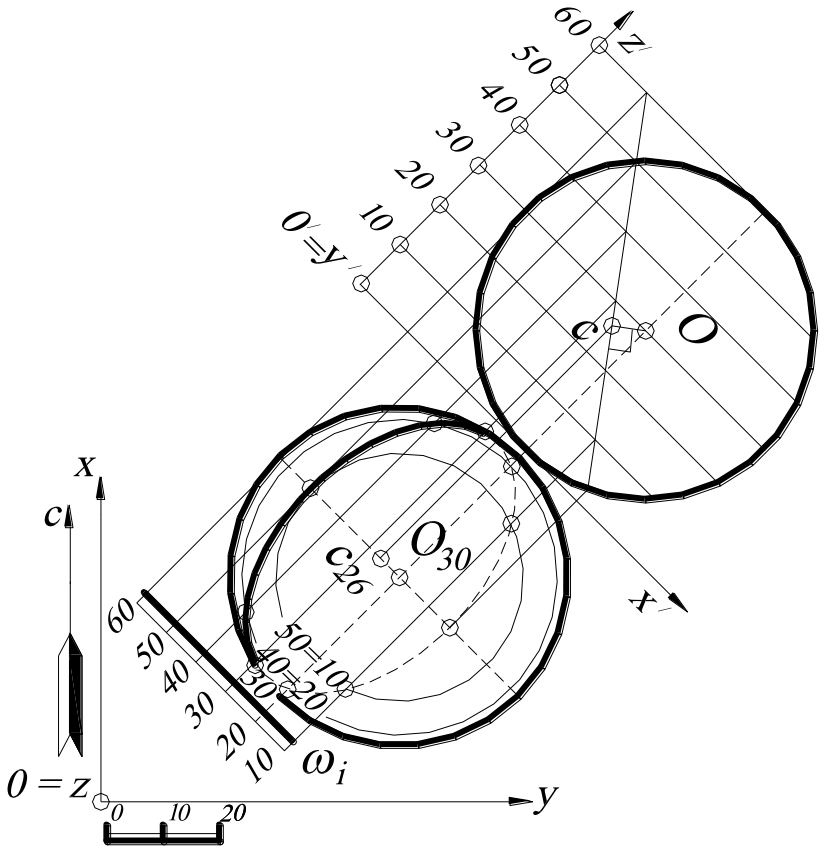


Рис. 201.

Для нахождения сечения сферы плоскостью общего положения строится профиль $O'x'y'z'$, плоскость $O'x'z'$ которого перпендикулярна горизонталям заданной плоскости ω_i. В этом случае заданная плоскость общего положения на этом профиле будет проецирующей (см. «Плоскость»). Поэтому вводится новая декартова система координат, причем ось x' перпендикулярна горизонталям плоскости ω_i, ось z' выбирается вертикально и перпендикулярно к оси x', а ось y' совпадает с началом отсчета O'. Для решения этой задачи профиль удобнее строить в проекционной связи, как показано на рис. 201. На профиле плоскость ω_i будет изображаться в виде прямой, совпадающей с линией падения плоскости, сфера – в виде окружности. На профиле находят общие точки плоскости и сферы и с

помощью линий проекционной связи переносят на план (точка c_{26} – это точка пересечения осей эллипса, построение которой показано на рис. 201).

Рассмотрим пересечение сферы с прямой.

*Найти точки (точку) пересечения прямой **FE** общего положения с поверхностью сферы.*

Алгоритм этой задачи связан с основной позиционной задачей (нахождения точки пересечения прямой с плоскостью):

1. Через прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник.

2. Находят пересечение вспомогательной плоскости-посредника со сферой (окружность).

3. Определяют точки пересечения (вместе с их высотными отметками) полученного сечения с заданной прямой.

4. Определяют видимость заданной прямой.

На чертеже в проекциях с числовыми отметками этот алгоритм реализуется следующим образом (рис. 202). Через прямую $E_{60}F_{10}$ проводят вертикаль-

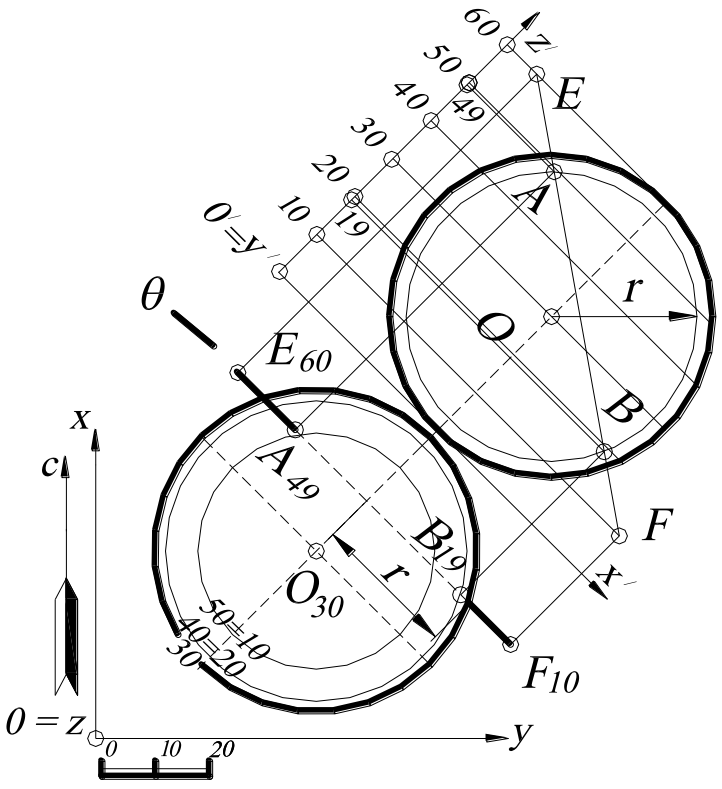


Рис. 202.

ную плоскость-посредник θ. Затем строится профиль $O'x'y'z'$ (новая декартова система координат) так, чтобы ось x' была параллельна проекции (заложению) прямой $E_{60}F_{10}$, так как в этом случае сечение сферы радиуса r на этот профиль спроецируется без искажения, а прямая изобразится в виде прямой AB. На профиле определяются общие точки сечения и заданной прямой – A_{49} и B_{10}, которые, с помощью линий проекционной связи переносятся на план. Видимость прямой $E_{60}F_{10}$ определяют относительно поверхности сферы, то есть если поверхность сферы видима, то прямая невидима.

6.5. КОНИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ

При сечении плоскостями поверхностей второго порядка получаются кривые второго порядка. В сечении конуса вращения получаются различные кривые второго порядка (если секущая плоскость не проходит через вершину конуса вращения) в зависимости от положения секущей плоскости:

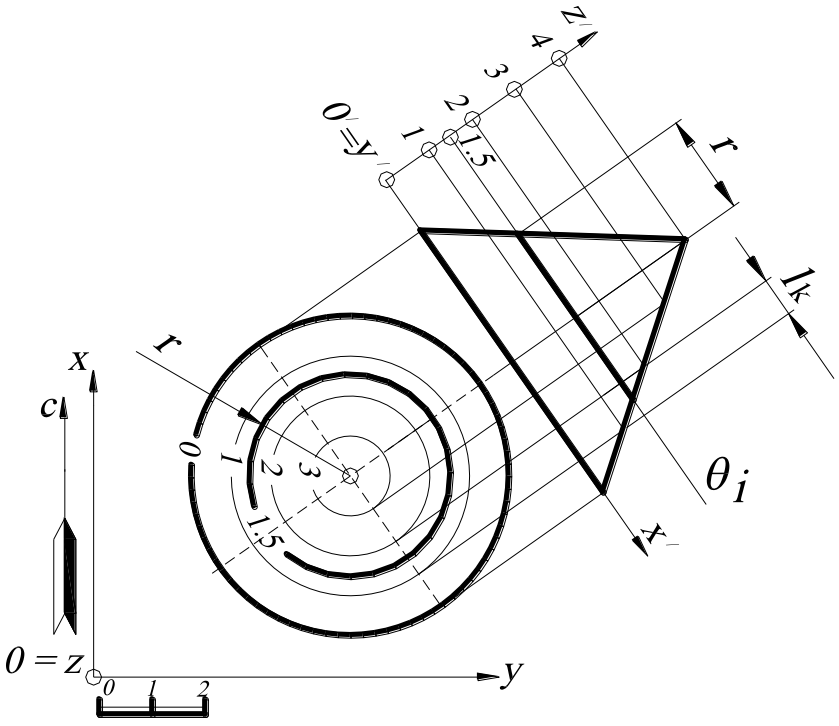


Рис. 203.

1. Окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна оси вращения конуса. Если на чертеже, интервал (масштаб заложения) секущей плоскости равен бесконечности, то есть секущая плоскость θ_i парал-

лельна основной плоскости проекций ***H***, то в сечении получается окружность (все точки окружности имеют одну и ту же высотную отметку, например ***1,5***, рис. 203).

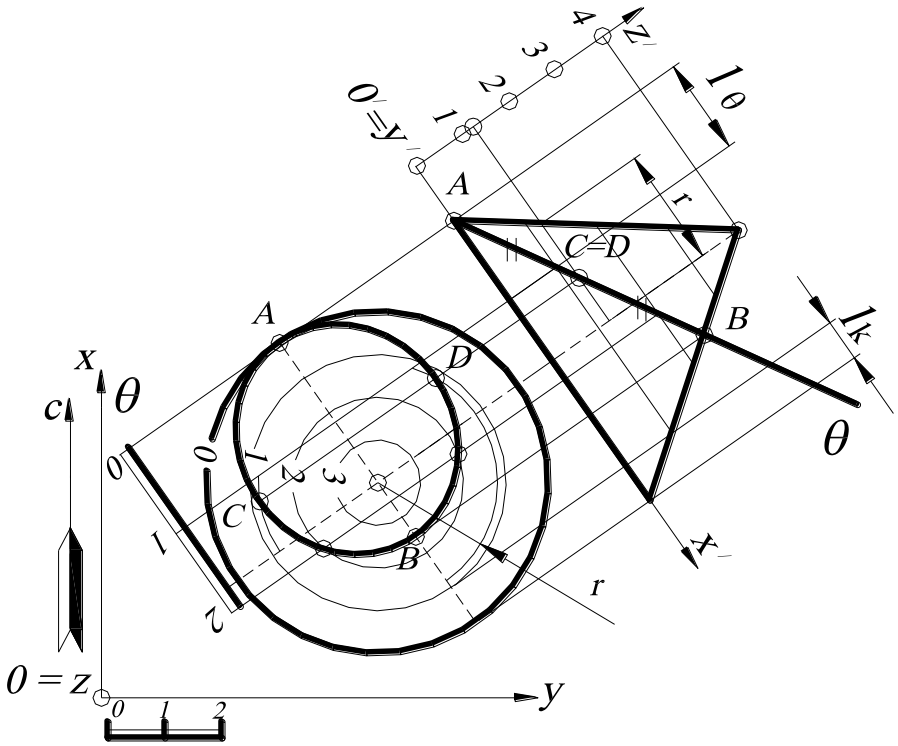


Рис. 204.

2. Эллипс (***или его часть***)**,** когда секущая плоскость θ_i пересекает все образующие одной полы конуса (или могут пересекать), но не перпендикулярна оси конуса. На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ будет больше интервала (масштаба заложения) образующей поверхности заданного конуса l_k, $l_\theta > l_k$, то в сечении получается эллипс или его часть $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ (рис. 204).

3. Парабола, когда секущая плоскость θ_i параллельна одной образующей конуса вращения (парабола имеет одну бесконечно удаленную точку). На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ равен интервалу (масштабу заложения) образующей конуса l_k, то в сечении получается парабола $l_\theta = l_k$, $y^2 = 2px$ (рис. 205).

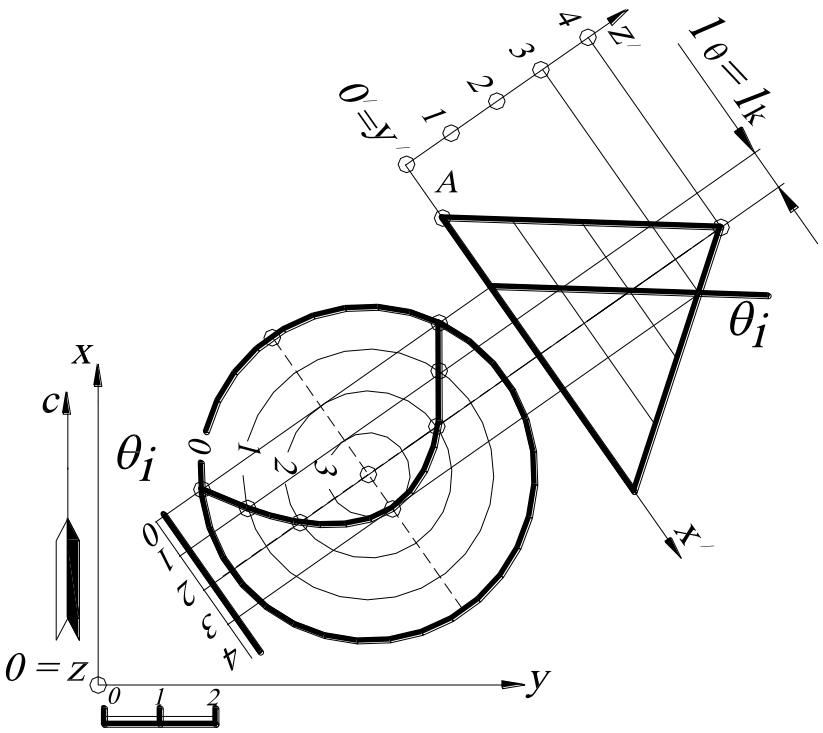


Рис. 205.

4. Гипербола, когда секущая плоскость θ параллельна двум образующим. (Гипербола имеет две бесконечно удаленные точки). Если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ меньше интервала (масштаба заложения) образующей конуса l_k (рис. 206) или вообще секущая плоскость перпендикулярна основанию конуса, то в сечении получается гипербола $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$. Если $l_\theta = 0$, гипербола

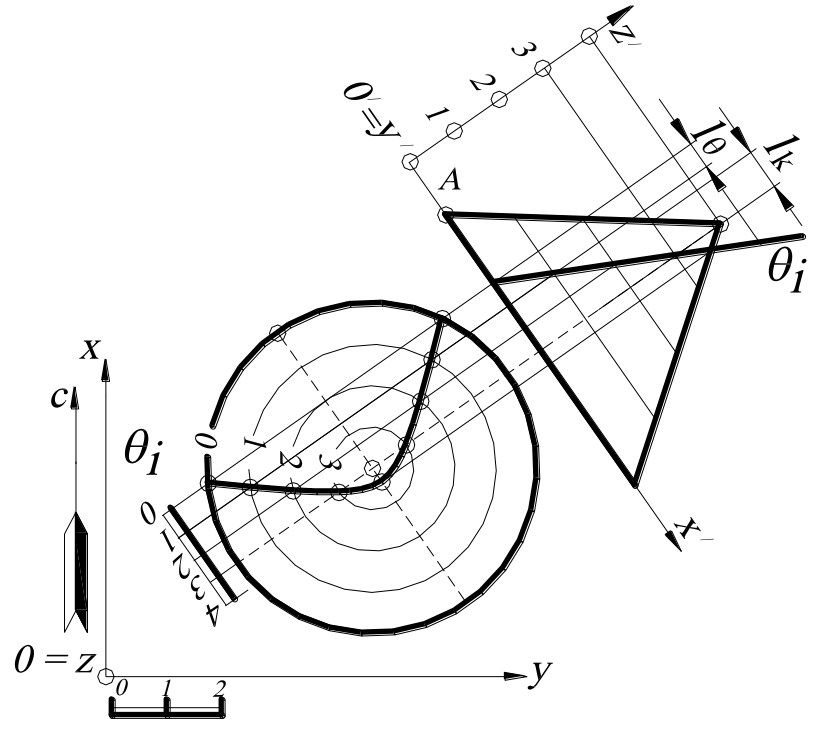


Рис. 206.

на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, то в сечении может получиться:

а) ***две изотропные (мнимые) прямые,*** в пересечении которых появляется действительная точка – вершина конуса ***S***, при этом интервал секущей плоскости l_θ будет больше интервала образующей конуса вращения l_k: $l_\theta > l_k$;

б) ***две совпавшие прямые***, интервал секущей плоскости l_θ будет равен интервалу образующей конуса l_k: $l_\theta = l_k$;

в) ***две пересекающиеся прямые***, интервал секущей плоскости l_θ меньше интервала образующей конуса l_k: $l_\theta < l_k$, а также если секущая плоскость проходит через ось конуса (рис. 207).

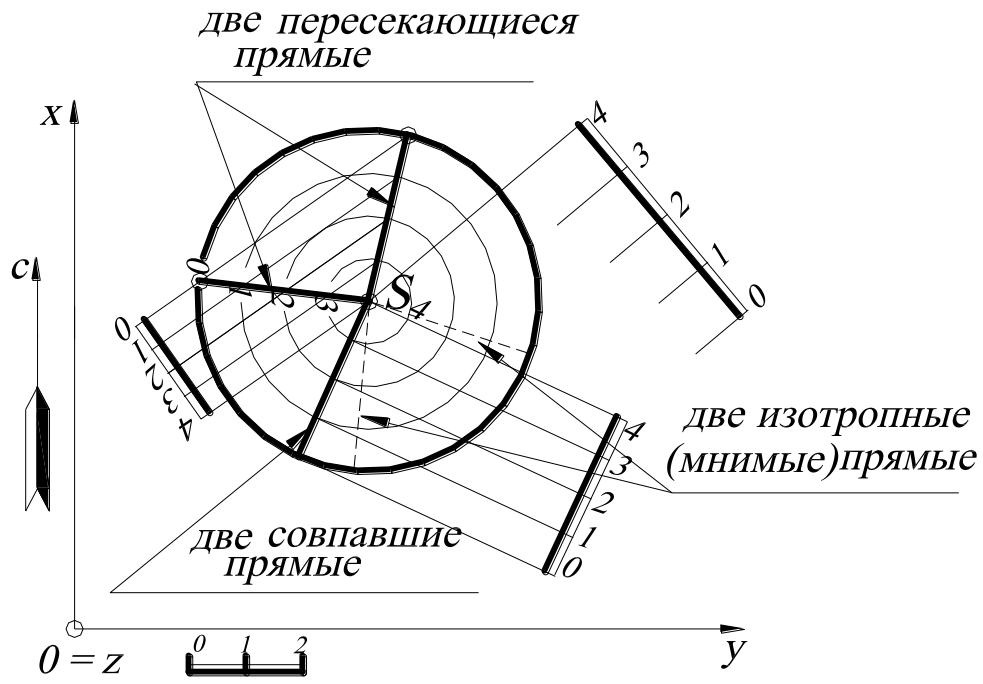


Рис. 207.

6.6. ПОВЕРХНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА

Поверхностью параллельного переноса называется поверхность, образованная непрерывным параллельным перемещением образующей ***m*** по направляющей ***n*** (рис. 208).

Движение образующей ***m*** может быть определено перемещением какой-либо ее точки ***M*** по бесконечно малым хордам направляющей ***n***. Покажем, что образующие и направляющие поверхности параллельного переноса взаимно заменяемы, то есть поверхность, образованная движением линии ***n*** по линии ***m***, конгруэнтна поверхности, образованной движением линии ***m*** по линии ***n***.

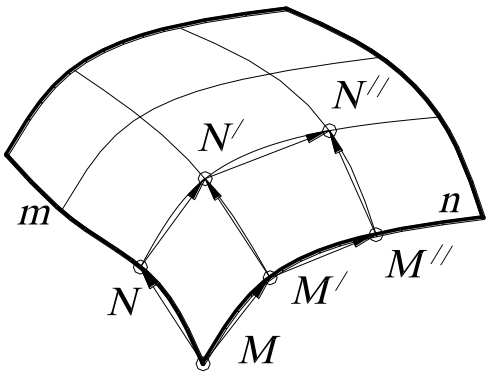


Рис. 208.

Рассмотрим параллелограмм ***MNN/M/***. Точка ***N/*** может быть получена переносом точки ***N*** на вектор ***MM/*** или переносом точки ***M/*** на вектор ***M/N/***, то есть одну и ту же точку ***N/*** поверхности можно получить перемещением образующей по направляющей или, наоборот, направляющей по образующей.

Отсюда следует, что поверхность параллельного переноса несет на себе два семейства линий, конгруэнтных соответственно линиям ***m*** и ***n***. Очевидно, определитель поверхности содержит образующую ***m*** и направляющую ***n***, что записывается так: ***Ф(m; n)***. На чертеже такая поверхность задается образующей и направляющей.

6.7. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность называется ***линейчатой***, если она образована движением прямой (образующей) ***l*** по заданному закону. Закон ее движения обычно задается тремя направляющими – n_1; n_2; n_3 (рис. 209).

В качестве направляющих можно рассматривать линии или поверхности (образующая перемещается, касаясь этой поверхно-

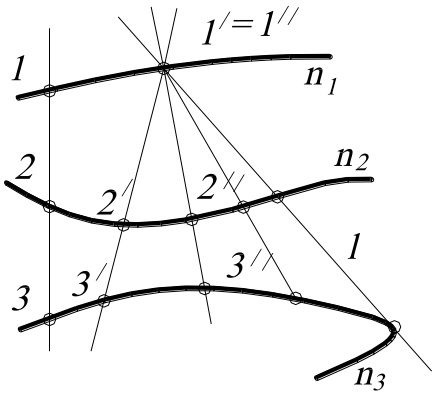
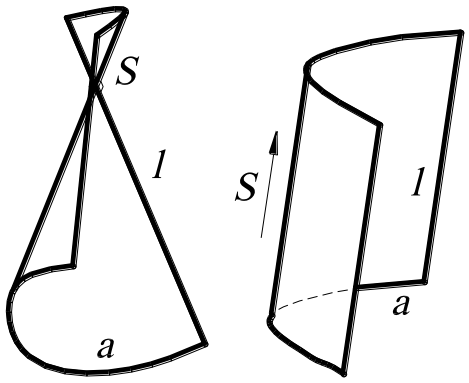


Рис. 209.

сти), а также другие геометрические элементы, например, графики изменения параметров образующих и т. п.

Коническая поверхность Ф образуется движением прямой ***l*** (образующей), проходящей через фиксированную точку ***S*** (вершину) и пересекающей направляющую кривую ***a*** (рис.210, *а*).



а *б*

Рис. 210.

Если направляющей является алгебраическая кривая ***n***-порядка (плоская или пространственная), то порядок поверхности ***Ф*** будет равен ***n***, то есть любая плоскость пересекает ее по кривой ***g*** порядка ***n*** или любая прямая ***m*** пересекает ее в ***n*** точках.

Коническую поверхность с несобственной вершиной ***S*** называют ***цилиндрической поверхностью***. Это поверхность, описываемая движением прямой линии ***l*** (образующей), пересекающей кривую линию ***a*** (направляющую) и имеющей постоянное направление ***S*** (рис. 210, *б*).

Порядок линейчатой поверхности с тремя направляющими равен удвоенному произведению порядков алгебраических направляющих $2n_1n_2n_3$.

ПРИМЕР. Построить линейчатую поверхность, направляющие ***p, q, r***, которой скрещивающиеся прямые (рис. 211).

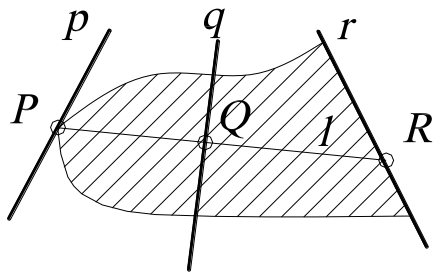


Рис. 211.

Образующая ***l***, проходящая через точку ***P***, принадлежащая направляющей ***p***, пересекает прямые ***q*** и ***r*** и при движении точки ***P*** по прямой ***p*** описывает поверхность, называемую ***однополостным (линейчатым) гиперболоидом***. В этом случае необходимо найти образующую ***l***, проходящую через точку ***P*** и две скрещивающиеся прямые ***q*** и ***r***.

Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости, рис. 212).

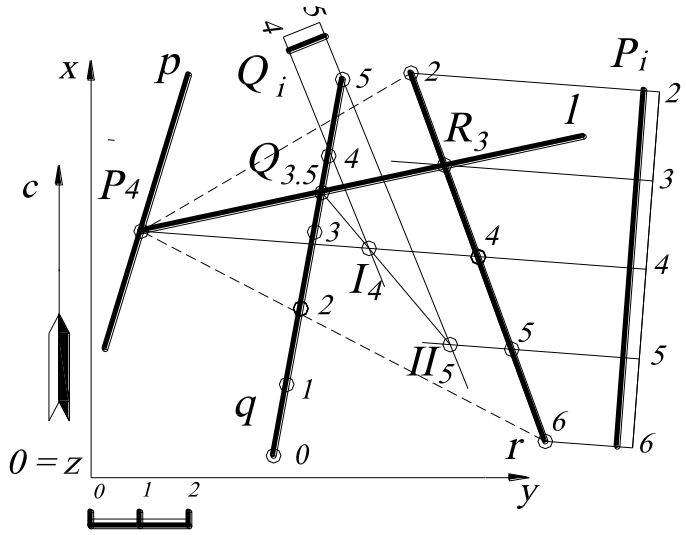


Рис. 212.

Алгоритм:

1. На прямую ***r*** (можно выбрать и другую прямую, то есть ***q***) и точку ***P*** «натягивают» плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают горизонталями P_i.
2. Находят точку пересечения прямой ***q*** с плоскостью P_i:

а) через прямую ***q*** проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i;

б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_4II_5;

в) находят точку пересечения прямой I_4II_5 и прямой ***q*** – точка $Q_{3,5}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку P_4 и построенную точку $Q_{3,5}$, будет искомой прямой ***l***.

Форма поверхности показана на рис. 213.

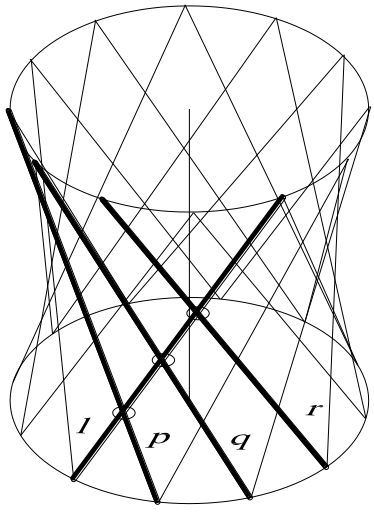


Рис. 213.

На рис. 214 построен однополостный гиперболоид в проекциях с числовыми отметками. На профиле очерк гиперболоида – гипербола, которая строится по точкам пересечения параллелей с плоскостью главного меридиана или может быть построена на профиле как огибающая вращающейся, образующей ***l*** в разных её положениях; на плане очерк однополостного гиперболоида – горловая окружность (горловая параллель) – огибающая горизонтальных проекций прямоли-

нейных образующих ***l***. Однополостный гиперболоид является поверхностью второго порядка.

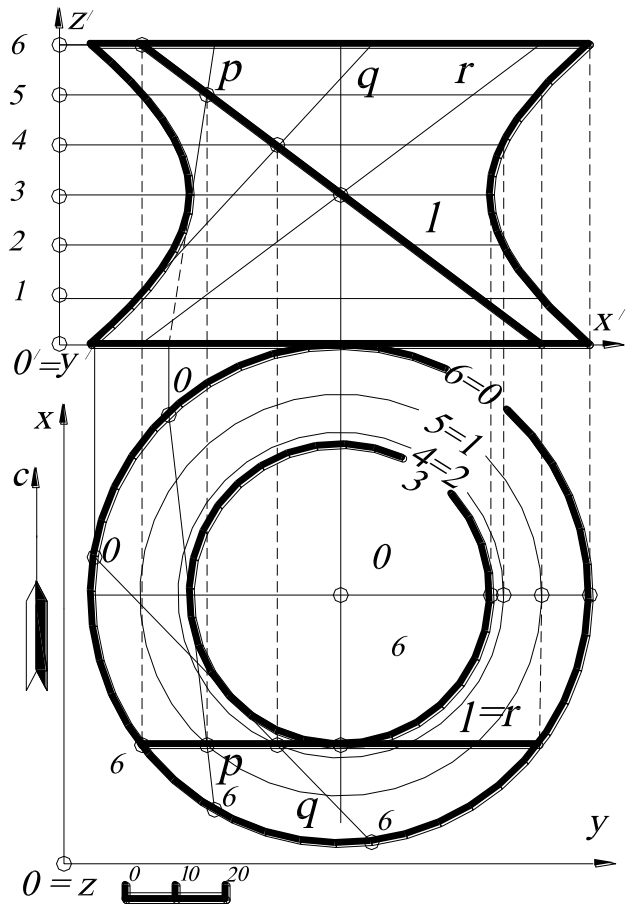


Рис. 214.

Множество прямых, с которыми совпадает при вращении образующая ***l***, называют 1-м семейством на гиперболоиде. Из симметрии поверхности вращения относительно меридиональной плоскости следует существование на гиперболоиде 2-го семейства прямых. Прямые 1-го семейства закручены влево, прямые 2-го – вправо. Любые две прямые одного семейства скрещиваются, любые две прямые из разных семейств пересекаются (или параллельны). Через каждую точку однополостного гиперболоида проходят одна правая и одна левая прямая.

6.8. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛОСКОСТЬЮ ПАРАЛЛЕЛИЗМА (ПОВЕРХНОСТИ КАТАЛАНА)

Линейчатыми поверхностями с плоскостью параллелизма называются поверхности, все образующие которых параллельны заданной плоскости, называемой плоскостью параллелизма или направляющей плоскостью.

Если одна из направляющих будет являться несобственной (бесконечно удаленной), а две другие действительными, такие поверхности называются поверхностями с плоскостью параллелизма, так как плоскость параллелизма явля-

ется собственным представителем несобственной (бесконечно удаленной) прямой. В самом деле, любая образующая пересекается с плоскостью параллелизма в бесконечно удаленной (несобственной) точке, так как образующих у линейчатой поверхности ∞^1, то получают ∞^1 несобственных точек (бесконечно удаленных), то есть несобственную прямую. В зависимости от вида действительных направляющих поверхность с плоскостью параллелизма называется цилиндроидом, коноидом, косой плоскостью.

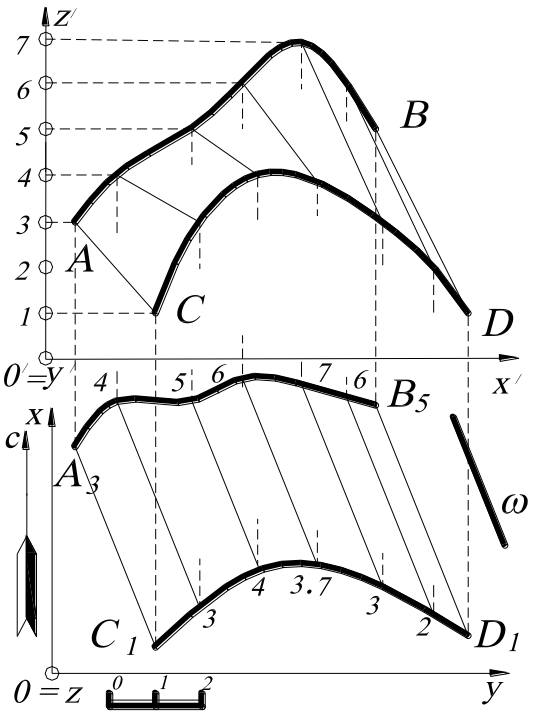


Рис. 215.

Цилиндроид – поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным кривым направляющим, причем образующая всегда остается параллельна плоскости параллелизма. Порядок такой поверхности: $n=2\cdot n_1\cdot n_2\cdot 1$. На рис. 215 изображен цилиндроид, образованный движением прямой, пересекающей направляющие кривые ***AB*** и ***CD*** и параллельной плоскости параллелизма $\omega \perp H$ (H – основная плоскость проекций ***xOy***).

Коноид – поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным направляющим, одна из которых прямая, причем образующая остается всегда параллельна какой-либо плоскости параллелизма. Порядок такой поверхности: $n = 2\cdot n_1\cdot 1\cdot 1$. На рис. 216 показан коноид, направляющими линиями служат кривая ***AB*** и прямая $CD \perp H$, а плоскостью параллелизма – основная плоскость проекций ***xOy***.

Косая плоскость - поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным скрещивающимся прямым (рис. 217), причем

образующая остается всегда параллельна какой-либо плоскости параллелизма. Эта поверхность известна под названием ***гиперболического параболоида***, так как она несет на себе каркас не только прямых, но и гипербол и парабол. Порядок такой поверхности: ***n=2·1·1·1=2***. На рис. 217 изображена часть такой поверхности, ограниченная направляющими ***AB*** и ***CD*** и образующими ***AD*** и ***BC***, параллельными плоскости параллелизма ω, перпендикулярной основной плоскости проекций ***xOy***.

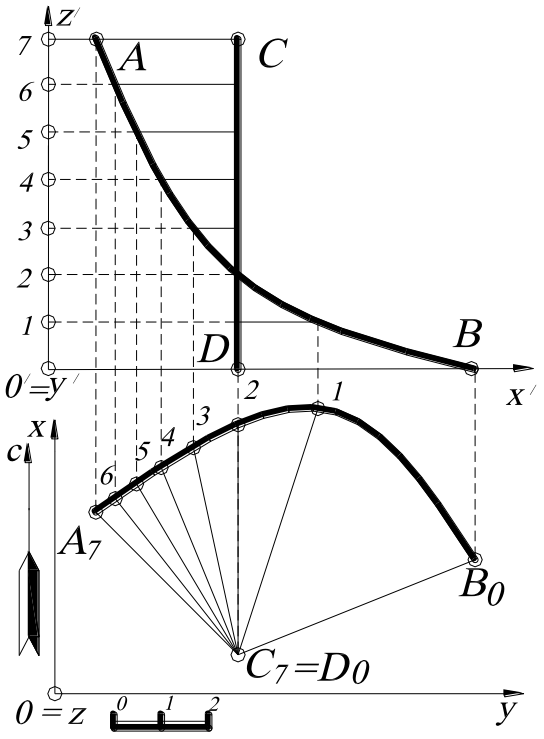


Рис. 216.

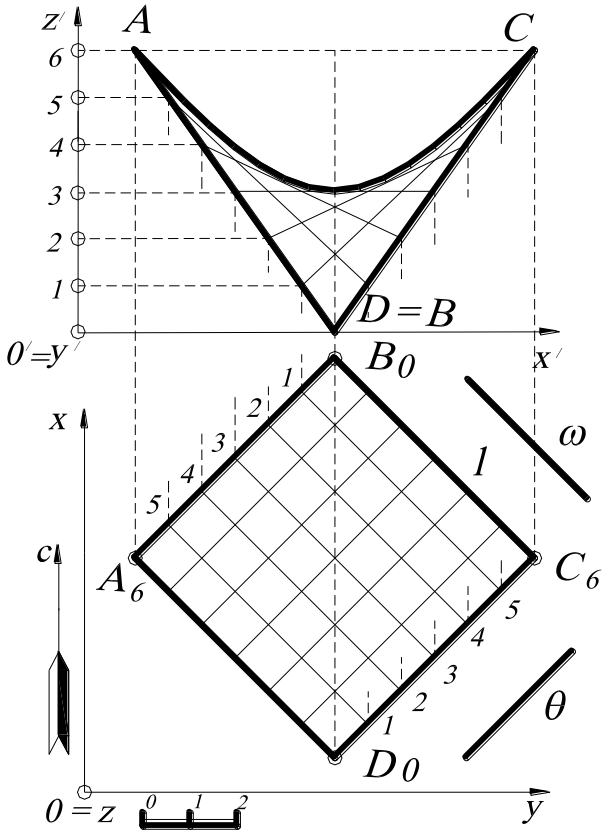


Рис. 217.

На гиперболическом параболоиде есть второе семейство прямых, которому принадлежат данные направляющие ***AB*** и ***CD***. Все прямые второго семейства также параллельны некоторой плоскости параллелизма θ (на рис. 217 $\theta \perp H$). Эти два семейства (образующих и направляющих) совершенно равноправны, то есть при движении прямой ***AB***, пересекающей прямые ***AD*** и ***BC*** и параллельной плоскости θ, получается та же поверхность. Два семейства прямых на гиперболическом параболоиде устроены точно так же, как и на однопо-

лостном гиперболоиде, а именно: две прямые одного семейства скрещиваются, две прямые из разных семейств лежат в одной плоскости; через каждую точку гиперболического параболоида проходит одна прямая из каждого семейства.

6.8.1.ПОВЕРХНОСТИ ОДИНАКОВОГО СКАТА

На практике при проектировании откосов дорог часто применяются и поверхности равнодлинного откоса. Поверхность одинакового ската представляет собой в пространстве огибающую семейства прямых круговых конусов, вершины которых лежат на пространственной кривой (рис. 218).

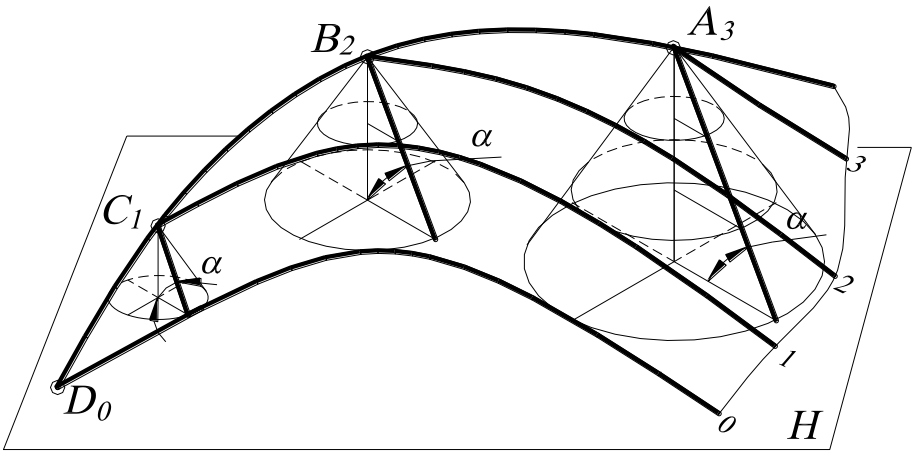


Рис. 218.

Поверхность одинакового ската – линейчатая поверхность. Все образующие этой поверхности составляют с горизонтальной плоскостью проекций H одинаковый угол α, равный углу наклона образующих конуса. Частным случаем поверхности одинакового ската является эвольвентная поверхность. Для построения горизонталей поверхности одинакового ската необходимо иметь проекцию кривой линии и угол наклона поверхности (образующих конуса) α к горизонту.

ПРИМЕР. Построить к заданной кривой $A_3B_2C_1D_0$ поверхность одинакового ската с углом наклона поверхности к основной плоскости проекций H, равным $\alpha=70^0$.

Построения выполняются следующим образом:

1. В соответствии с масштабом чертежа строится профиль, в котором проводится прямая под углом α. Получаемый при этом отрезок l характеризует интервал образующих конусов (рис. 219).

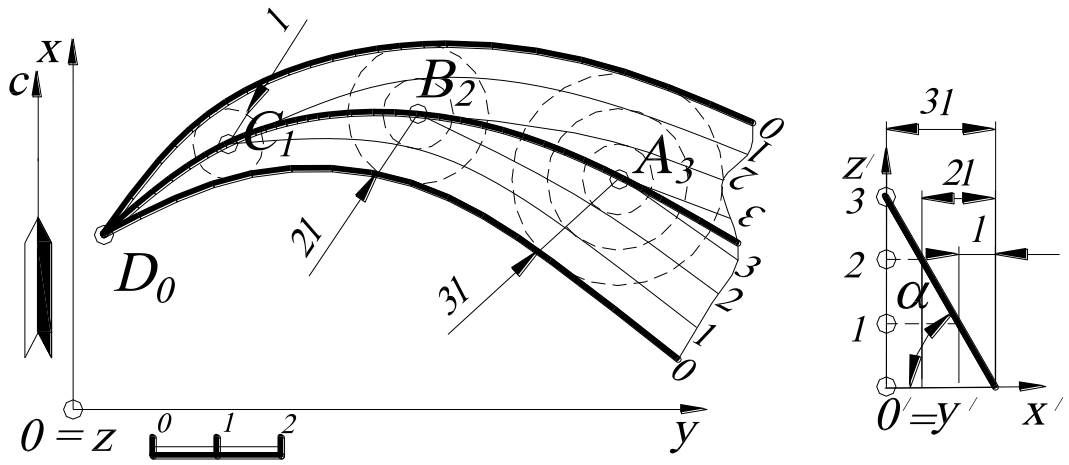


Рис. 219.

2. В соответствии с интервалом l строятся образующие конусов с центрами в точках $C_1B_2A_3$.

3. По касательным к горизонталям конусов с одинаковыми высотными отметками проводятся лекальные кривые горизонталей поверхности одинакового ската.

6.8.2. ПОВЕРХНОСТЬ РАВНОДЛИННОГО ОТКОСА

Поверхностью равнодлинного откоса называется линейчатая поверхность, образующая которой - отрезок прямой постоянной длины – перемещается в пространстве так, что его один конец скользит по направляющей, пространственной кривой (прямой), а другой конец - по заданной поверхности (плоскости), причём горизонтальная проекция образующей всегда перпендикулярна горизонтальной проекции направляющей.

Частным случаем поверхности равнодлинного откоса является такая поверхность, образующая которой (отрезок постоянной длины) одним концом скользит по прямой, а другим - по горизонтальной плоскости. В этом случае поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (рис. 220). Вершины этих конусов лежат на направляющей

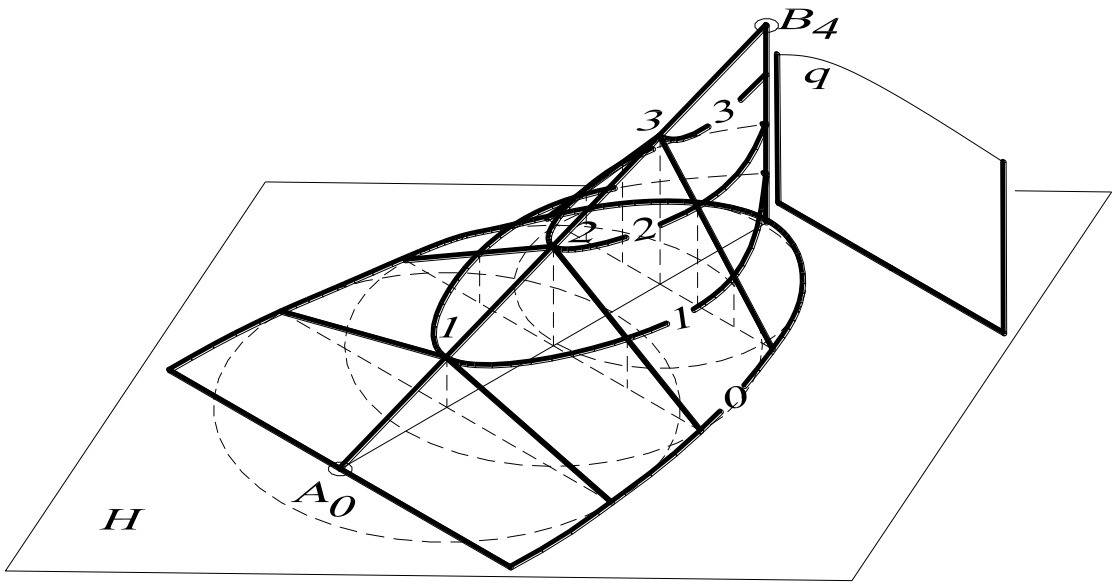


Рис. 220.

(прямой), а основания – на заданной плоскости. На практике такая поверхность заменяется поверхностью, образующие которой на горизонтальной проекции перпендикулярны горизонтальной проекции направляющей (по определению). Длины отрезков образующих этих конусов, заключённых между вершинами и основаниями, равны, то есть угол наклона образующей конуса к горизонтальной плоскости проекций меняется при движении конуса вдоль направляющей.

Поверхность равнодлинного откоса такого вида задана:

1) направляющая - отрезок прямой; образующая – отрезок прямой постоянной длины. Горизонтальные проекции образующей и направляющей перпендикулярны, то есть все горизонтальные проекции образующих

будут параллельны между собой, а, следовательно, параллельны плоскости параллелизма $\boldsymbol{q}$ (см. рис. 220);

2) отрезок (образующая поверхности) одним концом скользит по направляющей, другим – по основной (горизонтальной) плоскости проекций.

В результате движения образующей по горизонтальной плоскости проекций, в пересечении получается плоская кривая, которую можно рассматривать, в данном случае как направляющую. Тогда поверхность равнодлинного откоса можно представить как часть ***коноида***.

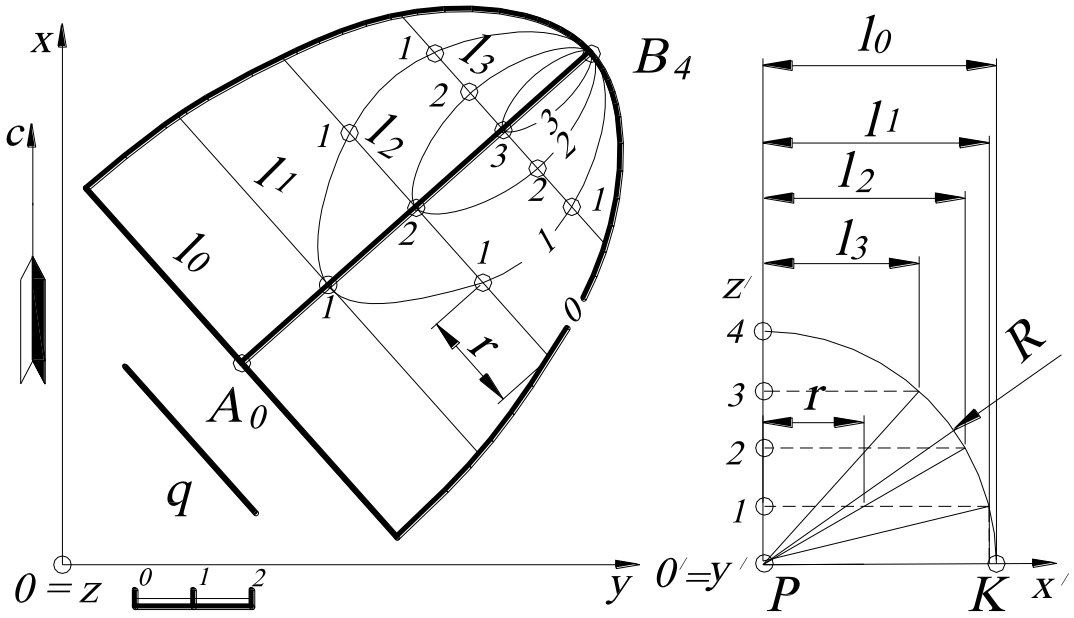
ПРИМЕР. Построить поверхность равнодлинного откоса (часть коноида), образующая которой прямая $\boldsymbol{l}$, параллельная плоскости параллелизма $\boldsymbol{q}$. Образующая (постоянной длины) этой поверхности одним концом скользит по направляющей прямой $\boldsymbol{A_0B_4}$, а другим – по горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$. Натуральная величина образующей определяется расстоянием от прямой $\boldsymbol{A_0B_4}$ до горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$.

Построение очерка поверхности равнодлинного откоса

В общем случае, поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (вершины этих конусов лежат на направляющей (прямой) $\boldsymbol{A_0B_4}$, а основания на горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$). Тогда образующую конуса можно рассматривать как постоянную образующую поверхности равнодлинного откоса, параллельную плоскости $\boldsymbol{q} \perp \boldsymbol{H}$ (рис. 221).

Для определения горизонтальных проекций образующих части поверхности равнодлинного откоса проводят окружность радиуса $\boldsymbol{R}$, равной натуральной величине отрезка образующей $\boldsymbol{PK=l_0}$ (см. рис. 221, *б*). Рассекают эту окружность горизонтальными прямыми, расстояния между которыми, в масштабе, равны единице (линейный масштаб). Длину отрезка $\boldsymbol{PK}$ можно рассматривать как постоянную образующую конусов.

Затем строятся образующие поверхности равнодлинного откоса, проходящие через отметки ***0***, ***1***, ***2***, ***3***, причём горизонтальные проекции этих образующих на плане перпендикулярны направляющей A_0B_4. В точке с отметкой ***4*** образующая поверхности будет проецирующей.



а *б*

Рис. 221.

Построенные образующие на плане градуируют с интервалом ***1*** (единица), то есть определяют промежуточные высотные отметки, расположенные между концами отрезка образующей. Градуировка осуществляется с помощью переноса соответствующих высотных отметок. Для этого используется сетка горизонтальных сечений на профиле (см. рис. 221, *б*) (например, расстояние ***r*** на образующей l_2 соответствует точке с высотной отметкой ***1***). Точки с одинаковыми высотными отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые являются горизонталями поверхности равнодлинного откоса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чём заключается каркасный способ задания поверхности?

2. Что такое определитель поверхности?

3. Перечислите способы задания поверхностей на плане (сферы, конуса, поверхности вращения общего вида).

4. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и прямого кругового конуса.

5. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и наклонного цилиндра.

6. Как построить линию пересечения поверхности вращения и многогранника?

7. Как определяется линия пересечения двух поверхностей вращения?

8. На ребре куба как на диаметре построена сфера. Вписать в куб сферу, касающуюся данной сферы и трёх граней куба.

9. Как образуется поверхность равнодлинного откоса?

10. Сформулируйте определитель поверхности равного уклона.

11. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и косой плоскости.

7. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Кинематические поверхности сложной формы иногда называют поверхностями зависимых линий. Типичным примером поверхностей зависимых линий служат топографические поверхности.

Топографическими поверхностями называют поверхности, заданные дискретным множеством линий уровня. Такое представление поверхностей широко распространено в топографии, горном деле, строительстве и др. Следует помнить, что поверхности, заданные дискретным каркасом, не вполне опре-

делены, так как могут существовать и другие поверхности с тем же каркасом, но несколько отличающиеся одна от другой.

Непрерывно-топографическими поверхностями называют поверхности, образованные непрерывным множеством линий уровня. Эти поверхности широко применяют в авиации, архитектуре и др.

На рис. 222 изображена топографическая поверхность, пересекаемая пучком параллельных горизонтальных плоскостей H_0, H_1, H_2, расположенных по вертикали на одном расстоянии друг от друга $h=10$. Плоскости H_0, H_1, H_2 пересекают заданную топографическую поверхность по горизонталям – плоским кривым. Ортогонально (перпендикулярно) спроецировав полученные горизонтали на основную плоскость проекций H, получают ряд замкнутых кривых, называемых ***изогипсами*** (isos – греч. равный, одинаковый, hypsos – греч. высо-

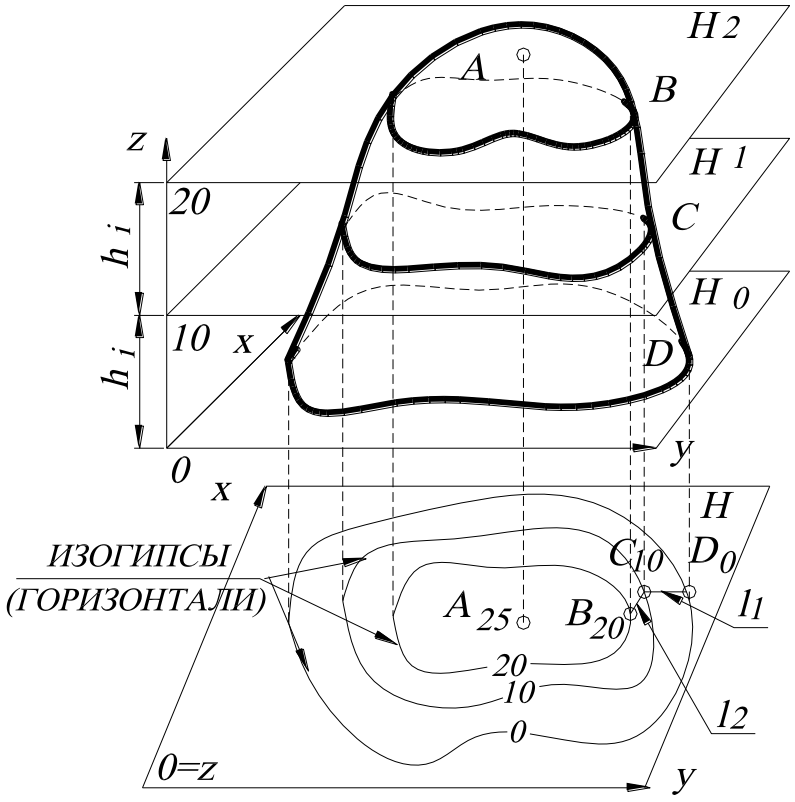


Рис. 222.

та).

Полученные таким образом изогипсы образуют план топографической поверхности в системе координат ***xOy***. Следует помнить, что в проекциях с

числовыми отметками ось x всегда совпадает с северным направлением меридиана.

Иногда при решении инженерных задач на земной поверхности возникает необходимость использовать следующие термины.

Высота сечения h – это расстояние по вертикали между секущими рельеф поверхности горизонтальными плоскостями.

Заложение (интервал) l – это расстояние по нормали между проекциями двух соседних изогипс.

Угол падения (наклона) σ топографической поверхности к горизонту определяется высотой сечения и заложением: $tg\sigma = \frac{h}{l} = i$.

Отношение высоты сечения к заложению i между горизонталями называют ***уклоном***.

7.1. ЭЛЕМЕНТЫ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Элементы рельефа топографической поверхности можно легко представить по изображению горизонталей и анализу их высотных отметок. Для удобства определения характера топографической поверхности и отдельных форм рельефа пользуются берг-штрихами, которые проставляют перпендикулярно горизонтали и направляют от неё в сторону спуска поверхности. Горизонтали, кратные 5 числовым отметкам, для удобства чтения чертежа иногда выделяют толстой линией.

В табл. 5 даны некоторые схемы изображения горизонталей главных элементов поверхности. Вершина горы, дно котлована называются ***характерными точками топографической поверхности***, а линии водораздела и водослива – характерными линиями поверхности. По характеру горизонталей на плане и по профилю можно установить характер формы скатов (падений) поверхности (табл. 6).

Таблица 5

Схемы изображения основных форм рельефа на плане

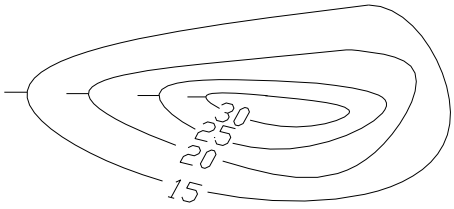
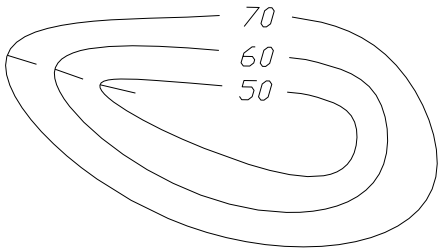
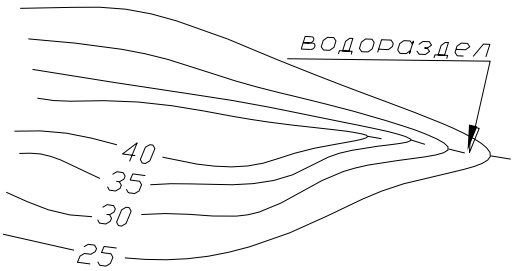
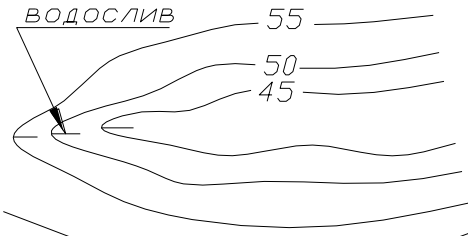
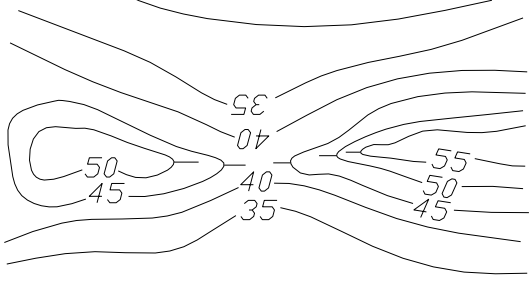
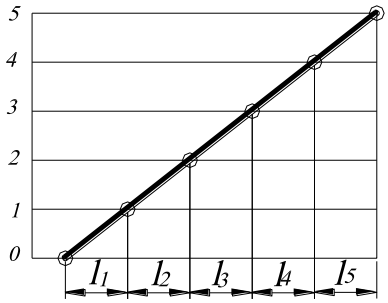
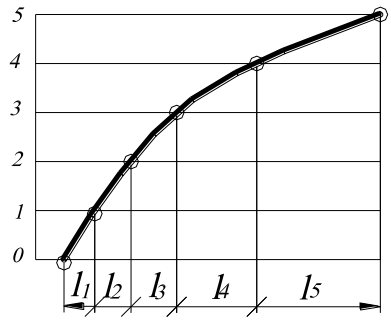
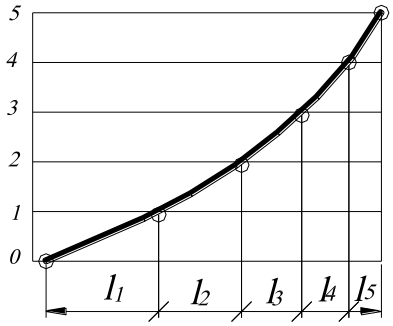
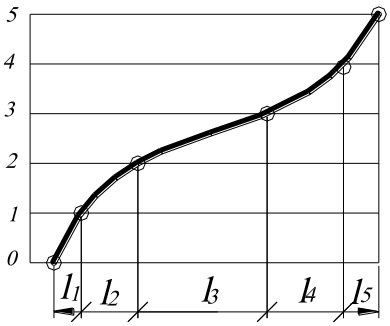
План поверхности	Название рельефа	Краткая характеристика поверхности
	Возвышение, гора (холм)	Выпуклая конусообразная форма. Горизонтали – замкнутые кривые
	Впадина, котловина (яма)	Конусообразное углубление. Горизонтали – замкнутые кривые
	Хребет	Вытянутое в одном направлении возвышение
	Лощина	Вытянутое в одном направлении углубление
	Седловина, перевал	Понижение рельефа при пересечении горы или хребта

Таблица 6

Схемы изображения основных форм ската на профиле

Профиль поверхности	Название ската	Краткая характеристика профиля поверхности
	Ровный	Заложения (интервалы) на всей высоте сечения: $l_1=l_2=l_3=l_4=l_5$
	Выпуклый	Заложение (интервал) у подошвы меньше, чем у вершины: $l_1<l_2<l_3<l_4<l_5$
	Вогнутый	Заложение (интервал) у подошвы больше, чем у вершины: $l_1>l_2>l_3>l_4>l_5$
	Смешанный	Заложения (интервалы) изменяются: $L_3>l_4>l_2>l_1>l_5$

ЛИНИЯ ПАДЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ определяет кратчайшее расстояние между двумя горизонталями и называется падением топографической поверхности, или линией наибольшего ската поверхности в данной точке.

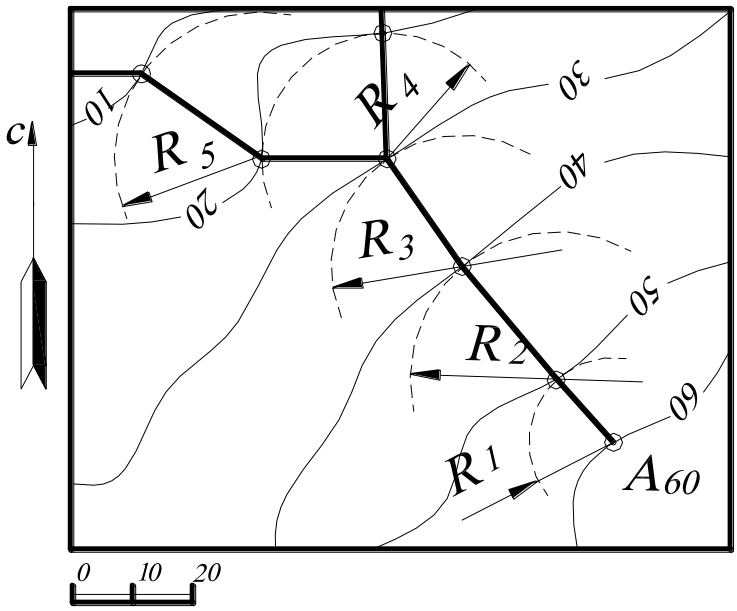


Рис. 223.

Линия падения строится как совокупность прямых-образующих конических поверхностей, по которым происходит касание. Условно принимается, что перепад высотных отметок носит линейный характер, следовательно, топографическая поверхность будет касаться конуса по образующей. При этом основание прямого кругового конуса будет касаться ближайшей горизонтали (касание может быть также и в нескольких точках, рис. 223).

ЛИНИЯ ПОСТОЯННОГО УКЛОНА топографической поверхности используется на практике при проектировании трассы дорог (шоссейных, железных), каналов, то есть там, где возникает необходимость построения линии постоянного уклона на топографической поверхности. Для сокращения земляных работ ось дороги (или канала) располагают не по прямой, а так, чтобы она шла по топографической поверхности, изменяя при этом направление соответственно с уклоном местности.

На рис. 224 показано построение линии постоянного уклона на топографической проекции, где σ - постоянный угол наклона прямой – оси к горизонтальной плоскости проекций. На профиле определяется интервал l, затем на плане (с помощью засечек циркуля) строят кривую линию.

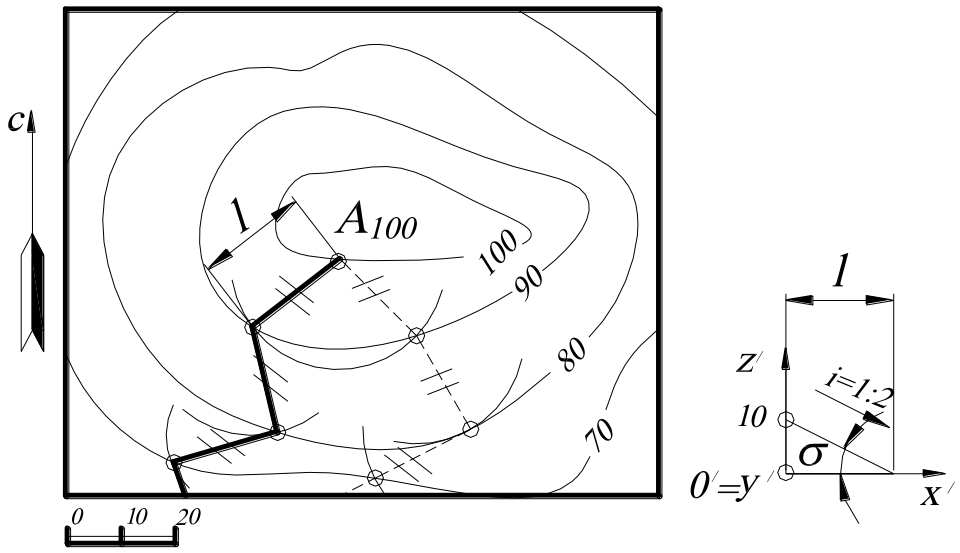


Рис. 224

ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ К ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Если точка принадлежит поверхности, то она принадлежит линии, лежащей на этой поверхности.

ПРИМЕР. Найти высотную отметку точки ***A***, принадлежащую топографической поверхности (рис. 225).

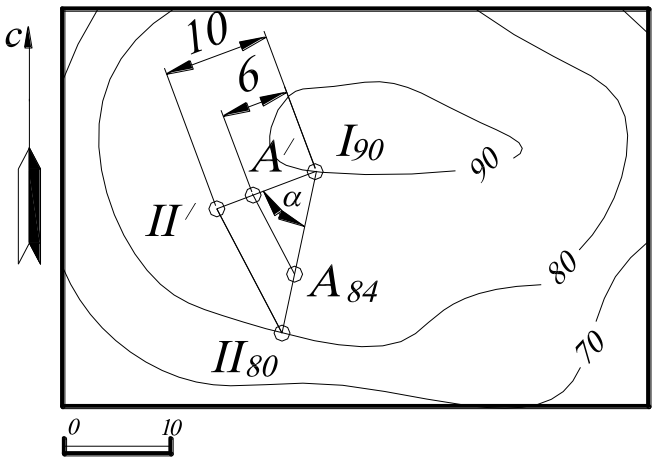


Рис. 225.

Через точку ***A*** на плане проводят линию ската $I_{90}II_{80}$, которая является интерполяционной прямой перепада высот. Из точки I_{90} проводят отрезок прямой $I_{90}II'$ под произвольным углом α и откладывают на нём от точки I_{90} разницу высотных отметок, взятых по масштабу чертежа, то есть ***10***. Произвольный отрезок $I_{90}II'$, на котором откладываем разницу числовых отметок точек, назовём шкалой масштабов. Соединяют полученную точку II' с точкой II_{80}. Затем с помощью подобных треугольников находят точку A', то

есть проводят прямую из искомой точки A, параллельную отрезку прямой $II_{80}II'$. Далее, по шкале масштабов определяют высотную отметку точки A на прямой $I_{90}II'$. Таким образом, высотная отметка точки A соответствует 84.

С помощью вышеописанного построения можно строить промежуточные изогипсы.

7.2. НАХОЖДЕНИЕ ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОСТИ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. Плоскость занимает проецирующее положение.

В этом случае проекция линии пересечения совпадает со следом плоскости (так как плоскость проецирующая), а линия пересечения будет иметь высотные отметки, что и изогипсы заданной топографической поверхности. Линию пересечения строят на профиле (в геологии такие сечения называют геологическими вертикальными разрезами). На рис. 226 показано построение линии пересечения проецирующей плоскости с топографической поверхностью.

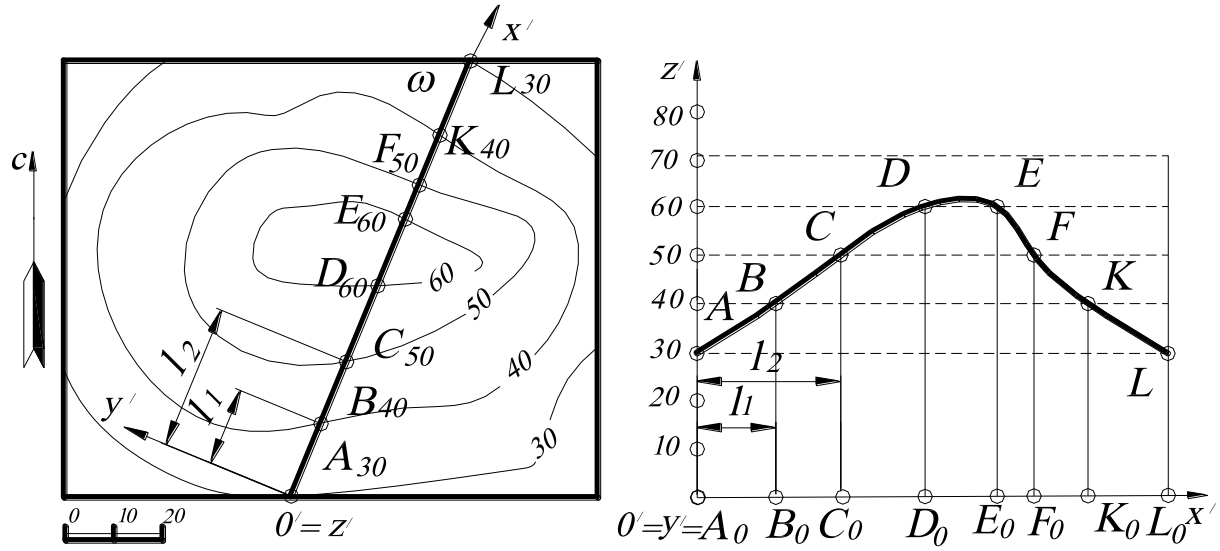


Рис. 226.

Построение осуществляется следующим образом. На плане задают новую систему координат $O'x'y'z'$, совпадающую с проекцией проецирующей плоскости ω, и находят точки пересечения с изогипсами A_{30}, B_{40}, C_{50}, D_{60}, E_{60}, F_{50}, K_{40},

L_{30}, имеющие одинаковые высотные отметки. На профиле, по оси x откладывают заложения этих точек l_1, l_2,… (на рис. 226 показаны только два, остальные строятся аналогично) и получают основания точек A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0, K_0, L_0 (или проекции на основную плоскость проекций), которые затем поднимают по перпендикулярам на соответствующие высотные отметки и соединяют плавной кривой линией.

2. Плоскость занимает горизонтальное положение.

Нахождение линии пересечения топографической поверхности с горизонтальной плоскостью сводится к нахождению изогипсы, так как все изогипсы получаются в результате пересечения заданного рельефа горизонтальными плоскостями. Однако если горизонтальная плоскость имеет числовую отметку отличную от высоты заданного сечения топографической поверхности, то в этом случае необходимо найти изогипсу с промежуточной числовой отметкой. Рассмотрим решение этой задачи на примере.

ПРИМЕР. Найти линию пересечения заданной топографической поверхности горизонтальной плоскостью H_{82} (рис. 227).

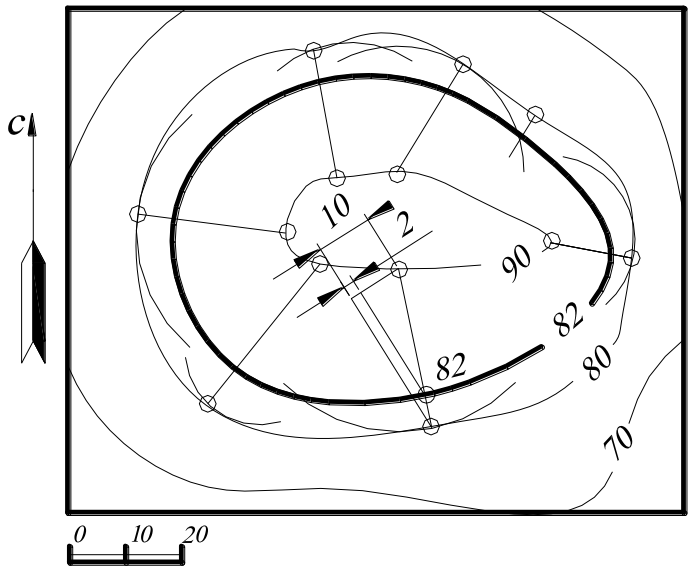


Рис. 227.

Для определения на плане горизонтальной плоскости, проходящей через высотную отметку ***82***, необходимо построить изогипсу с отметкой ***82***. Для этого между изогипсами ***80*** и ***90*** строят ряд линий ската, считая, что перепад высот носит линейный характер. С помощью градуирования находят на этих линиях ската числовые отметки ***82*** (см. рис. 225) и, соединив последовательно полученные точки кривой линией, получают искомую изогипсу, которая называется

промежуточной. Эта изогипса будет определять линию пересечения горизонтальной плоскости H_{82} с заданной топографической поверхностью.

3.Плоскость занимает общее положение.

Для искомой линии пересечения заданных поверхностей (топографической поверхности и плоскости) необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежали бы заданным поверхностям.

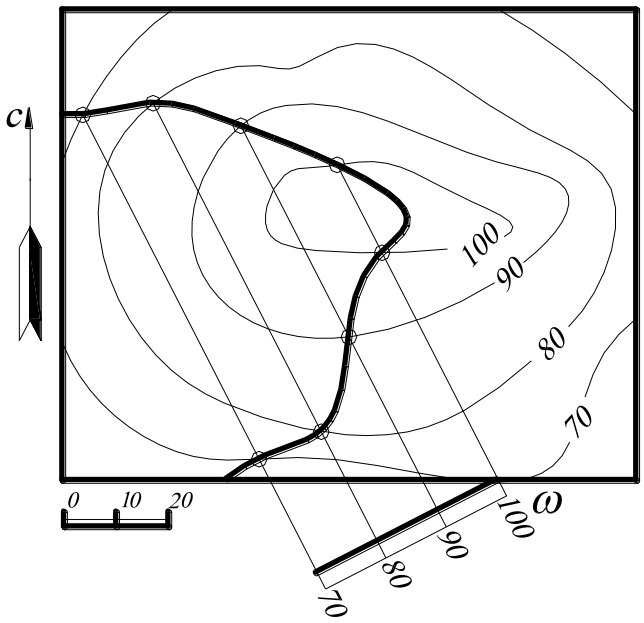


Рис. 228.

Для нахождения общих точек необходимо в заданной плоскости построить горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс заданной топографической поверхности (рис. 228). Линии (горизонтали плоскости и изогипсы топографической поверхности) с одинаковыми высотными отметками в пересечении дадут общие точки, так как они лежат в одних горизонтальных плоскостях. Затем найденные точки соединяют плавной кривой линией, которая будет являться пересечением плоскости с топографической поверхностью.

7.3. НАХОЖДЕНИЕ ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОЙ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Для нахождения точек пересечения прямой с топографической поверхностью поступают следующим образом (*алгоритм*):

1. *Через заданную прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник. Таких плоскостей можно провести пучок* ∞^1.

2. *Находят линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника с заданной топографической поверхностью.*

3. *Искомые точки будут находиться на пересечении заданной прямой с найденной линией пересечения.*

4*. Определяется видимость на чертеже.*

<u>ПРИМЕР</u>. Найти точки пересечения заданной топографической поверхности с прямой $A_{70}B_{40}$ (рис. 229).

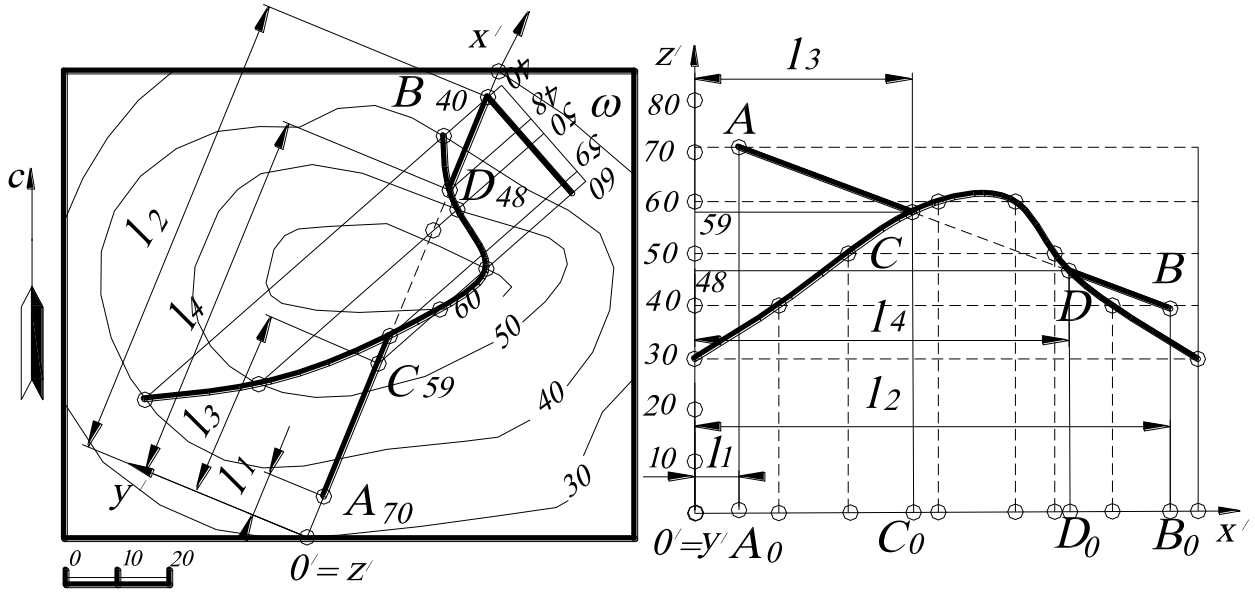


Рис. 229.

1. Через отрезок прямой $A_{70}B_{40}$ на плане проводят вспомогательную плоскость-посредник ω.

2. Находят линию пересечения этой плоскости-посредника ω с топографической поверхностью. Для этого градуируют прямую $A_{70}B_{40}$ и проводят горизонтали вспомогательной плоскости-посредника. Затем находят общие точки горизонталей ω и изогипс топографической поверхности, соединяя их последовательно плавной линией.

3. Находят точки пересечения C и D прямой $A_{70}B_{40}$ и построенной кривой линии и определяют их высотные отметки C_{59}, D_{48}.

4. Определяют видимость прямой $A_{70}B_{40}$.

В том случае, если плоскость ω является проецирующей, то необходимо строить профиль, искомые точки при этом не изменяются (см. рис. 229).

7.4. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для нахождения линии пересечения заданных поверхностей необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат заданным поверхностям. Для определения видимости и характера искомой линии пересечения необходимо найти характерные точки на этих поверхностях.

Как было отмечено выше, для нахождения общих точек, принадлежащих одновременно заданным поверхностям, необходимо использовать вспомогательные плоскости (поверхности, например, шаровые), называемые посредниками.

Сущность метода состоит в том, что выбирают вспомогательную секущую плоскость, пересекающую заданные поверхности по простым линиям (прямым или окружностям), которые в пересечении дают искомые общие точки. Затем находят точки, лежащие на очерковых образующих (если таковые имеются), и последовательно соединяют плавной кривой линией. Искомая линия пересечения является видимой, если обе пересекающиеся поверхности или их части являются видимыми. Если же хотя бы одна из пересекающихся поверхностей или её часть является невидимой, то и вся линия пересечения также невидима.

7.4.1. НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С МНОГОГРАННИКОМ

Для нахождения линии пересечения топографической поверхности и многогранника необходимо построить линию пересечения каждой грани с топографической поверхностью. Другими словами, задача сводится к нахожде-

нию линии пересечения плоскости с топографической поверхностью. Для нахождения точек пересечения боковых рёбер многогранника с топографической поверхностью используют алгоритм решения задач на нахождение точек пересечения прямой с топографической поверхностью, так как эти точки будут являться точками излома.

ПРИМЕР. Построить линию пересечения топографической поверхности с усечённой пирамидой (в реальной ситуации с котлованом), уклоны боковых граней которой к горизонтальному основанию с числовой отметкой ***3*** равны: ***i=1:1*** – с севера и юга и ***i=1:1,5*** – запада и востока (рис. 230).

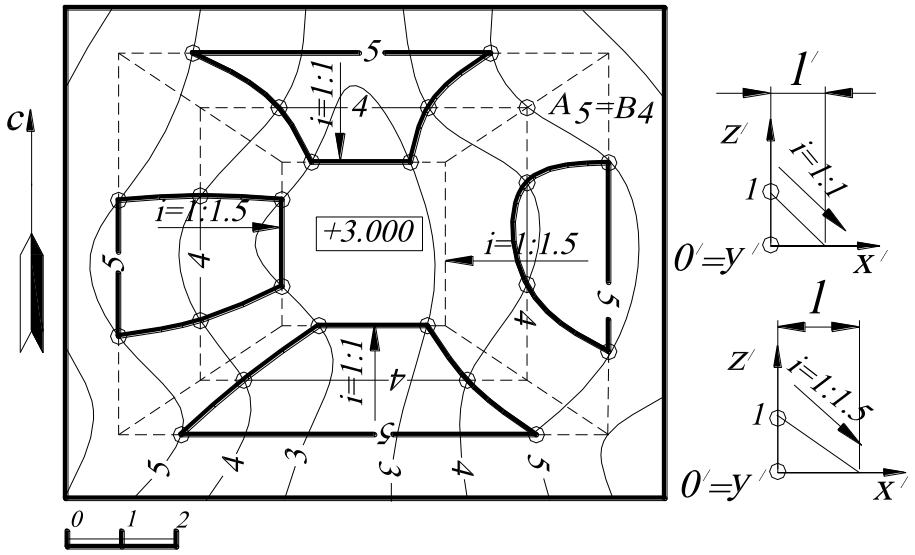


Рис. 230.

Строят горизонтали западной и восточной граней пирамиды с интервалом ***1,5*** м, то есть полторы единицы линейного масштаба (см. п. 2.4), а севера и юга – ***1*** м (одна единица линейного масштаба). Прямые пересечения смежных граней (рёбра пирамиды) проходят через точки пересечения одноимённых горизонталей этих граней. Линия пересечения поверхностей определяется как линия, соединяющая точки пересечения изогипс топографической поверхности и горизонталей граней пирамиды с одинаковыми высотными отметками. Видимость определяется по конкурирующим точкам, принадлежащим рёбру пирамиды и изогипсе. Например, точки A_5 и B_4 принадлежат обеим поверхностям, проекции которых совпадают. Если точка A_5 принадлежит топографической

поверхности, а точка B_4 – поверхности пирамиды, при этом точка A_5 находится выше, то это означает, что топографическая поверхность является видимой. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

7.4.2. НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Для нахождения линии пересечения топографической поверхности с поверхностью вращения необходимо на поверхности вращения построить ряд параллелей (окружностей, перпендикулярных оси вращения), высотные отметки которых должны совпадать с высотными отметками изогипс на топографической поверхности.

ПРИМЕР. Найти линию пересечения топографической поверхности с коническим котлованом, угол падения образующих которого равен 45^0. Дно котлована – окружность с числовой отметкой ***3*** (рис. 231).

На конической поверхности (котловане) строят горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс топографической поверхности. Для этого на профиле определяют интервал горизонталей конуса ***l***. Находят точки пересечения линий, имеющих одинаковые высотные отметки и, последова-

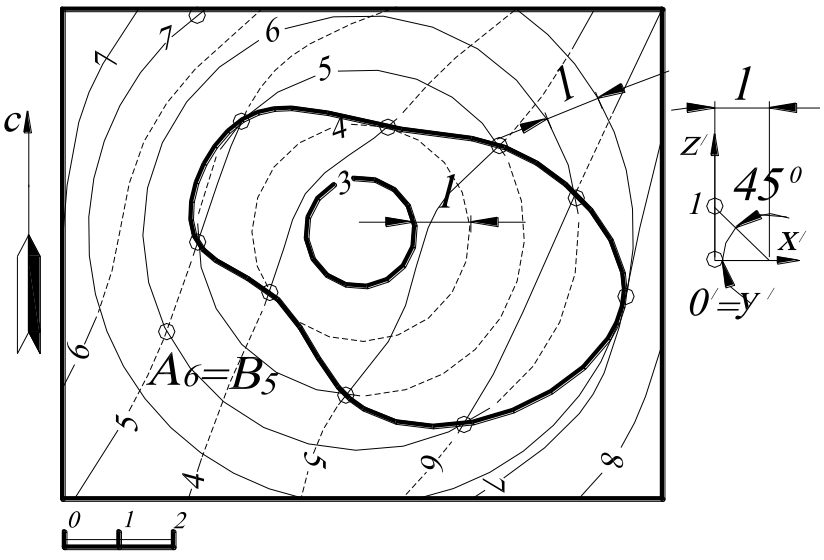


Рис. 231.

тельно соединив эти точки плавной кривой, получают искомую линию пересечения. Видимость поверхностей определяется исходя из условия конкурирующих точек, принадлежащих обеим поверхностям, проекции которых совпадают, например A_6=B_5 (см. рис. 231). Другими словами, если точка A_6 принадлежит поверхности конуса, а точка B_5 - топографической поверхности, при этом точка A_6 находится выше, то это означает, что конус является видимым. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

7.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

При проектировании земляных сооружений (например, дорог, площадок, котлованов и т.п.) приходится решать комплекс задач, рассмотренных по отдельности в предыдущих параграфах. Это задачи на построение проходящей через заданную линию поверхности заданного уклона и на построение линии пересечения поверхностей.

Если, например, уровень дороги выше уровня поверхности местности, то дорога выполняется в виде *насыпи*, если ниже, то в виде *выемки*. Плоскости и поверхности, ограничивающие дорогу или площадку со всех сторон и соединяющие её с поверхностью местности, называют *откосами*. На плане земляные сооружения в зависимости от их назначения могут иметь различные изображения: квадраты, прямоугольники, многоугольники, сочетания прямых и дуг окружностей, кривые линии и др. Рассмотрим примеры построения откосов различных земляных сооружений.

ПРИМЕР 1. Задана часть топографической поверхности и градуированная ось дороги заданной ширины. Построить границы откосов насыпи с уклоном ***1:1***.

Плоскость дороги состоит из двух участков (рис. 232): слева - прямолинейного участка с отметкой *7*, а справа - наклонного ***7-10***, имеющего уклон ***1:4***

(то есть интервал между горизонталями равен четыре единицы линейного масштаба).

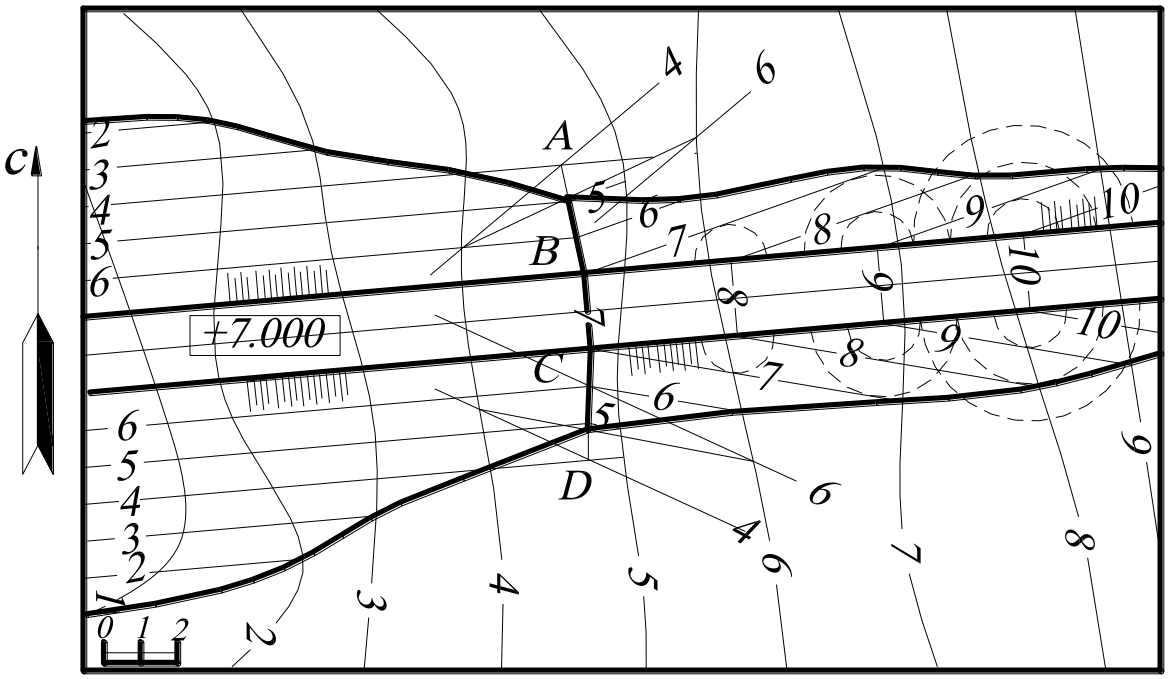


Рис. 232.

Вначале строят плоскости откосов дороги, задавая их горизонталями. Горизонтали откосов левого участка дороги расположены на расстоянии интервала 1 м (то есть одна единица линейного масштаба). Для построения горизонталей откосов правого участка дороги каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих которого равен заданному уклону откоса ***1:1***. Следовательно, интервал конуса равен 1 м (то есть единице линейного масштаба). Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них), то есть горизонтали этой плоскости касаются горизонталей конусов – концентрических окружностей.

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом, которые пересекаются по прямым ***AB*** и ***CD*** (точки ***A*** и ***D*** – точки пересечения этих прямых с топографической поверхностью). Точки пересечения прямых ***AB*** и ***CD*** с топографической поверхностью определяются с помощью вспомогательных плоскостей общего положения. А именно, например, через прямую ***AB***

проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_4 и h_6), находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***AB*** будет являться искомой точкой – точкой пересечения прямой ***AB*** и топографической поверхности. Затем по точкам пересечения одноимённых горизонталей находят границы всех откосов.

После определения границ всех откосов на каждом из них чертят так называемые *берг-штрихи* (параллельные длинные и короткие черточки), которые показывают направление стока воды по откосу. Они начинаются от верхнего края откоса и направлены по линиям наибольшего ската, то есть перпендикулярно его горизонталям; на коническом откосе они проходят через вершину конуса (см. ГОСТ 21.204 – 93 «Условные графические изображения и обозначения на чертежах генеральных планов и транспорта»).

ПРИМЕР 2. Задан план местности в горизонталях и проектируемой на этом участке местности горизонтальной площадки на отметке 7 м и прямолинейного плоского въезда на неё (рис. 233). Площадка имеет форму прямоугольника с примыкающим к нему полукругом. Уклоны всех откосов равны ***1:1***. В зоне выемки к площадке должна примыкать канава для стока воды (кювет) шириной 1 м; отметка внешнего края канавы равна отметке её внутреннего края, то есть 7 м.

Выделенную на чертеже 7-ю горизонталь топографической поверхности называют линией нулевых работ – она отделяет зону выемки (на востоке) от зоны насыпи (на западе).

Вначале строятся горизонтали откосов насыпи и выемки. Откосы насыпи, примыкающие к прямолинейным краям площадки, и откосы выемки, примыкающие к прямолинейным внешним краям канавы, – это плоскости, горизонтали которых параллельны этим краям (которые являются 7-ми горизонталями этих откосов и идут через 1 м).

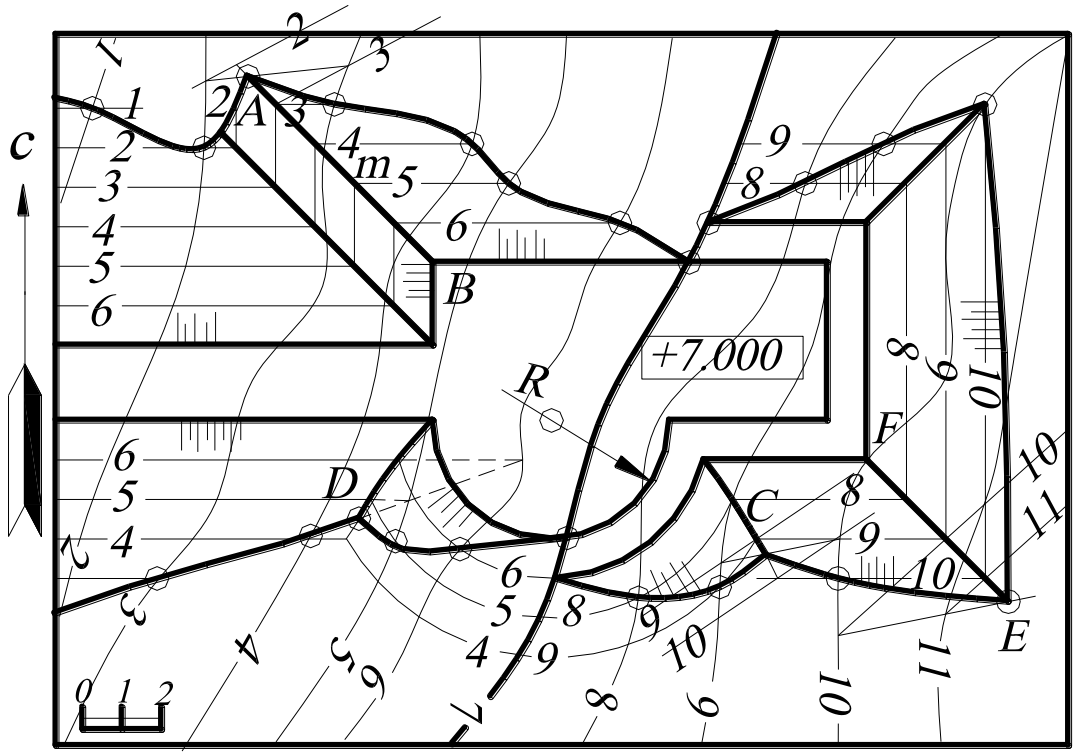


Рис. 233.

Откосы насыпи и выемки, граничащие с круглыми краями площадки и канавы, имеют форму конусов вращения, а их горизонтали на плане - концентрические окружности, разность радиусов (интервал) которых 1 м (так как уклон равен ***1:1***).

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом и всех откосов с землёй – в основном по точкам пересечения одноимённых горизонталей. Для точного определения точек ***A***, ***D***, ***C***, ***E*** применяют вспомогательные плоскости общего положения. Например, для нахождения точки ***A*** через прямую ***m*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_2 и h_3) и находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***m*** будет являться искомой точкой ***A*** – точкой пересечения прямой ***m*** и топографической поверхности.

Линия пересечения плоского и конического откосов насыпи и выемки - парабола, поскольку плоскость и конус имеют одинаковый уклон (интервал), то

есть плоскость параллельна одной образующей конуса (см. «Конические сечения»).

Линия пересечения двух откосов друг с другом и две линии пересечения этих откосов с землёй сходятся в одной точке – общей точке этих трёх поверхностей. После определения границ всех откосов на каждом из них чертят бергштрихи.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Задание топографической поверхности на плане. Показать на примере.
2. Что называется профилем топографической поверхности?
3. Как находятся точки пересечения прямой с топографической поверхностью?
4. Какая поверхность образует откосы горизонтального прямолинейного участка пути?
5. Какая поверхность образует откосы горизонтального криволинейного участка пути?
6. Какие поверхности образуют откосы прямолинейного и криволинейного участков дороги, имеющих уклоны?

8. РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

8.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Разверткой поверхности называется плоская фигура, образованная последовательным совмещением всех плоских элементов этой поверхности с одной плоскостью (без образования разрывов, складок, без растяжения или сжатия).

Понятие «*плоский элемент*» включает следующее:

1. Каждая грань многогранной поверхности является плоским элементом этой поверхности. Так как такие элементы точно совмещаются с плоскостью развертки, то многогранная поверхность является развертываемой, а ее развертка – точной.

2. Часть криволинейной поверхности, заключенная между двумя бесконечно близкими прямыми образующими, является элементом поверхности. Элемент поверхности плоский, если эти образующие лежат в одной плоскости, то есть если они взаимно параллельны или попарно пересекаются.

Поверхность, состоящая из плоских элементов, может быть развернута последовательным совмещением каждого элемента с одной плоскостью. Таким образом, поверхности, образованные движением образующей прямой, при котором каждая пара последовательных ее положений взаимно параллельны или пересекаются друг с другом (поверхности цилиндрические, конические), являются развертываемыми, а их развертки – точными.

Касательная плоскость к развертываемой поверхности является продолженным плоским элементом этой поверхности. Но так как плоский элемент развертываемой поверхности ограничен прямолинейными образующими, в пределе сливающимися друг с другом, то касательная плоскость в какой-либо точке образующей касается этой поверхности по всей образующей. Отсюда следует: если касательная плоскость в обыкновенной точке поверхности касается её по прямой линии, то поверхность развертываемая.

3. Элемент поверхности косой, если смежные прямые-образующие скрещиваются (то есть не лежат в одной плоскости). Такие элементы не могут быть совмещены с плоскостью, и, следовательно, поверхность, образованная таким движением прямой, при котором смежные ее положения скрещиваются, является неразвертываемой (цилиндроид, коноид, косая плоскость и т. п.).

Касательная плоскость к неразвертываемой поверхности в одной из ее точек, какой-либо ее образующей, во всех остальных точках этой образующей не касается поверхности, а пересекает ее. Отсюда следует, что если плоскость,

касающаяся поверхности в обыкновенной точке, пересекает эту поверхность, то последняя является неразвёртываемой.

Любую неразвертываемую поверхность можно аппроксимировать вписанной (или описанной) многогранной поверхностью. Каждая грань такой многогранной поверхности с некоторым приближением может быть принята за плоский элемент кривой поверхности. Построенная при этом развертка неразвертывающейся кривой поверхности является приближенной.

Развертки применяются во всех случаях раскроя плоского листового материала для последующего образования поверхности путем изгибания и соединения полученных плоских фигур. Развертки используются при постройке из листовой стали резервуаров (цилиндрические стенки, сферические днища и др.), трубопроводов, кожухов и т. д.

8.2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность и ее развертка являются точечными множествами, между которыми устанавливается взаимно однозначное соответствие: каждой точке поверхности соответствует единственная точка развертки, каждой линии на поверхности соответствует линия на развертке, и наоборот. Взаимно однозначное соответствие на развёртке имеет следующие свойства:

1. Прямая на поверхности переходит в прямую на развертке.
2. Параллельные прямые на поверхности переходят в параллельные прямые на развертке.
3. Длины отрезков линии на поверхности и той же линии на развертке равны.
4. Углы между линиями на поверхности, принадлежащие одной грани, с вершиной в обыкновенной точке этой поверхности и между соответствующими линиями на развертке равны.

5. Площадь развертки равна площади поверхности; все размеры на развертке имеют натуральную величину.

Доказательства этих свойств вытекают из определения развертки. Действительно, прямая образующая, ограничивающая плоский элемент поверхности, при совмещении этого элемента с плоскостью останется прямой линией (свойство 1).

Параллельные прямые-образующие, ограничивающие плоский элемент поверхности, при совмещении этого элемента с плоскостью сохраняют свою параллельность (свойство 2).

Расстояния между произвольной точкой одной образующей и произвольной точкой смежной образующей каждого плоского элемента на поверхности и на развертке равны, так как плоские элементы не меняют своей величины при совмещении с плоскостью (свойство 3). Заметим, что вершина является особенной точкой конической поверхности. Поэтому свойство 3 имеет место только для смежных прямых образующих, ограничивающих бесконечно малый плоский элемент на конической поверхности и на развертке. В общем же случае угол между двумя образующими этой поверхности меньше угла между соответствующими им прямыми на развертке.

8.3. ОБЩИЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТКИ КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Исходными данными для графического построения развертки поверхности является геометрическая модель этой поверхности. Независимо от того, является ли рассматриваемая поверхность развертываемой или неразвертываемой, графически может быть построена только ***приближенная*** развертка. Это объясняется тем, что в процессе снятия и откладывания размеров и выполнения других графических операций неизбежны погрешности, обусловливаемые конструктивными особенностями чертежных инструментов, физическими воз-

можностями глаза и погрешностями от замены дуг их хордами и углов на поверхности плоскими углами. Поэтому такая развертка является приближенной, но достаточно точной для практических целей.

Развертки кривых неразвертываемых поверхностей не обладают свойствами 1 – 3 развертываемых поверхностей и поэтому имеют большие погрешности.

Общим методом построения приближенных разверток развертывающихся и неразвертывающихся кривых поверхностей является предварительная их аппроксимация* многогранными поверхностями. В некоторых случаях неразвертываемая кривая поверхность может быть аппроксимирована участками развертывающихся кривых поверхностей, и затем эти аппроксимирующие поверхности, в свою очередь, аппроксимируются многогранной поверхностью. Для получения поверхности из такой развертки, кроме изгибания, необходимо произвести частичное растяжение и сжатие отдельных ее участков.

В общем случае построение развертки выполняется в следующем порядке:

1. Данную кривую поверхность заменяют с заданной степенью приближения многогранной поверхностью (с учетом сказанного выше).
2. Определяется натуральная величина всех ребер многогранника. Если грани имеют более трех вершин, то следует разбить их диагоналями на треугольники и определить натуральную величину диагоналей.
3. Строится на плоскости чертежа натуральная величина одной грани и к ней, пользуясь смежными ребрами, последовательно пристраиваются остальные грани.
4. Соответствующие вершины на развертке соединяются линиями. Полученная плоская фигура является искомой фигурой.

При развертывании многогранной поверхности выполняются только операции 2 и 3. Ниже рассматриваются способы построения разверток.

---

* Аппроксимация – (от лат.approximare – приближаться) приближенное выражение каких-либо величин или геометрических объектов через другие, более простые.

8.4. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЁРТОК

Для построения развертки цилиндрических и призматических поверхностей применяются способы нормального сечения и раскатки. Для развертки конических, пирамидальных поверхностей применяется способ треугольников (триангуляции), основанный на равенстве двух треугольников по трем его сторонам.

Построение разверток методом нормального сечения. Заданную призматическую поверхность пересекают плоскостью, перпендикулярной к ее боковым граням, в любом удобном месте. Такое сечение называется ***нормальным***. Находят натуральную величину нормального сечения. Полученная ломаная линия натуральной величины нормального сечения развертывается в отрезок прямой. Через точки, соответствующие вершинам нормального сечения, проводят перпендикуляры, на которых откладывают натуральные величины соответствующих отрезков ребер до верхнего и нижнего оснований. Концы ребер последовательно соединяют отрезками прямых. Затем пристраивают к построечной развертке боковой поверхности призмы натуральные величины фигур оснований призмы.

ПРИМЕР 1. Построить развертку поверхности треугольной призмы способом нормального сечения (рис. 234).

Проводят плоскость ***n*** перпендикулярно к боковым ребрам призмы в любом удобном месте. Для этого используют метод замены плоскостей проекций, так как в противном случае плоскость ***n*** будет занимать общее положение.

Находят натуральную величину нормального сечения методом двойной замены плоскостей проекций (***I′ II′ III′*** – натуральная величина нормального сечения). Полученную ломаную линию натуральной величины нормального сечения ***I′ II′ III′*** разворачивают в прямую линию, которая на рис. 234 обозначена ***I′$_0$ II′$_0$ III′$_0$***. Через точки ***I′$_0$***, ***II′$_0$***, ***III′$_0$***, и ***I′$_0$*** проводят вертикальные линии и отк-

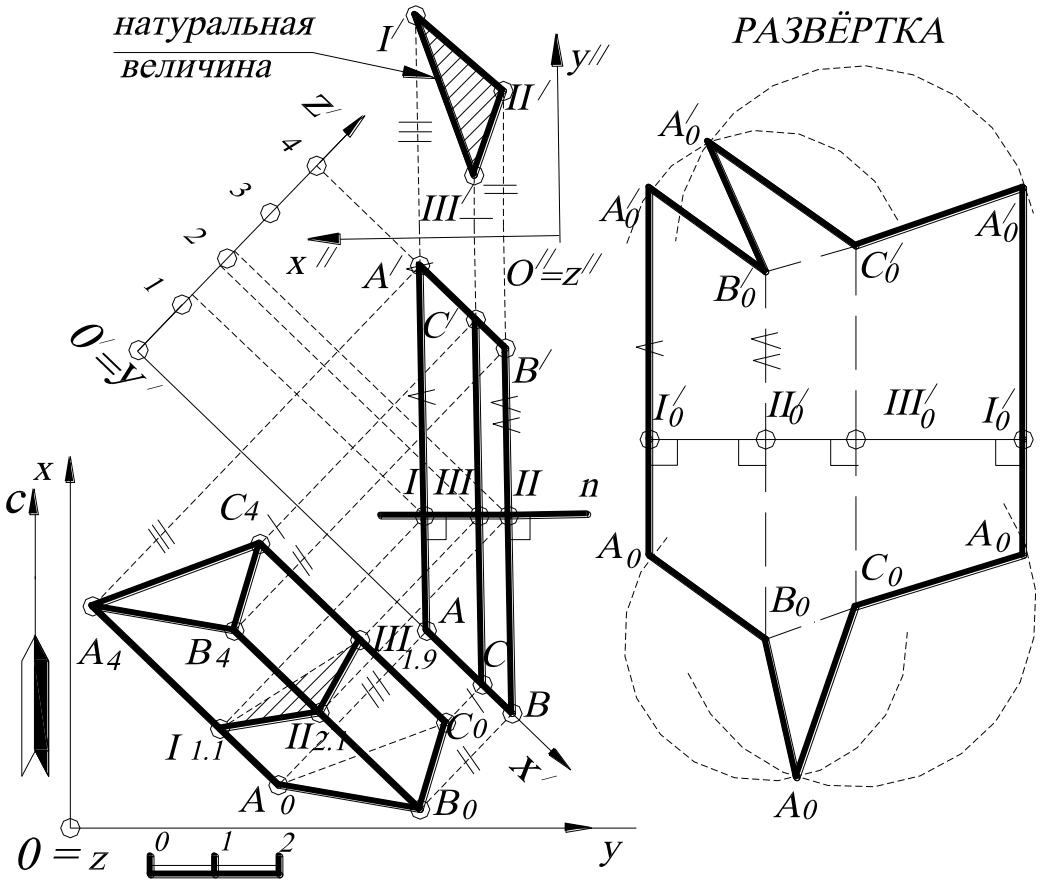


Рис. 234.

ладывают на них натуральную величину рёбер (перпендикулярно вверх и вниз от нормального сечения) до верхнего и нижнего основания призмы соответственно, в данном случае, взятые с профиля (так как плоскость профиля параллельна проекциям рёбер). Получают точки A_0, B_0, C_0 и A'_0, B'_0 и C'_0, при этом длины рёбер $IA=I'_0A_0$, $IA'=I'_0A'_0$; $IIB=II'_0B_0$, $IIB'=II'_0B'_0$; $IIIC=III'_0C_0$, $IIIC'=III'_0C'_0$. Найденные точки A_0, B_0, C_0 (снизу) и A'_0, B'_0 и C'_0 (сверху) последовательно соединяют ломаной линией и получают развертку боковой поверхности призмы. Затем пристраивают натуральные величины фигур верхнего и нижнего оснований методом засечек. В данном примере основания призмы являются натуральными величинами, так как нижнее основание призмы принадлежит горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, а верхнее основание параллельно ей. Линии сгиба на развертке изображаем штрихпунктирной линией с двумя точками.

Для развертки цилиндрической поверхности по способу нормального сечения необходимо проделать те же построения, приняв ряд прямолинейных образующих за боковые ребра вписанной призмы. Эти образующие изобразятся прямыми линиями (свойство 1). Полученные точки, принадлежащие верхнему основанию и боковой поверхности, а также нижнему основанию и боковой поверхности одновременно, соединяются лекальной кривой.

Вырезав теперь из плотной бумаги фигуру развёртки, можно склеить из неё призму, проделав обратную операцию – свёртывание, то есть перегибая эту фигуру (выкройку) по рёбрам.

Развертку боковой поверхности призмы можно строить ***способом раскатки***. Этот способ удобен, если ребра призмы параллельны одной плоскости проекций. Задача сводится к определению натуральных величин боковых граней призмы путём их совмещения с плоскостью уровня, проходящей через одно из рёбер. Представим себе призму, лежащую одной гранью, например, на плоскости ***xOy***. Будем последовательно поворачивать призму вокруг ее боковых ребер (без скольжения катить ее по плоскости ***xOy***). Если допустить, что грани призмы, совмещаясь с плоскостью ***xOy***, оставляют на ней след (отпечатываются на ней), то, совмещая последовательно с ***xOy*** все грани призмы, получают развертку ее боковой поверхности.

ПРИМЕР 2. На рис. 235 показано построение развертки призмы способом раскатки.

В данном случае ребра призмы занимают положение горизонталей. Вращаем призму последовательно вокруг прямых C_0D_0, B_2E_2, A_0F_0. При этом точки – вершины призмы – будут перемещаться в плоскостях, перпендикулярных боковым ребрам (см. п. 3.2. «Способы вращения»).

Определив натуральную величину отрезков A_0B_2, B_2C_0, F_0E_2, E_2D_0 способом прямоугольного треугольника (для того чтобы не затемнять чертеж, выполнено на отдельном поле чертежа), находят положение точек ***B***, ***A***, ***C***, ***D***, ***F***, ***E***. Натуральные величины оснований были построены для проверки точности ре-

шения задачи, так как боковые ребра параллельны между собой (свойство 2). Последовательно соединив найденные точки, получаем развертку боковой поверхности призмы. На рис. 235 показано также построение на развёртке точки $K_{0.5}$, лежащей на видимой грани призмы $B_2C_0D_0E_2$, основанное на свойстве

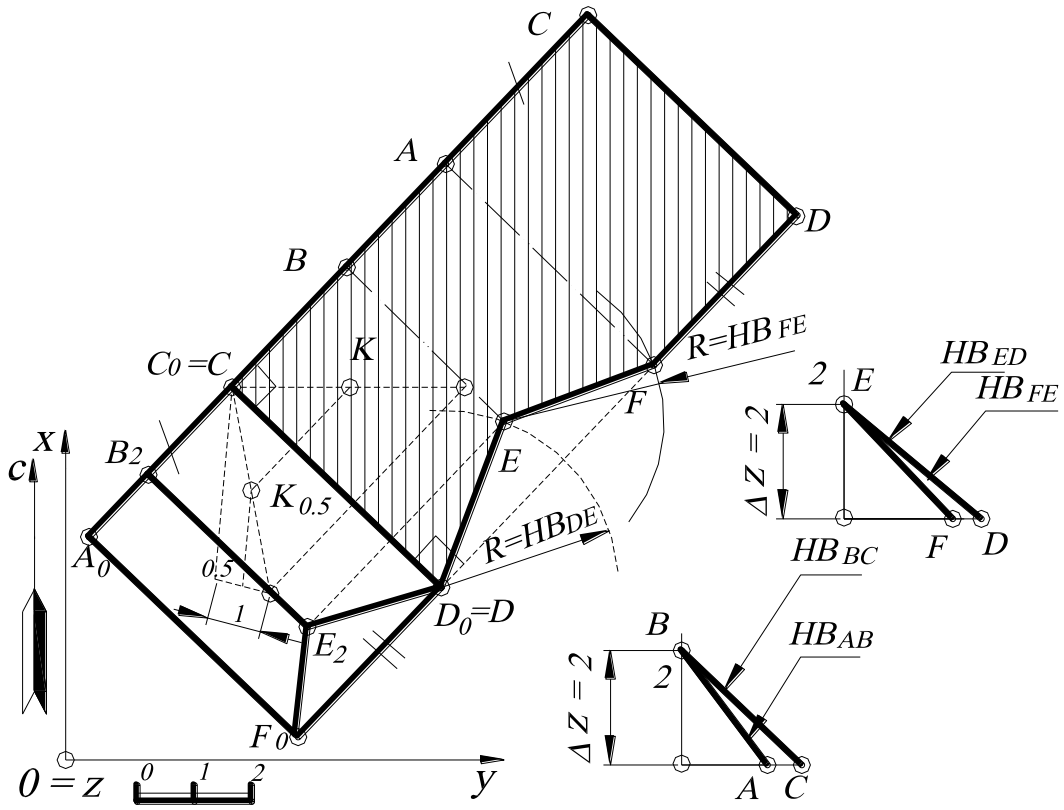


Рис. 235.

принадлежности точки плоскости. Следовательно, через току $K_{0.5}$ проводят прямую, принадлежащую грани $B_2C_0D_0E_2$, и переносят эту прямую на развёртку, перемещая точку $K_{0.5}$.

Построение разверток методом триангуляции. Этот метод основан на равенстве двух треугольников по трем его сторонам. Если грань многогранника имеет более трех вершин, то в каждой грани проводят диагонали, которые разбивают ее на два и более треугольников. Затем определяют натуральные величины всех этих треугольников. Далее на плоскости последовательно выстраивают эти треугольники, получая развертку.

ПРИМЕР 3. Построить развертку пирамиды $S_4A_0B_0C_0D_0$ (рис. 236).

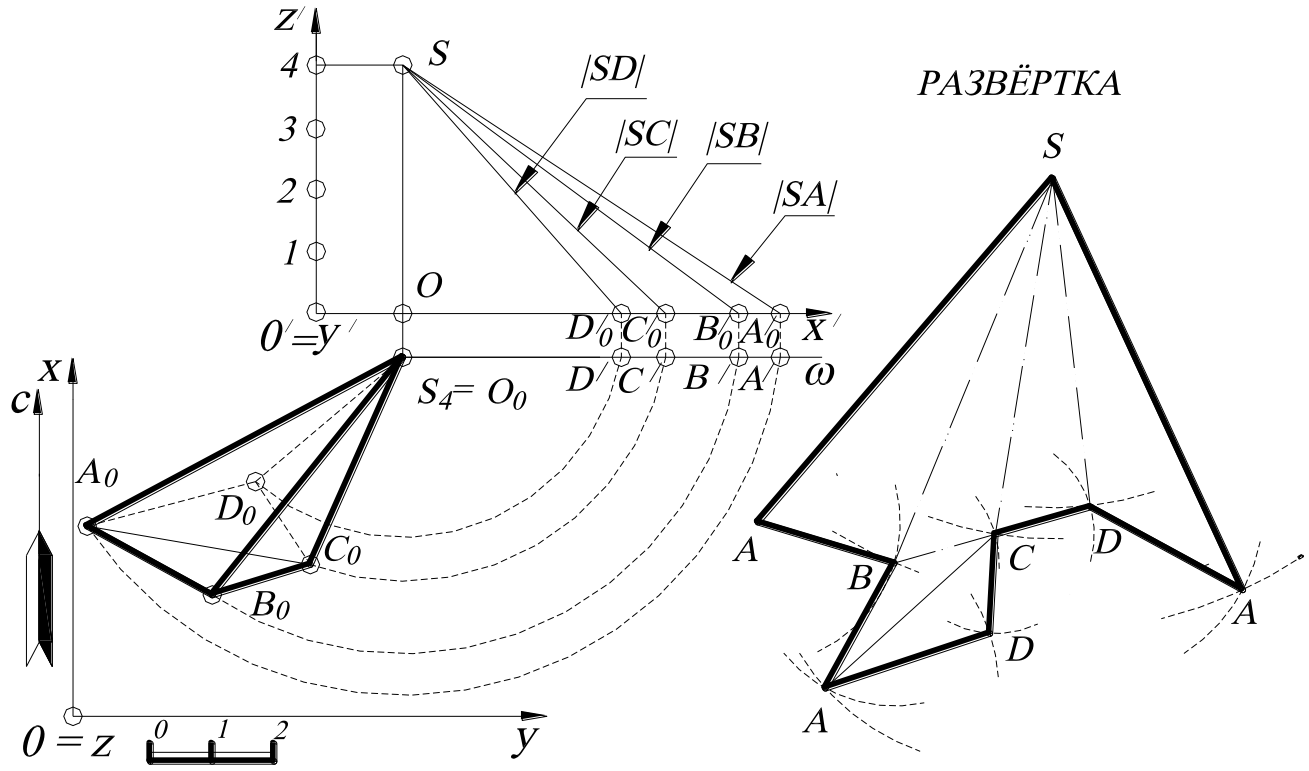


Рис. 236.

Разделяют диагональю A_0C_0 основание пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ на треугольники. Определяют натуральные величины граней пирамиды. Натуральная величина основания пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ совпадает с ее проекцией, так как принадлежит плоскости xOy. Для нахождения натуральных величин боковых рёбер пирамиды используют способ вращения вокруг проецирующей прямой (на рис. 236 это отрезок прямой S_0O_0), поворачивая все боковые рёбра пирамиды и совмещая их с проецирующей плоскостью. Затем строят профиль, плоскость которого параллельна плоскости ω, и находят натуральные величины рёбер - $|SA|$, $|SB|$, $|SC|$, $|SD|$.

На свободном поле чертежа последовательно выстраивают натуральные величины треугольников методом засечек, получая развертку пирамиды. Линии сгиба вычерчивают штрихпунктирной линией с двумя точками.

На сформулированных свойствах разверток базируются задачи построения на поверхности линии, удовлетворяющие заданным требованиям.

ПРИМЕР 4. Соединить две точки ***A*** и ***B***, принадлежащие конической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией ***n*** (рис. 237). Такая линия на поверхности называется *геодезической* (форму геодезической линии принимает нить, туго натянутая на поверхности).

На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развертку данной поверхности ***Ф***. Построение развертки выполняют по способу треугольников, заключающемуся в том, что поверхность конуса заменяется вписанной многогранной с треугольными гранями, которая и развертывается.

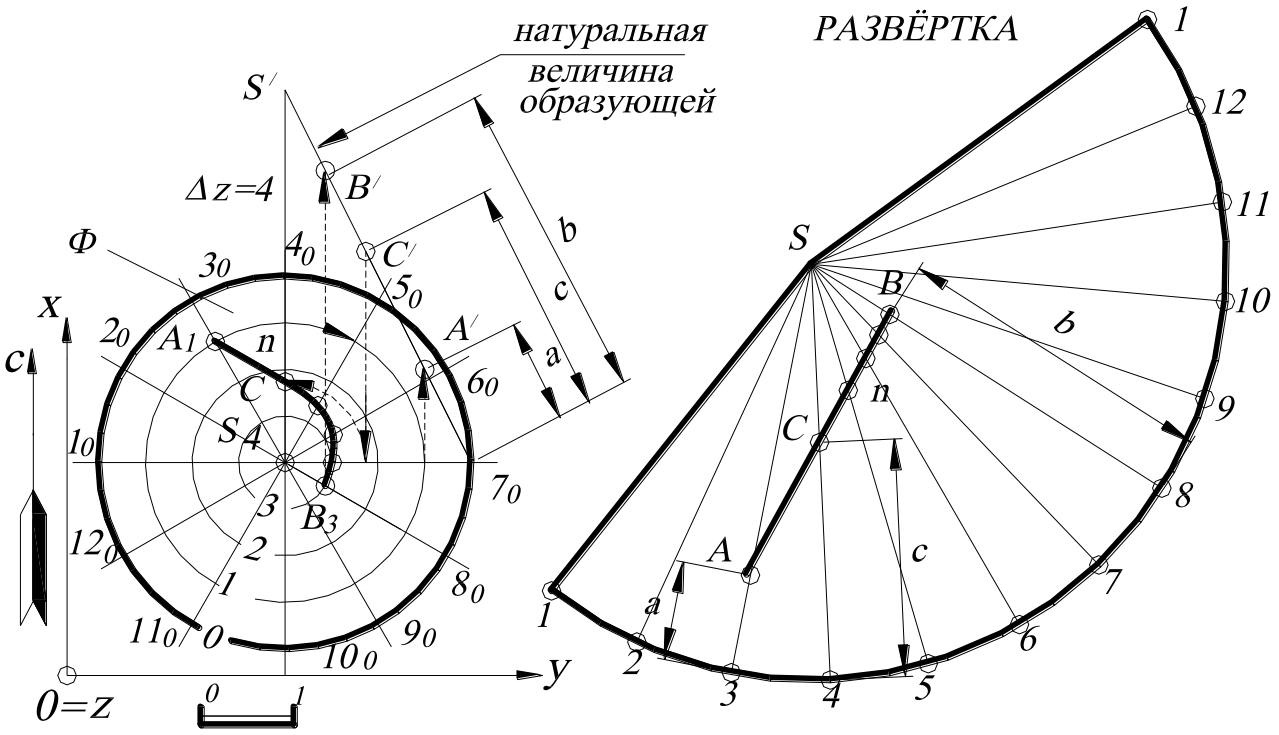


Рис. 237.

В данную коническую поверхность вписывают пирамиду. Для этого основание конуса разделяют на двенадцать равных частей. (Развертка является более точной при наименьшей разности длины дуги и ее хорды). Затем находят натуральную величину ребра правильной пирамиды, которая равна образующей заданного конуса (методом прямоугольного треугольника).

На случайной прямой от точки ***S*** откладывают отрезок ***Sl***, равный натуральной величине образующей конуса. Затем проводят дугу с центром в точке ***S***

и радиусом, равным длине ***Sl***, так как все ребра пирамиды равны между собой. На построенной дуге засечками отмечают точки ***2***, ***3***…***12***, ***1***, равные длинам хорд $1_0 2_0$; $2_0 3_0 \ldots 12_0 1_0$. Таким образом, построили приближенную развертку конуса.

Далее пропорциональным делением отрезка в заданном отношении (как показано на чертеже) находят образы ***A***, ***B*** данных точек поверхности на развёртке. Затем построенную прямую ***AB*** на развертке переносят в обратном отображении на поверхность ***Ф***, получая геодезическую линию ***n***.

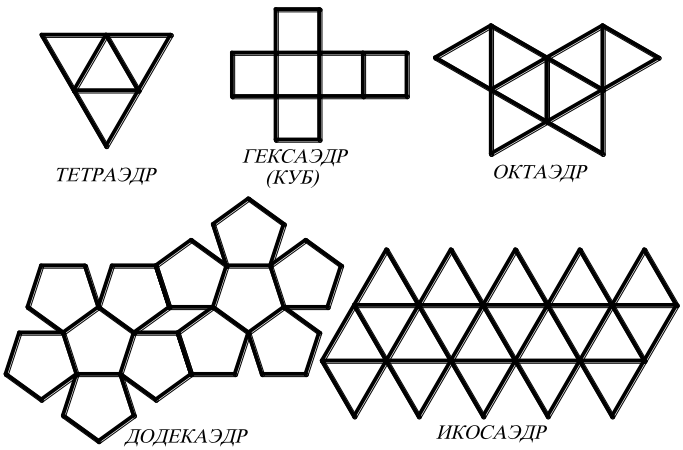


Рис. 238.

Частный случай. Развертка поверхности прямого кругового конуса является сектором круга радиуса, равного длине ***l*** образующей. Центральный угол φ этого сектора вычисляется по формуле

$$\varphi^0 = \frac{r \cdot 360^0}{l},$$ где r - радиус основания конуса.

На рис. 238 приведены развёртки правильных многогранников (см. также М. Венниджер. Модели многогранников. М., 1974).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дана пирамида ***SABCD***. Соединить две точки ***F*** и ***E***, принадлежащие поверхности пирамиды, кратчайшей линией (геодезической). Точка ***E*** принадлежит ребру ***SC***, точка ***F*** принадлежит грани ***SCB***.
2. Соединить две точки ***A*** и ***B***, принадлежащие цилиндрической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идея данного учебного пособия сводится к теории формирования геометрических моделей на основе общих для них свойств и принципов. Говоря о построении геометрических моделей, под «моделью точки», «моделью прямой» и т. п. подразумевается «образ точки», «образ прямой» и т. д. Слово «модель» употребляется ещё в одном смысле – «множество», из которого конструируется область прибытия изображения. Для построения любой геометрической модели необходимо определить:

1. Что рассматривается, какое множество служит прообразом или областью отправления отображения;
2. Чем моделируются элементы области отправления в области прибытия;
3. На чём строится модель, то есть какое множество является образом – областью прибытия;
4. Каким образом и по какому правилу устанавливается взаимно однозначное соответствие между элементами области отправления и области прибытия.

В методе Монжа областью отправления служит трёхмерное евклидово пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях проекционной связи, которое является подмножеством декартова квадрата плоскости чертежа. Образом точки A при отображении назначается пара её образов A' и A'' при двух необратимых отображениях, представляющих собой произведения определённых проектирований и сечений.

То же самое следует повторить для аксонометрии и перспективы, понимая под отображением такое отображение, которое переводит точку пространства в её основную и вторичную проекцию соответственно. Различие между этими тремя методами заключается лишь в различии применяемых в них проектирований и сечений и их комбинаций.

В проекциях с числовыми отметками областью отправления является также трёхмерное пространство, а областью прибытия – декартово произведение точек плоскости чертежа и множества вещественных чисел. В этом отображении точке A, принадлежащей трёхмерному пространству, сопоставляется пара её образов A_0 и z_A. Отображения переводят точку трёхмерного пространства в её горизонтальную проекцию A_0 и в координату z_A точки A.

Элементами области прибытия могут быть любые объекты. В панорамной или купольной перспективах для конструирования области прибытия используется не плоскость, а соответственно цилиндр и сфера.

Моделировать можно не только трёхмерное пространство, но и любые многообразия – поверхности, многомерные пространства, многообразия, элементами которых являются не только точки, но и прямые, плоскости и т. д.

Стереографическая проекция сферы – пример отображения, в котором областью отображения служит не пространство, а сфера, а областью прибытия – плоскость.

Геометрическое описание и геометрическое решение многофакторной задачи приводит к конструкции, расположенной в многомерном пространстве. Другими словами, процессы и явления реальной действительности можно описать геометрическими методами. Переход от абстрактного многомерного пространства к вполне доступным для привычного восприятия трёхмерным и, далее, к двумерным (одномерным) геометрическим формам может быть осуществлён с помощью операций проецирования и сечения. Операции проецирования и сечения выступают как универсальный инструмент моделирования, который позволяет понижать сложность (размерность) изучаемого объекта.

Геометрические модели многомерного пространства позволяют объяснить свойства реальных явлений, то есть ближе прикоснуться к живой действительности. Отсюда проистекает особая роль этих моделей, дающих возможность прогнозировать и создавать алгоритмы для достижения наилучших результатов.

В настоящее время методы начертательной геометрии развиваются под непосредственным воздействием запросов практики и находят многочисленные решения в самых различных областях науки, техники и искусства. Причём каждый новый этап развития начертательной геометрии, любое её продвижение вперёд сопровождается её сближением с другими, всё более сложными и абстрактными разделами математики и проникновением в неё идёй симметрии, пропорциональности и размерности.

Формы восприятия и выражения во многих областях науки, техники и искусства, в конечном счёте, опираются на принципы симметрии, используемые в специфических понятиях и средствах, им присущих. Принципы симметрии могут служить и служат для унификации и определения широкого круга знаний. Однако даже тот, кто по роду своей деятельности связан с симметрией, редко понимает, сколь широк диапазон её проявлений. Это связано с тем, что в одних случаях понимание симметрии затруднено особенностями профессиональной лексики, в других – специфический характер задач препятствует распознаванию этого универсального подхода, избранного для их решения. Например, художники, музыканты и учёные постоянно оперируют понятиями симметрии, но говорят на разных «языках». Это не позволяет им понять, что по существу они заняты поиском общей проблемы и расходятся лишь в частностях, на которые акцентируют своё внимание. Однако если в качестве мотива использовать молекулы, звуки музыки, какой-то геометрический элемент или архитектурный элемент, то соответствующими объектами симметрии будут кристаллы, музыкальное произведение, поверхность (или её часть), архитектурное произведение.

Геометрическая теория симметрии позволила объяснить некоторые природные закономерности. Ярким примером является отсутствие некоторых форм кристаллов. Построение плоской кристаллической решетки ограничено числом способов, позволяющих покрыть плоскость без промежутков и наложений (аналогично, покрытие многогранниками трёхмерного пространства). Заполне-

ние плоскости многоугольниками возможно в том случае, если эта решетка состоит из параллелограммов (в частности, ромбов, квадратов, прямоугольников), треугольников или правильных шестиугольников. Такие многоугольники имеют оси симметрии 2, 3,4 и 6-го порядков. Из пятиугольников плоскую решетку построить нельзя (сумма углов при вершине многоугольников (мотивов) должна составлять 360^0). Следовательно, не может быть 5, 7-го и более высокого порядков.

Следует отметить две стороны изучения симметрии:

1) поиск правил (алгоритмов) и мотивов, лежащих в основе существующих объектов симметрии;

2) отыскание новых объектов, возникающих при повторении мотива по разным правилам.

Использование геометрической теории симметрии в начертательной геометрии позволяет значительно упростить решение многих задач на построение правильных и полуправильных фигур. Другими словами, построение любой плоской или объёмной фигуры значительно упрощается, если использовать различные виды симметрии.

Таким образом, знание законов построения геометрических моделей позволяет конструировать различные объекты реального пространства, а также создавать алгоритмы и строить новые геометрические модели.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горная графическая документация. – М.: Изд. стандартов, 1983. – 200 с.

Горная энциклопедия / гл. ред. Е. А. Козловский. Т. 1– Т.5– М.: Сов. энциклопедия, 1989.

Ломоносов, Г. Г. Инженерная графика/ Г. Г. Ломоносов. - М.: Недра, 1984. – 287 с.

Нартова, Л. Г. Начертательная геометрия. Теория и практика [Текст]: учебник для вузов / Л. Г. Нартова, В. И. Якунин. - М.: Дрофа, 2008. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 297.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия: учебник для вузов/ В. А. Пеклич. – М.: Изд-во АСВ, 1999. - 248 с.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / В. А. Пеклич. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. - 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 265.

Русскевич, Н. Л. Начертательная геометрия/ Н. Л. Русскевич. – Киев: Вища школа, 1978. - 312 с.

Тарасов, Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве/ Б. Ф. Тарасов. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Фролов, С А. Сборник задач по начертательной геометрии [Текст]: учебное пособие/ С. А. Фролов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 192 с.: ил.

Фролов, С. А. Методы преобразования ортогональных проекций/ С. А. Фролов.- М.: Машгиз, 1963. –144 с.

Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / С. А. Фролов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2008. - 286 с.: цв.ил.

Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение [Текст]: учебник / А. А. Чекмарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Владос, 2005. - 471 с.: ил. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 465-466.

Четверухин, Н. Ф. Курс начертательной геометрии/ Н. Ф. Четверухин. – М.: Высшая школа, 1968. – 276 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Задачи и решения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 132 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Теория и приложения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Часть 1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

1. Множества…….. 7

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 7

1.2. Отображения и преобразования…… 11

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 16

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 18

1.5. Формирование пространства…… 21

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 23

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 34

Вопросы для самопроверки……. 37

2.Системы координат…… 38

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 38

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 39

2.3. Цилиндрические координаты…… 40

2.4.Сферические координаты…… 40

2.5. Астрономические координаты…… 41

2.6. Геодезические координаты……. 42

2.7.Геоцентрические координаты…… 44

Вопросы для самопроверки…….. 44

3. Проекции…… 45
3.1. Метод проекций…… 45
3.2. Стереографические проекции…… 47
3.3. Цилиндрические проекции…… 48
3.4. Конические проекции……. 51
Вопросы для самопроверки…….. 52

Часть 2. ПРИНЦИПЫ ИНВАРИАНТНОСТИ

1. Движения……. 53
1.1. Движения в евклидовой плоскости…… 53
1.2. Движения в евклидовом пространстве…… 59
1.3. Подобие…… 61
1.3.1. Гомотетия……. 62
1.4. Инверсия……. 68
1.5. Геометрические свойства кристаллов…….. 71
Вопросы для самопроверки……. 80

2.Пропорциональность…….. 80
2.1. Общие сведения теории чисел…….. 80
2.2. Пропорции…… 84
2.3. Золотое сечение……. 86
Вопросы для самопроверки……. 89

3. Методы изображений…… 89
3.1. Образование чертежа Монжа…… 90
3.2. Образование чертежа в проекциях с числовыми отметками……. 92
3.3. Аксонометрия……. 94
Вопросы для самопроверки…….. 101

Часть 3. **ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ**

1. Прямая линия……... 102

1.1. Изображение прямых линий в проекциях с числовыми отметками. 102

1.2. Построение натуральной величины отрезка прямой общего положения и её угла наклона к основной плоскости проекций **H**…….. 106

1.3. Взаимное положение прямых…… 107

1.3.1. Пересекающиеся прямые…… 107

1.3.2. Параллельные прямые……. 109

1.3.3. Скрещивающиеся прямые…….. 109

Вопросы для самопроверки……. 110

2. Плоскость……..... 112

2.1. Способы задания плоскостей……... 112

2.2. Принадлежность точки и прямой плоскости…… 117

2.3. Взаимное положение плоскостей…….. 119

2.3.1. Параллельные плоскости…… 119

2.3.2. Пересекающиеся плоскости…… 121

2.4. Взаимное положение прямой и плоскости…… 124

2.4.1. Пересечение прямой линии с плоскостью……. 126

2.4.2. Перпендикулярность прямой и плоскости…… 127

2.5.Перпендикулярность плоскостей…… 130

Вопросы для самопроверки…….. 131

3. Способы преобразования чертежа в проекциях с числовыми отметками…… 132

3.1. Замена плоскостей проекций……. 134

3.2. Способы вращения……. 140

Вопросы для самопроверки…….. 147

4. Кривые линии……... 148
4.1. Основные понятия и определения……. 148
4.2. Основные характеристики плоских алгебраических кривых……. 152
4.3. Приближённые способы построения касательных и нормалей к плоским кривым…… 154
4.4. Кривые второго порядка (коники)…… 155
4.5. Трансцендентные кривые…….. 160
4.6. Пространственные кривые. Трёхгранник Френе……. 162
4.7. Винтовые линии……. 165
Вопросы для самопроверки……. 167

5. Многогранники…… 168
5.1. Общие сведения. Правильные многогранники…… 168
5.2. Пересечение многогранника плоскостью……... 184
5.3. Алгоритм построения точек пересечения многогранника с прямой линией……. 185
Вопросы для самопроверки…….. 187

6. Поверхности…… 187
6.1. Способы образования поверхностей. Кинематические поверхности 188
6.2. Способы задания поверхностей. Определитель поверхности…… 189
6.3. Образование и графическое задание поверхностей вращения…... 191
6.4. Поверхности вращения второго порядка…… 192
6.5. Конические сечения…… 198
6.6. Поверхности параллельного переноса…….. 201
6.7. Линейчатые поверхности……... 202
6.8. Линейчатые поверхности с плоскостью параллелизма (поверхности Каталана)…… 205
6.8.1. Поверхности одинакового ската……. 208

6.8.2. Поверхности равнодлинного откоса……... 209
Вопросы для самопроверки…….. 213

7. Топографические поверхности…….. 213
7.1. Элементы топографической поверхности…… 215
7.2. Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности…… 220
7.3. Нахождение общих элементов прямой и топографической поверхности…….. 222
7.4. Взаимное пересечение поверхностей…… 224
7.4.1. Нахождение линии пересечения топографической поверхности с многогранником…… 224
7.4.2. Нахождение линии пересечения топографической поверхности с поверхностью вращения…….. 226
7.5. Определение границ земляных работ…… 227
Вопросы для самопроверки…….. 231

8. Развёртки поверхностей…… 231
8.1.Основные понятия и определения……. 231
8.2. Основные свойства развёртываемой поверхности……. 233
8.3. Общий метод построения развёртки кривой поверхности……. 234
8.4. Построение развёрток……. 236
Вопросы для самопроверки…….. 242
Заключение…… 243
Список рекомендуемой литературы…… 247

Учебное издание

Елена Игоревна Шангина

Георгий Андреевич Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Учебное пособие

Второе издание, стереотипное

Редактор издательства Л.Н. Авдеева
Компьютерная верстка и графика авторов

Подписано в печать 04.10.2006. Бумага писчая. Формат 60x84/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 16, 0. Уч. изд. л. 12.25. Тираж 100 экз. Заказ № .

Издательство УГГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
В лаборатории множительной техники УГГУ

Введение

Практическая часть курса начертательной геометрии при заочной форме обучения состоит из контрольных работ. В каждой контрольной работе нужно выполнить несколько задач. Последовательность задач и контрольных работ подобрана в соответствии с методической последовательностью изучения курса начертательной геометрии.

Варианты индивидуальных заданий каждой задачи представлены в таблицах приложения, в конце первой части пособия дается список рекомендуемой литературы для самостоятельного изучения курса начертательной геометрии и использованной для составления настоящего пособия.

Решение задач оформляется на листах чертежной бумаги формата А3(297х420) в соответствии со Стандартами ЕСКД (ГОСТ 2.301-ГОСТ 2.304-81) [1, 3]. контуры геометрических элементов на проекциях обводятся сплошной основной линией (ГОСТ 2.303-68), невидимые контуры проводятся штриховой линией, оси вращения поверхностей вращения и центровые линии на окружностях проводятся штрихпунктирными линиями, вспомогательные линии - оси проекций, линии проекционной связи, выносные и размерные линии, линии штриховки проводятся тонкой сплошной линией.

Варианты задания определяются суммой трех последних чисел шифра, например, студент, имеющий шифр ШС-99223, выполняет задание седьмого варианта (2+2+3=7).

Студенты, обучающиеся по направлению 150400 "Технологические машины и оборудование", имеющие шифр специальности ГМК, ГРМ, ГЭМ, АСГ, выполняют в первом семестре все три контрольные работы.

Студенты, обучающиеся по направлению 130400 -"Горное дело" (ПРМ, ШС, МД, ОГР, ОПИ), выполняют в первом семестре контрольные работы №1 и №2.

В методических рекомендациях по решению задач даются сноски на литературу, например, [4], о. 42, рис. 2.38, рис. 2.39, - этот вопрос можно изучить по литературе [4] (см. список рекомендуемой литературы) на странице 42 рис. 2.38 и рис. 2.39. При решении задач настоятельно рекомендуется использовать учебник [2] параллельно с учебным пособием [4].

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Контрольная работа №1 содержит четыре задачи. Работа оформляется на трех листах формата А3.

ЛИСТ 1

Задача 1. Определить линию пересечения плоских фигур, видимость их на плоскостях проекций и натуральную величину треугольника ***ABC***.[1]

Решение. На левой стороне формата А3 проводятся тонкими линиями оси проекций (рис. 1), и по данным варианта из таблицы 1 приложения (с. 31) по координатам строятся вершины треугольников, тонкими линиями - проекции треугольников ***ABC*** и ***DEK***.

Две плоскости пересекаются по прямой линии. Чтобы ее построить на чертеже, нужно иметь две общие точки заданных треугольников. Общие точки плоскостей определяются решением задачи пересечения прямой линии с плоскостью ([4], с. 54, рис. 66, рис. 67)[1]. В задаче I рекомендуется выполнить очень четко всю последовательность операций построения линии пересечения плоских фигур и определения видимости на проекциях.

Алгоритм решения задачи 1:

1. Определяется точка пересечения стороны ***AB*** с плоскостью ***DEK*** (см. рис. 1).

1.1. Через прямую ***AB*** проводится горизонтально-проецирующая плоскость α (на рис. 1 плоскость задается горизонтальным следом α_H).

1.2. Плоскость α пересекает плоскость треугольника ***DEK*** по прямой 1-2, на чертеже строят ее проекции.

1.3. Прямая 1-2 пересекает ***AB*** в точке ***N*** (***N′***, ***N″***) -это одна общая точка заданных плоскостей.

2. Определяется точка пересечения стороны ***DK*** с плоскостью ***ABC*** (примечание: вторая общая точка плоскостей может быть определена пересечением стороны ***AC*** с плоскостью ***DEK***, то есть эта задача имеет единственное решение, которое может быть достигнуто различными путями).

[1] Материал найти в учебнике [4]

Через ***DK*** проводится вспомогательная плоскостъ **β** (на рис. 1 β_V - фронтальный след фронтально-проецирующей вспомогательной плоскости **β**), и все операции пункта 1 повторяются, в результате получится точка ***M*** (***M'***, ***M"***). Плоские фигуры ***ABC*** и ***DEK*** пересекаются по прямой ***MN***.

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяется методом "конкурирующих" точек.

3.1. Видимость на фронтальной плоскости проекций определяет пара конкурирующих по видимости точек 6 и 7. Фронтальные проекции точек совпадают (6"=7"), то есть точки 6 и 7 лежат на проецирующем луче, перпендикулярном фронтальной плоскости проекций. Горизонтальные проекции 6' и 7' расположены на одной линии проекционной связи, стрелкой показано направление взгляда на фронтальную проекцию; отсюда видно, что точка 7 расположена к наблюдателю ближе, следовательно, она на фронтальной плоскости проекций будет видна, также будет видна в этой области и прямая ***AB***, на которой лежит точка 7. Проекция ***A"C"*** на фронтальной плоскости проекций будет видна на чертеже полностью, поскольку она не пересекается с треугольником ***DEK.*** Следовательно, проекция ***K"D"*** на участке **4"- *M"*** невидима, и от точки ***M*** до ***D"*** прямая видима. Проекция ***D"E"*** видима, а участок **6"- 8"** проекции ***E"K"*** будет невидимым. Аналогично определяется видимость остальных элементов на фронтальной проекции.

3.2. Видимость на горизонтальной плоскости проекций можно определить с помощью одной из шести пар конкурирующих точек; используем пару 9,10. Точка 9 лежит на ***BC*** (9" ∈ ***B"C"***). а точка 10 ~ на ***EK*** ((10"∈ ***E"K"***), фронтальная проекция 9" на чертеже расположена выше, чем 10", а это значит, что на горизонтальной проекции ***B'C'*** будет полностью видимая. ***K'D'*** от контура ***B'C'*** до ***M'*** (точки пересечения ***KD*** с треугольником ***ABC***) будет невидимой, от ***M'*** до ***D'*** сторона ***KD*** на горизонтальной проекции видимая. Рассуждая таким образом можно определить видимость остальных элементов на горизонтальной плоскости проекций.

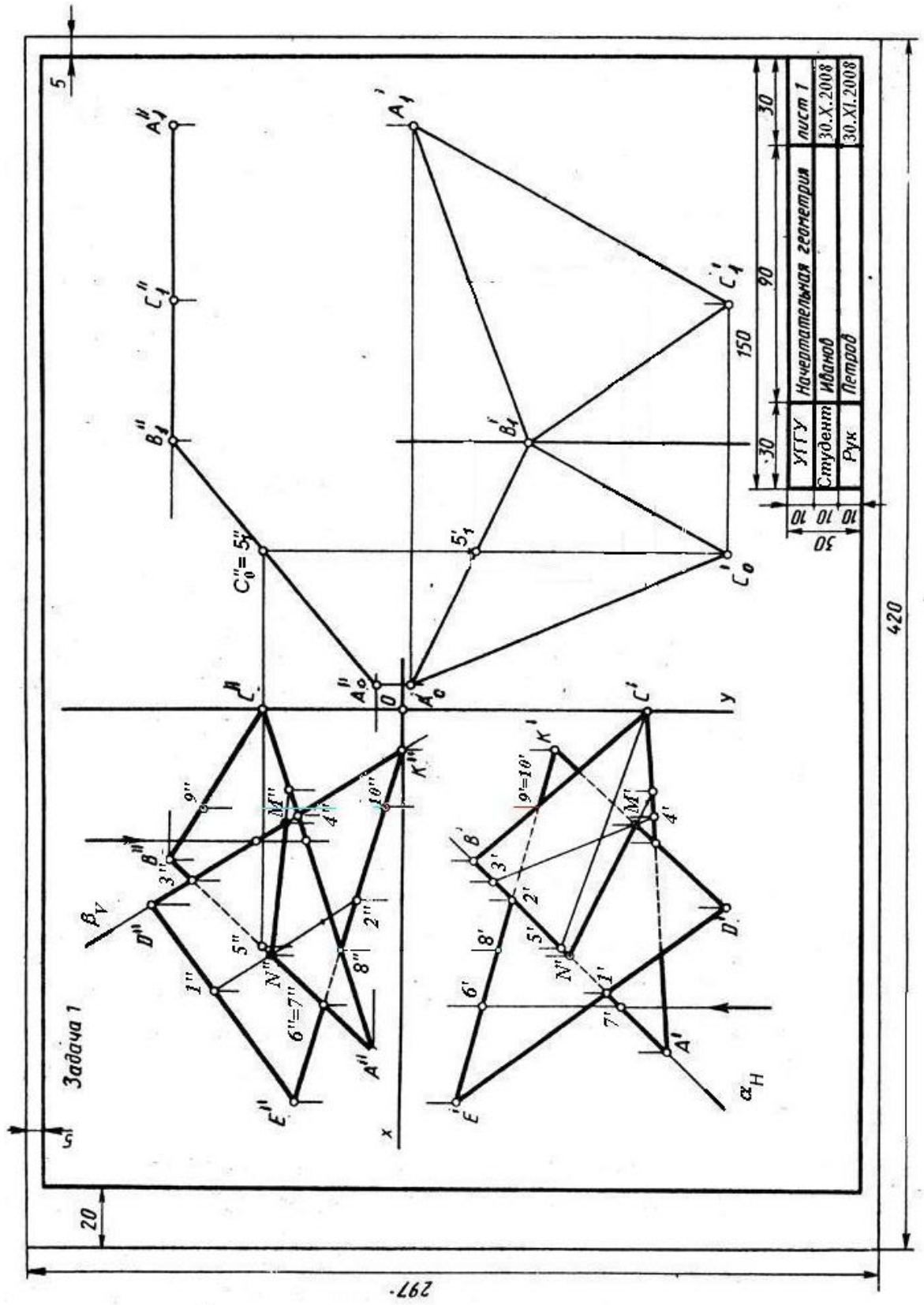

Задача 1
УГГУ
Студент Иванов
Рук Петров
Начертательная геометрия
лист 1
30.X.2008
30.XI.2008
297
420

Рис. 1

4. Натуральная величина треугольника ***ABC*** определяется методом вращения (см. [4], 7.1.2 с. 75, рис. 93) по схеме: треугольник ***ABC*** общего положения методом плоскопараллельного перемещения преобразуется во фронтально-проецирующую плоскость $A_1B_1C_1$, затем треугольник $A_1B_1C_1$ методом вращения вокруг проецирующей прямой, проходящей через точку B_1, и перпендикулярно ***V***, преобразуется в горизонтальную плоскость $B_1C_2A_2$. горизонтальная проекция которого определяет натуральную величину $A_2'B_1'C_2'$ треугольника ***ABC***.

4.1. Чтобы преобразовать треугольник ***ABC*** общего положения во фронтально-проецирующую плоскость, нужно воспользоваться свойством горизонтали: во фронтально-проецирующей плоскости она является фронтально-проецирующей прямой. В плоскости ***ABC*** проводится горизонталь ***C***-5, треугольник перемещается в пространстве параллельно плоскости ***H***, так, чтобы ***C***-5 стала перпендикулярной фронтальной плоскости проекций. C_1'-$5_1'$ на чертеже нужно расположить вертикально. $|C_1'\text{-}5_1'| = |C'\text{-}5'|$ и $|A_1'B_1'C_1'|=|A'B'C'|$ - из условия параллельности перемещения треугольника ***ABC*** относительно горизонтальной плоскости проекций. Проекция $A_1'B_1'C_1'$ строится методом засечек относительно вертикально расположенной горизонтальной проекции горизонтали C_1'-$5_1'$. При этом преобразовании фронтальные проекции ***A***", ***B***", ***C***" на чертеже перемещаются по горизонтальным прямым, линии проекционной связи A_1', B_1',C_1' на этих прямых определяют фронтальные проекции A_1'', B_1'', C_1'', лежащие на одной прямой.

4.2. Фронтально-проецирующая плоскость $A_1B_1C_1$ преобразуется горизонтальную плоскость $B_1A_2C_2$, горизонтальная проекция которой $B_1'A_2'C_2'$ определяет натуральную величину треугольника ***ABC***. Это преобразование - вращение вокруг фронтально-проецирующей прямой, проходящей через точку B_1.

ЛИСТ 2

Задача 2. Построить проекции пирамиды с основанием ***ABC***, ребро пирамиды ***SA*** является высотой пирамиды, величина которой задана в условии варианта.

Решение. На левой половине листа формата А3 тонкими линиями проводятся оси проекций ***OXYZ*** *(рис. 2)* . По координатам из таблицы 2 приложения строятся на чертеже проекции ***A'B'C'*** и ***A"B"C"*** основания пирамиды. Из точки ***A*** проводится перпендикуляр к основанию ***ABC*** пирамиды ([4], 5.3. с. 58, рис. 70). Проекции перпендикуляра составляют прямой плоский угол соответственно с горизонтальной проекцией горизонтали и с фронтальной проекцией фронтали.

В треугольнике ***ABC*** (рис. 2) проводится горизонталь ***C***-1, горизонтальная проекция перпендикуляра к плоскости ***ABC*** проводится под прямым углом к ***C***-I' через ***A'***. Фронтальная проекция 1"-2" фронтали 1-2 определяет направление фронтальной проекции перпендикуляра, она проводится через точку ***A***" под прямым углом к 1"-2".

На проекциях построенного перпендикуляра берется произвольная точка ***T*** (***T'***, ***T***") и определяется натуральная величина отрезка ***AT***, на рис. 2 отрезок А ***A"T₁"***. На прямой ***A"T₁"*** откладывается натуральная величина высоты пирамиды ***A"S"=h***, заданной в таблице 2 приложения, и обратным преобразованием строятся проекции вершины пирамиды ***S***', ***S***". Вершина ***S*** соединяется с вершинами основания боковыми ребрами ***SA***, ***SB***, ***SC***, определяется видимость ребер пирамиды на проекциях.

Задача 3. Построить две проекции геометрических тел – прямой призмы и пирамиды, линию пересечения их поверхностей и определить видимость на проекциях.

Решение. На правой стороне листа 2 (см. рис. 2) по координатам строятся проекции призмы ***EKGU*** (ребра обозначены вершинами нижнего основания) и пирамидьr ***ABCD***.

Общая схема решения:

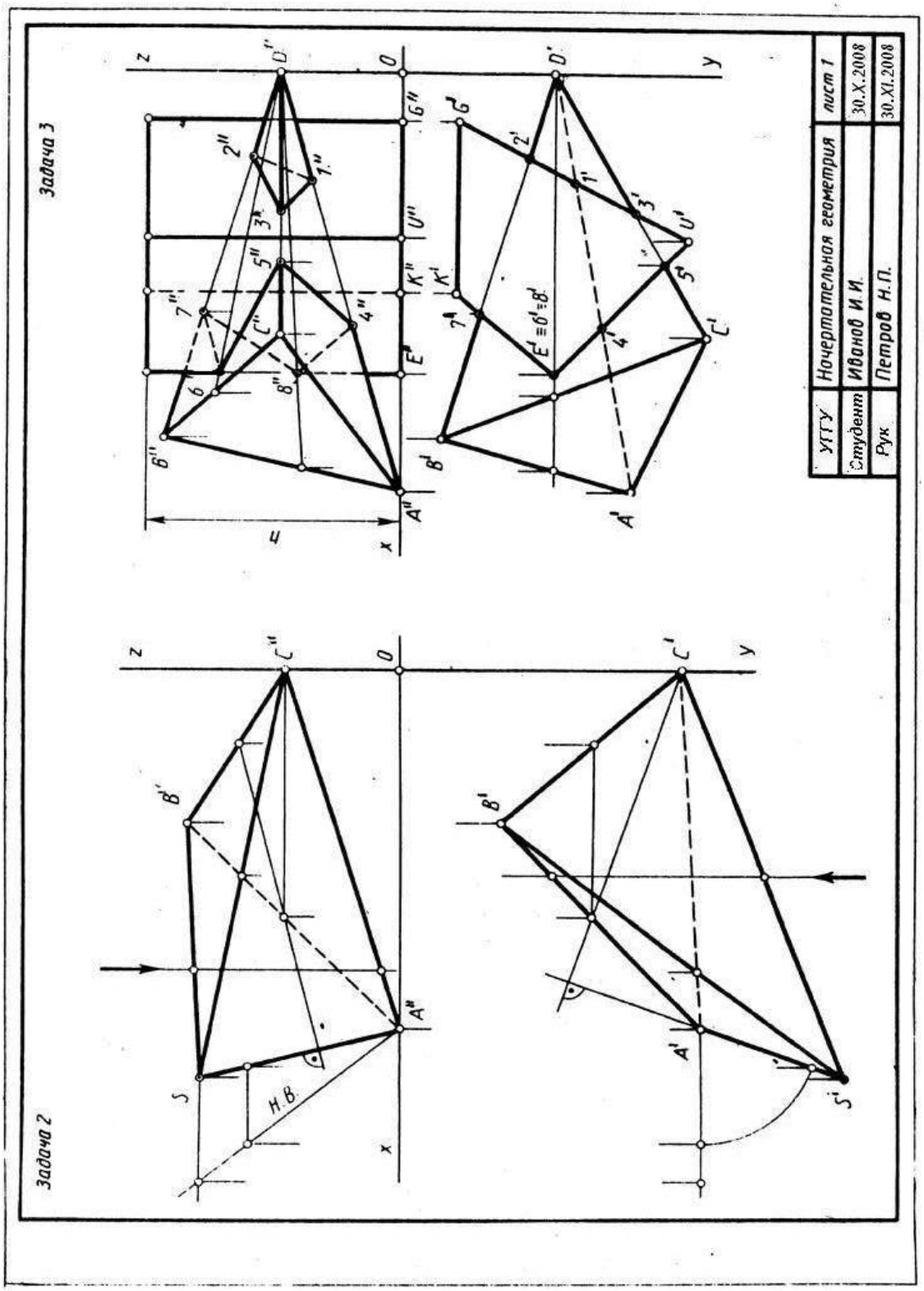

Задача 2
Задача 3
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 1
Студент
Иванов И.И.
30.X.2008
Рук
Петров Н.П.
30.XI.2008

Рис. 2

1) определяются точки пересечения ребер пирамиды ***ABCD*** с гранями призмы ***EKGU***;.

2) определяются точки пересечения ребер призмы ***EKGU*** с гранями пирамиды ***ABCD***;

3) полученные точки соединяются отрезками прямых с учетом видимости на проекциях. Полученная ломаная линия должна быть замкнутой ([2], с. 161, рис. 280, 281).

Ребро ***DA*** пересекается с гранями ***UG*** и ***UE*** (см. рис. 2) в точках I и 4, на чертеже строятся их проекции. Аналогично строятся проекции точек пересечения ребра ***DC*** с гранями ***GU*** и ***UE*** и ребра ***DE*** с гранями ***UG*** и ***EK*** призмы.

Ребро ***E*** призмы пересекается с гранями ***ABD*** и ***BCD*** пирамиды в точках 6 и 8, фронтальные проекции которых строятся по условию принадлежности точек 6 и 8 соответствующим граням пирамиды. Точка 6 лежит в плоскости грани ***BCD***, так как она лежит на прямой ***SD*** в грани ***BCD***, точка 8 - на прямой ***TD*** в грани ***ABD***.

Полученные точки соединяются ломаной линией, в данном примере получаются две замкнутые ломаные линии пересечения поверхностей. Линия 1-2-3 на фронтальной плоскости проекций имеет видимые отрезки 1"-3" и 3"-2", поскольку они расположены на двух видимых на фронтальной плоскости проекций гранях, сторона 1"-2" лежит на невидимой грани ***ABD***, поэтому она проводится штриховой линией. Путем аналогичных рассуждений определяется, что отрезки 5"-4" и 5"-6" на фронтальной плоскости проекций видимы, остальные отрезки невидимы.

ЛИСТ 3

Задача 4. Построить развертки поверхностей прямой призмы и пирамиды (данные в задаче 3) и нанести на ней линию пересечения поверхностей.

Решение. Развертка поверхности пирамиды строится методом триангуляции ([4], 8.3, с. 90, рис. 108, рис. 109). Для построения развертки нужно построить натуральные величины всех ребер пирамиды, для этого

рекомендуется на отдельном листе бумаги (без оформления) построить по координатам фронтальную и горизонтальную проекции пирамиды ***ABCD*** и любым методом графически определить натуральные величины всех ребер. На плоскости чертежа по трем сторонам (натуральным величинам) строится грань ***ABC***, к ней пристраивается ***ABD***, затем ***BDC*** и т. д. (рис. 3).

Ломаная линия пересечения многогранников на развертке строится методом координатной разметки (см. рис. 3).

Развертка поверхности призмы строится методом раскатки.. Нанесение линии пересечения многогранников на развертку призмы рекомендуется выполнять методом координатной развертки. Например, на ребре ***GU*** отмечаются точки 2, 1, 3, и от них вертикально вверх откладываются координаты Z точек 2, 1, 3, которые берутся на фронтальной проекции в задаче 3. Аналогично строятся остальные вершины ломаной линии.

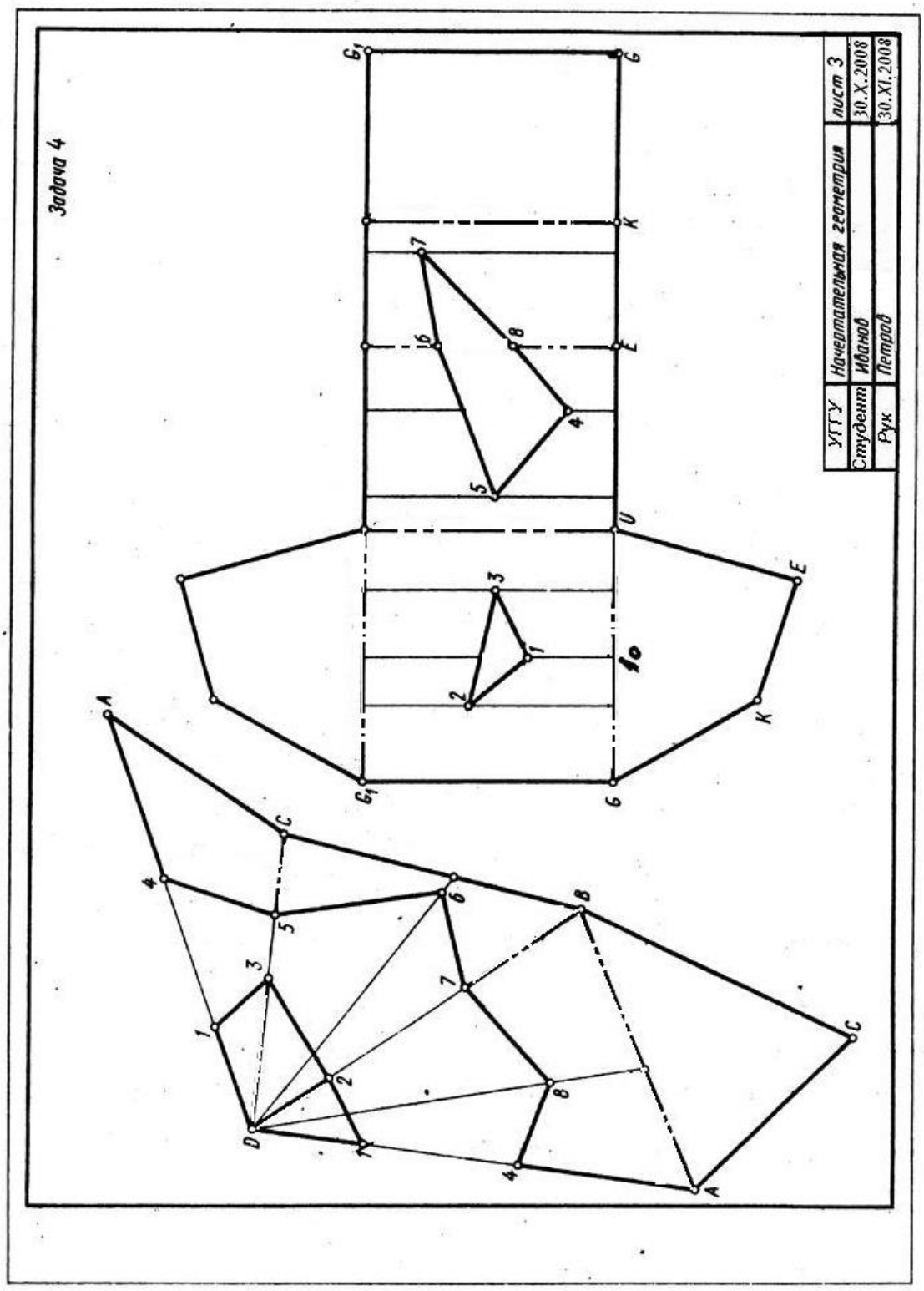

Задача 4
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 3
Студент Иванов
30.X.2008
Рук Петров
30.XI.2008

Рис. 3

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Контрольная работа №2 состоит из трех листов, на которых выполняются задачи 5, 6, 7, 8, 9.

ЛИСТ 4

Задача 5. Построить в плоскости общего положения ***ABC*** проекции окружности заданного радиуса ***R*** с центром в точке ***A***. Данные для своего варианта взять из таблицы 4 приложения. Пример выполнения задачи дан на рис. 4.

Решение. В левой части листа формата А3 строятся оси координат, и по данным варианта строятся проекции отрезков ***AB*** и ***AC***, определяющих плоскость окружности, которая в проекциях будет изображаться в виде эллипсов. Из точки ***A***' и ***A***" на горизонтальной и фронтальной проекциях . соответственно проводятся тонкой линией окружности заданного радиуса ***R***. Эта окружность на горизонтальной проекции горизонтали заданной плоскости ***A'C'*** определяет большую ось эллипса (1'-2') горизонтальной проекции окружности, с помощью проекционной связи строится фронтальная проекция 1" -2" на проекции ***A***" -***C***". Таким же образом строится большая ось эллипса на фронтальной плоскости проекций 3"-4" на фронтальной проекции фронтали ***A"-B***" и ее горизонтальная проекция 3'4' на ***A'-B'***.

Малая ось эллипса перпендикулярна большой оси, она проводится через ***A***' под прямым углом к 1'-2'. Чтобы построить малую полуось, нужно воспользоваться следующим приемом. Через 3' проводится перпендикулярно большой оси полухорда эллипса 3'-5' и полухорда окружности 6' -5', которая циркулем откладывается на большой оси и дает на ней точку 7'. Точка 7' соединяется с 3'. Из точки 2' проводится прямая 2'-8' параллельно 7'-3' до пересечения с направлением малой оси, отрезок ***A***'-8' является малой полуосью эллипса, радиусом ***A***'-8' проводится тонкой линией окружностъ. Промежуточные точки кривой строятся по схеме:

1) проводится из точки ***A***' радиальная линия, пересекающая окружность на малой оси эллипса в точке ***D***' и окружность на большой оси эллипса в точке ***E***';

2) проводится ***D'K***' параллельно большой оси эллипса и ***E'K'*** параллельно малой оси эллипса, эти отрезки пересекаются в точке ***K***', лежащей на эллипсе. Несложно построить три точки, симметричные ***K*** относительно большой и малой оси эллипса и его центра. Для более точного построения эллипса можно увеличить число точек ***K***.

Аналогичные построения на фронтальной проекции приведут к построению фронтальной проекции данной окружности, то есть эллипса.

Задача 6. Построить три проекции шара со сквозным призматическим отверстием. Радиус шара и точки ***A, B***, ***C***, ***D*** определяются в таблице 5 приложения в соответствии с вариантом.

Решение. На правой части листа (см. рис. 4) строятся оси координат *OXYZ* и три проекции шара с центром в точке ***O***, на фронтальной проекции шара строится вырожденная проекция призматического выреза, определяемого точками ***A***, ***B***, ***C***, ***D***. Призматический вырез образуется гранями ***BC*** и ***AD***, через которые проведены горизонтальные плоскости α и β, грань ***CD*** выреза является профильной плоскостью γ, и грань ***AB*** - фронтально-проецирующая плоскость. Любая плоскость пересекает поверхность сферы по окружности. плоскости α и β пересекают сферу по окружностям, которые на горизонтальной проекции отображаются в натуральную величину, на этих окружностях отмечаются точки ***B***', ***C***' и ***D***'. Горизонтальная проекция грани выреза ограничивается контуром ***B'-C'-C'-B'***, стороны ***B'-B'*** и ***C'-C'*** невидимы. Нижняя грань выреза (в плоскости β) ограничивается сегментом с хордой ***D***'-***D***'. Плоскость γ проходит через грань ***C-D,*** пересекает сферу по окружности радиуса O_3'***G'***, горизонтальная и фронтальная проекции этой грани - прямые линии, а профильная проекция - часть круга в контурах ***C'''-C'''-D'''-D'''***.

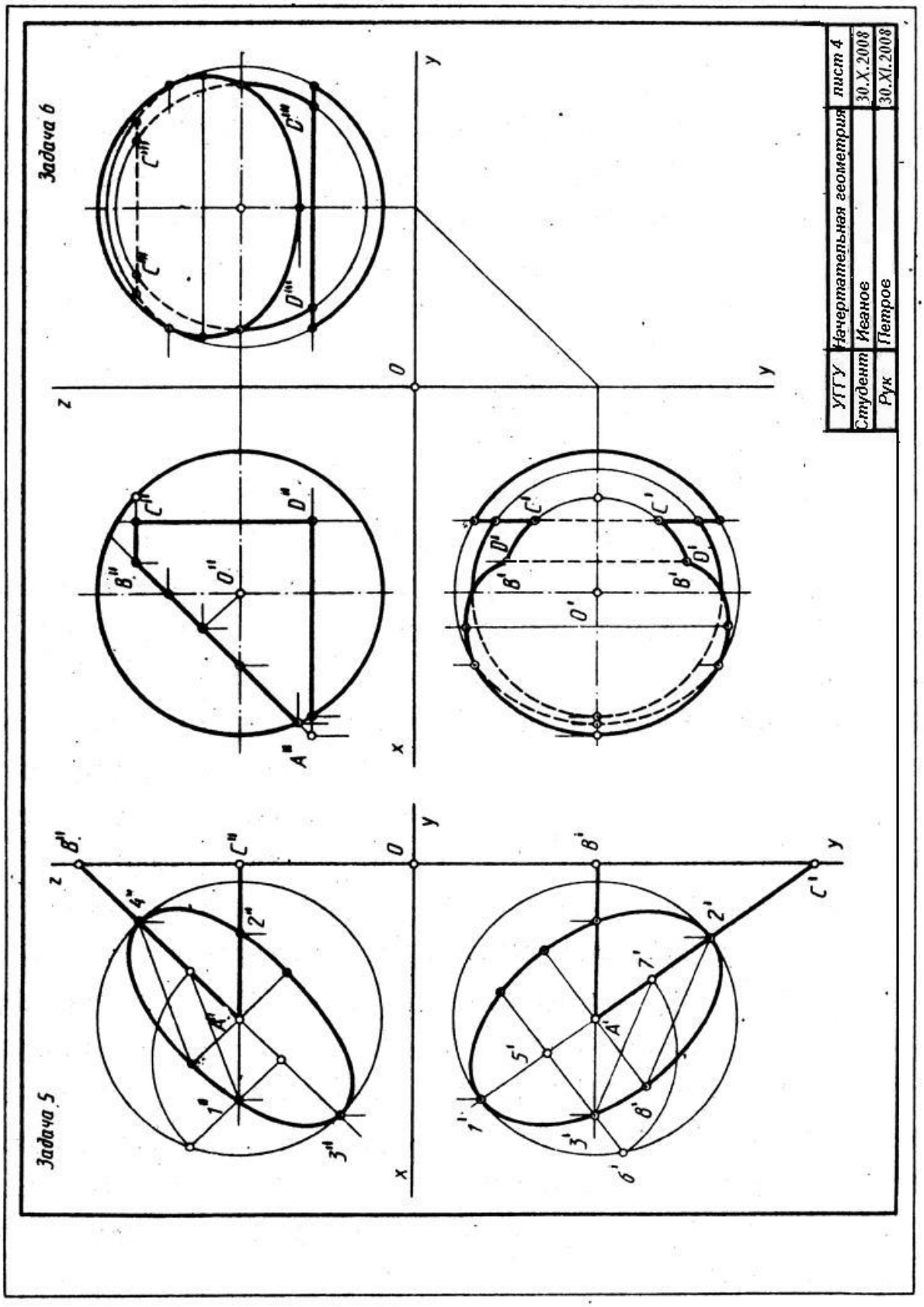

Задача 5
Задача 6
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 4
Студент
Иванов
30.X.2008
Рук
Петров
30.XI.2008

Рис. 4

Плоскость δ пересекает сферу по окружности, а грань выреза образуется частью круга, ограниченного хордой ***B-B***. Фронтальная проекция этой грани вырождена в прямую линию, горизонтальная и профильная проекции этой грани имеют контур эллипса с хордой ***B′-B′*** и ***B‴-B‴*** соответственно. Окружность, лежащая в плоскости δ проецируется на горизонтальную и профильную плоскости проекций в виде эллипсов, которые строятся по точкам, например: точки ***B*** эллипса лежат на поверхности сферы на окружности радиуса ***O₁″-E″.*** Горизонтальные проекции ***B′B′*** отмечаются на горизонтальной проекции этой окружности. Точки ***K′*** и ***K₁′*** ‘эллипса лежат на поверхности сферы и на окружности радиуса ***O***$_4$-1, то есть точки эллипсов на горизонтальной и профильной проекциях строятся по признаку принадлежности их поверхности сферы.

ЛИСТ 5

На листе 5 выполняются две задачи, в левой половине листа - задача 7, в правой - задача 8.

Задача 7. Построить фигуру сечения прямого кругового конуса плоскостью общего положения ***ABC*** Данные по вариантам содержатся в таблице 6 Приложения.

Решение. По данным варианта строятся проекции прямого кругового конуса с центром основания в точке ***K*** (рис. 5). По координатам строится секущая плоскость ***ABC***.

Для решения задачи используется метод перемены плоскостей проекций ([4], 7.2.1 с. 80). Это преобразование приводит задачу к простейшему виду - сечение конуса проецирующей плоскостью. В секущей плоскости ***ABC*** выделяется горизонталь ***AB*** и под прямым углом к горизонтальной проекции горизонтали ***A′B′*** проводится ось проекций x_1, определяющая новую систему плоскостей проекций ***H***/V_1, в которой секущая плоскостъ ***ABC*** становится проецирующей (см. рис. 5). Преобразование чертежа производится по схеме, изложенной в ([4], 7.2.1., с. 82 рис.99).

Положение секущей плоскости на V_1 определяет характер фигуры сечения. На рис. 5 секущая плоскость пересекает все образующие и не перпендикулярна оси вращения конуса, в этом случае в сечении конуса получится плоская фигура, ограниченная эллипсом.

Проекции фигуры сечения рекомендуется строить с использованием свойства принадлежности точки поверхности конуса.

Пример. Точки 3 и 4 лежат на поверхности конуса и в секущей плоскости α, проекции 3_1" и 4_1" взяты произвольно, они лежат на параллели радиуса R_1". строится горизонтальная проекция этой параллели, и на ней отмечаются проекции 3' и 4'. Проводятся линии связи в системе V/H, и с помощью инварианта преобразования $z_{3\text{-}4}$ строятся фронтальные проекции 3" и 4". Построив таким образом достаточное количество точек на линии сечения поверхности конуса, их можно соединить плавной кривой линией на горизонтальной и фронтальной плоскостях проекций. Определить видимость кривой на фронтальной проекции. Фигуру сечения на проекциях выделить штриховкой, как показано на рис. 5.

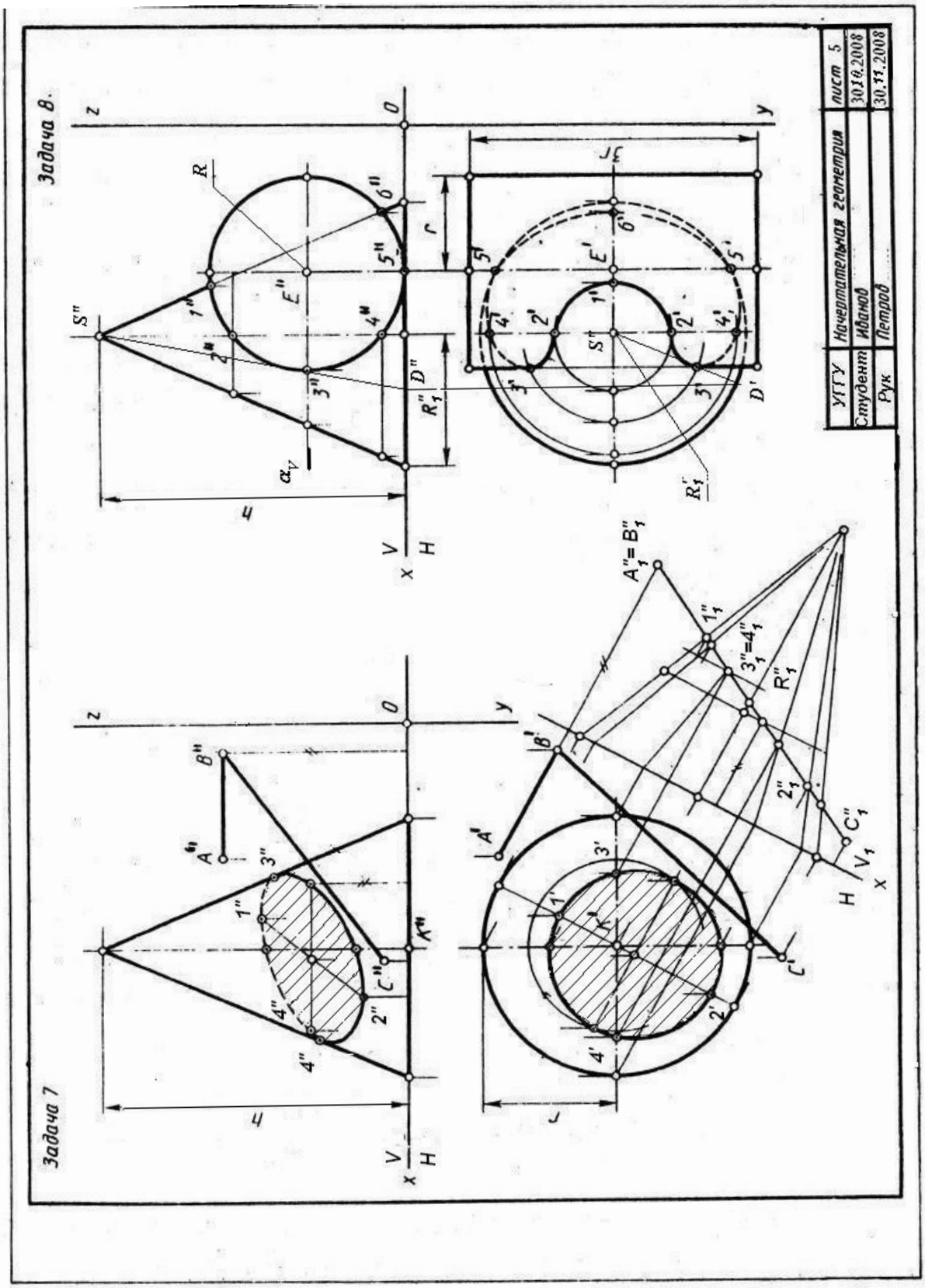

Задача 7
Задача 8.
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 5
Студент
Иванов
30.10.2008
Рук
Петров
30.11.2008

Рис. 5

Задача 8. Построить линию пересечения поверхностей прямого кругового конуса и цилиндра, определить видимость кривой на чертеже.

Построение чертежа.

На правой стороне формата А3 строится ось проекций *x*. По координатам (см. таблица 7 приложения) строится точка ***K*** - центр окружности основания конуса, радиус окружности ***R,*** высота конуса ***h***. Ось вращения цилиндра перпендикулярна фронтальной плоскости проекций и проходит через точку ***E*** (координаты в таблице 7 приложения), радиус основания цилиндра $\boldsymbol{R}_1$,' Длина образующей цилиндра берется произвольно, несколько больше диаметра основания конуса.

Решение. Порядок решения задач на взаимное пересечение поверхностей вращения изучить по [4], 9.1, с. 107. Конкретная задача 8 (см. рис. 8 может быть решена по следующей схеме:

1) строятся характерные точки кривой линии пересечения конуса и цилиндра. Точки 1 и 6 пересечения крайней образующей конуса с очерком цилиндра, две точки 5 пересечения нижней образующей цилиндра с окружностью основания :конуса, две точки 3 пересечения левой крайней образующей цилиндра с параллелью конуса, лежащей в горизонтальной плоскости *a* (на рис. 5 эта плоскость обозначена фронтальным следом α_{V}*)*. Точки 3 определяют видимостъ: кривой линии на горизонтальной плоскости проекций;

2) Строится множество промежуточных точек кривой линии по схеме построения точек 3, 4 и 2 (см. рис. 5). Фронтальная проекция кривой линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра совпадает с вырожденной проекцией цилиндра и ограничивается дугой *1"-3"-6"*. На дуге можно взять произвольную пару точек, например 4"=4". Эти точки лежат на поверхности конуса на параллели радиуса $\boldsymbol{R}_1$" (расстояние от оси вращения конуса до крайней образующей). Горизонтальные проекции 4' - 4' лежат на горизонтальной проекции параллели - окружности радиуса $\boldsymbol{R}_1$'. По этой схеме можно построить множество проекций промежуточных точек кривой;

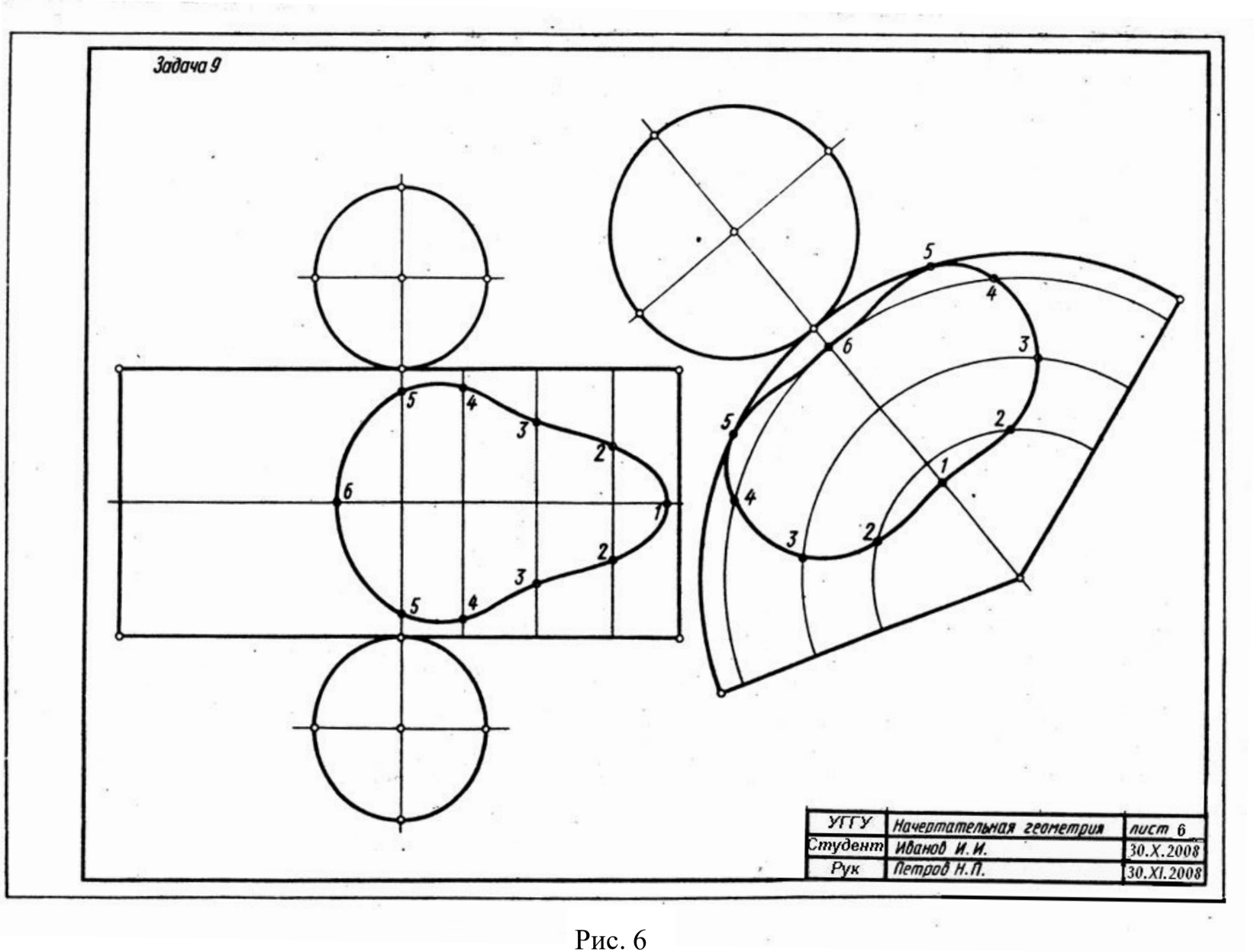

Задача 9
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 6
Студент
Иванов И.И.
30.X.2008
Рук
Петров Н.П.
30.XI.2008

Рис. 6

3) построенные точки соединяются плавными кривыми линиями с учетом видимости на проекциях. Фронтальная проекция кривой, как отмечалось выше, изображается дугой окружности l"-З"-6". Горизонтальная проекция кривой состоит из видимой части 3'-2'-1'-2'-3' и невидимой 1 - 3' - 4' - 6'. Видимость горизонтальной проекции кривой определяется точками 3 - это хорошо видно на фронтальной проекции, участок кривой 3"-2"-1" расположен на верхней (видимой на горизонтальной проекции) поверхности цилиндра, остальная часть кривой 3' -4' -6' расположена на нижней (невидимой на горизонтальной плоскости проекций) поверхности цилиндра.

ЛИСТ 6

Задача 9. Построить развертки поверхностей конуса и цилиндра с нанесением на них линий пересечения. Данные для построений берутся в задаче 8 (см. рис. 5).

Решение. Для построения разверток поверхностей рекомендуется сделать копию решенной задачи 8. Развертки обеих поверхностей разместить на одном листе формата А3~ как показано на рис. 6.

Боковая поверхность цилиндра раскатывается на плоскость цилиндра в виде прямоугольника, стороны которого определяются образующей (вертикальная сторона) и разверткой окружности основания $\boldsymbol{2\pi R}$ ($\boldsymbol{R}$ - радиус основания цилиндра). Сверху и снизу к полученному прямоугольнику пристраиваются основания цилиндра.

Линия пересечения поверхностей строится методом координатной разметки. На средней вертикальной линии развертки боковой поверхности цилиндра строятся точки 5 (см. рис. 6). Удаление этих точек от горизонтальных краев развертки берется на горизонтальной проекции цилиндра на рис. 5.

Строится образующая, на которой располагаются точки 4. Для этого нужно дугу 5"-4" (см. рис. 5) развернуть на прямую линию вправо от образующей, несущей точки 5. Для построения рекомендуется относительно

точный и не очень трудоемкий прием: дугу 5" - 4" (см. рис. 5) нужно аппроксимировать ломаной линией с хордами длиной 2-3- мм с помощью циркуля измерителя. Например, на дуге 5"-4" откладывается пять хорд длиной 2 мм, сумму этих хорд нужно отложить вправо от образующей, несущей точки 5, и провести образующую, на которой расположены точки 4. Точки 4 на образующей строятся по координатам *y* с горизонтальной проекции задачи 8. Таким образом, на развертке строится множество образующих и точки кривой, лежащие на них. Построенные точки соединяются плавной кривой линией.

Развертка поверхности конуса строится методом раскатки. Боковая поверхность конуса развертывается в виде сектора *с* центральным углом $\varphi = \boldsymbol{R/L} \times 360°$, где ***R*** - радиус основания конуса, ***L*** - образующая конуса. Радиус сектора развертки равен ***L*** - образующей конуса. Точки линии пересечения поверхностей на развертке строятся с помощью образующих конуса. На биссектрисе угла сектора (***OA***) строятся точки 1 и 6, натуральная величина отрезков ***S″*** -1***″*** и ***S″*** -6***″*** берется на фронтальной проекции (см. рис. 5). Точки 4 и 2 лежат на образующих ***S-B*** и ***S-C***, которые вместе с ***SA*** делят сектор развертки на четыре равные части. На ***S-B*** и ***S-C*** откладываются натуральные величины ***S″-***2_1***″*** и ***S″-***4_1***″*** отрезков ***S***-2 и ***S***-4 соответственно. Для построения точки 3 на развертке строится образующая ***SD***. Дуга окружности основания ***B′D′*** аппроксимируется ломаной линией с хордами длиной 2-3 мм (см. рис. 5), такое же количество хорд откладывается на дуге сектора, определяя точку ***D*** на развертке. На образующей ***SD*** строятся точки 3 (***S″-***3_1***″*** определяет натуральную величину ***S″***-3***″,*** см. рис. 5). Таким образом, строится достаточное множество точек, чтобы провести плавную, гладкую кривую линию пересечения конуса и цилиндра на развертке конуса.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

Контрольная работа №3 выполняется на двух листах формата А3.

ЛИСТ 7

Задача 10. Построить линию пересечения цилиндра вращения (ось перпендикулярна фронтальной плоскости проекций) с поверхностью тора. Данные для варианта задания содержатся в таблице 8 приложения. Пример выполнения на рис. 7.

Решение. В тонких линиях строятся проекции тора и цилиндра.

Фронтальная проекция линии пересечения тора и цилиндра отображается в виде окружности, поскольку поверхность цилиндра является фронтально-проецирующей. Для построения горизонтальной проекции кривой используется свойство принадлежности точек поверхности тора. Так, точка 1 лежит на поверхности тора на его экваторе, $1''$ – точка касания экватора тора и поверхности цилиндра, $1'$ - отмечается на горизонтальной проекции экватора. Точки 2, 3, 4, 5 расположены на двух параллелях тора, симметрично расположенных относительно плоскости экватора, горизонтальные проекции $2'$, $3'$, $4'$, $5'$ отмечаются с помощью проекционной связи на горизонтальных проекциях параллелей. При решении этих задач построения рекомендуется проводить последовательно, избегая поточного метода, т. е., провели пару параллелей на фронтальной и на горизонтальной проекциях, отметили на них точки 2, 3, 4, 5, только после этого проводят следующую пару параллелей на поверхности тора. Горизонтальная проекция кривой имеет достаточно сложную форму, видимость на горизонтальной проекции определяется точками 4, 5 и 6, 7, участок кривой 1-4, 1-5, 1-6 и 1-7 на горизонтальной плоскости проекций видимый, остальная часть кривой невидимая и изображается штриховой линией.

Задача 11. Определить линию пересечения поверхностей прямого кругового цилиндра с эллиптическим наклонным конусом, параллелями которого являются окружности.

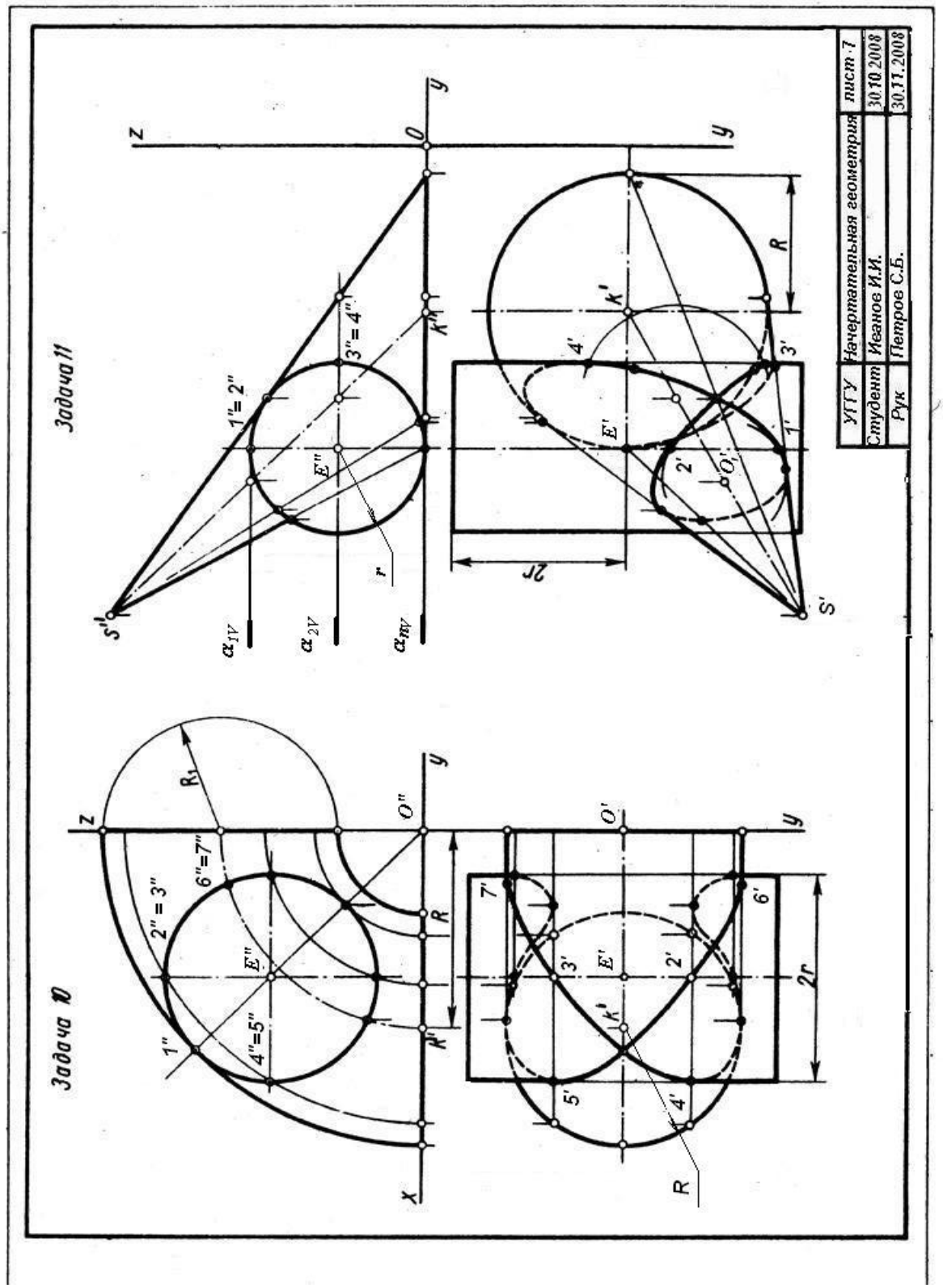

Задача 10
Задача 11
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 7
Студент
Иванов И.И.
30.10.2008
Рук
Петров С.Б.
30.11.2008

Рис. 7

Решение. По данным таблицы 9 строится в тонких линиях исходный чертеж. Фронтальная проекция кривой линии пересечения поверхностей, как и в задаче 10, отображается в виде дуги окружности, поскольку поверхность цилиндра фронтально-проецирующая (см. рис. 7). Горизонтальная проекция кривой может быть построена по методу вспомогательных секущих плоскостей. В данной задаче можно использовать горизонтальные секущие плоскости, область применения плоскостей ограничивается плоскостями α_{1V} и α_{nV}. Плоскость α_{1V}, касательная r поверхности цилиндра, проходит через его верхнюю образующую и пересекает конус по окружности радиуса $\boldsymbol{R}_{\mathrm{I}}$ с центром в точке $\boldsymbol{O}_1'$. Горизонтальная проекция окружности с центром в $\boldsymbol{O}_1$ определяет проекции точек $1'$ и $2'$ на горизонтальной проекции верхней образующей цилиндра. Плоскость α_{2V} проведена через правую крайнюю образующую цилиндра - так же как α_{1V}, она дает пару точек 3 и 4, определяющих видимость на горизонтальной плоскости проекций. Количество точек кривой (и соответственно вспомогательных секущих плоскостей) должно обеспечить точное построение кривой линии. Проекция кривой линии должна бытъ плавной и гладкой, без точек излома, толщина ее равна толщине обводки видимых контуров пересекающихся плоскостей. Кривая линия вписывается в контуры проекций пересекающихся поверхностей. Нужно обратить внимание на построение точек касания кривой крайних образующих и очерковых кривых поверхностей.

ЛИСТ 8

Задача 12. Построить две проекции поверхностей закрытого тора и цилиндра и линию их пересечения.

Решение. Строится исходный чертеж по данным таблицы 10 приложения в левой части листа формата А3 (рис. 8). Пересекающиеся поверхности расположены таким образом, что задача удовлетворяет условиям применения метода сферических концентрических секущих вспомогательных поверхностей, а именно:

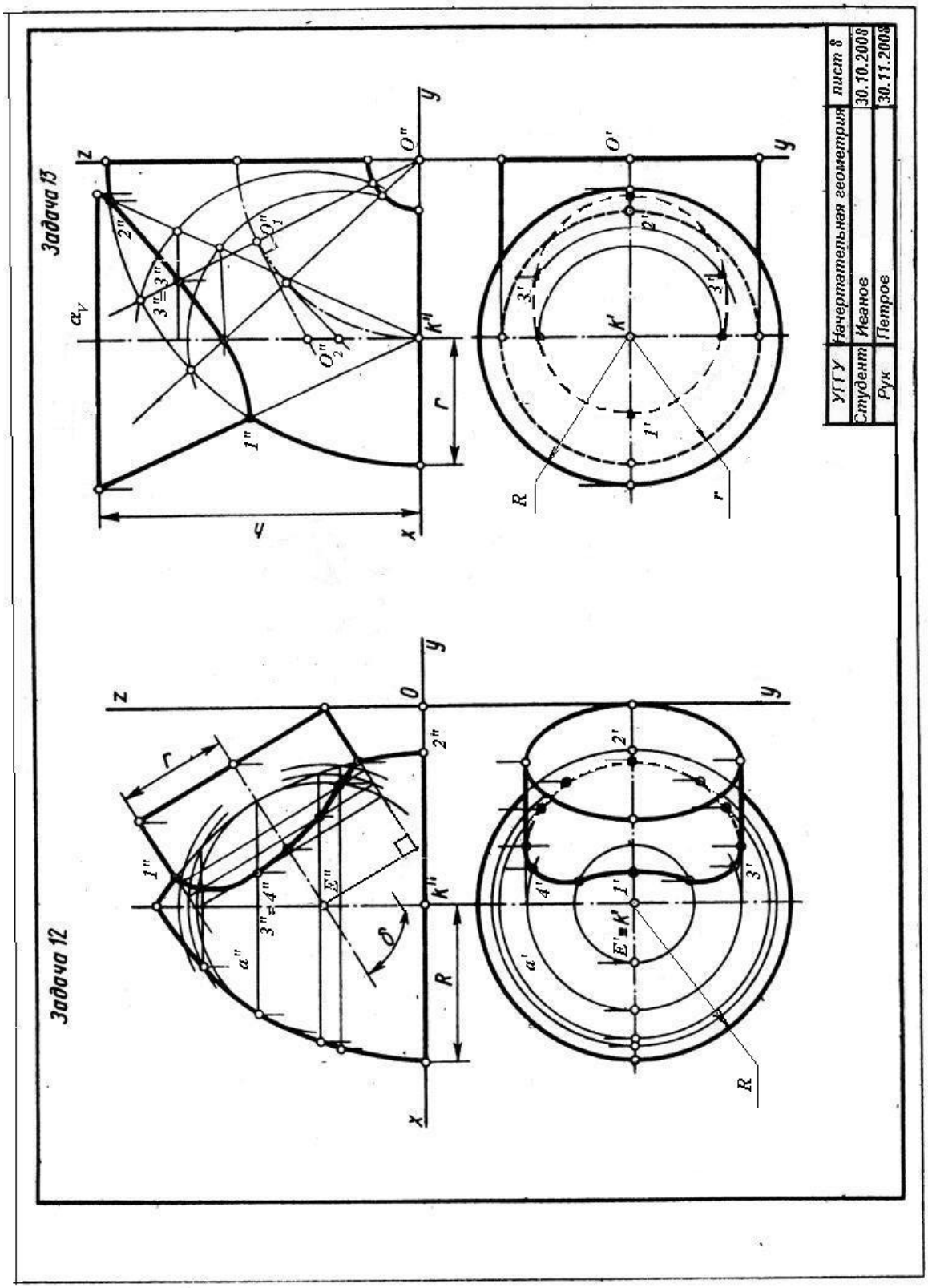

Задача 13
Задача 12
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 8
Студент
Иванов
30.10.2008
Рук
Петров
30.11.2008

Рис. 8

1) пересекающиеся поверхности - поверхности вращения;

2) оси вращения поверхностей пересекаются;

3) оси вращения поверхностей параллельны фронтальной плоскости проекций.

Решение задачи начинается с построения характерных точек - в данной задаче точки 1 и 2 пересечения очерка тора и крайних образующих цилиндра. Определяется область проведения вспомогательных сфер. Минимальная сфера определяется как сфера, вписанная в большее из тел. Радиусом минимальной сферы является нормаль, опущенная из центра сфер ***O*** на крайнюю образующую или очерк. В данном случае нормаль к очерку тора больше нормали к образующей - цилиндра, следовательно, минимальной сферой будет сфера, вписанная в поверхность тора. Максимальная сфера определяется радиусом, равным расстоянию от центра сфер до наиболее удаленной характерной точки.

Минимальная сфера касается поверхности тора по окружности, вырождающейся на фронтальной проекции в прямую ***a″,*** и пересекает поверхность цилиндра по окружности, вырождающейся на фронтальной проекции в прямую ***b″***. Эти две окружности, лежащие на поверхности сферы минимального радиуса, пересекаются в двух точках - 3" и 4", горизонтальные проекции их строятся по принадлежности поверхности тора. Они лежат на параллели ***a′*** и занимают положение 3' и 4'. Следующая сфера пересекает тор по двум окружностям, а цилиндр - по одной окружности. Эти окружности дают четыре общие точки данных поверхностей. Таким образом нужно построить достаточное множество точек, соединив которые, получают проекции линии пересечения заданных поверхностей. Видимость кривой линии на горизонтальной проекции определяют точки пересечения крайних образующих цилиндра с поверхностью тора.

Задача 13. Построить две проекции пересекающихся поверхностей конуса и части открытого тора, построить линию пересечения заданных поверхностей.

Решение. В правой половине листа 8 строится исходный чертеж по данным из таблицы 11 приложения. Эта задача не решается методом вспомогательных секущих плоскостей, и метод вспомогательных секущих концентрических сфер в этом случае неприменим. Простое решение задачи дает метод секущих эксцентрических сфер, с помощью которого можно построить множество промежуточных точек кривой линии. Решение задачи начинается с определения характерных точек 1 и 2, точки пересечения крайних образующих и экватора (очерка) тора.

Построение промежуточных точек ведется по следующей схеме (см. рис. 8):

1) через ось вращения тора (***O''***) проводится фронтально-проецирующая плоскостъ (α_V), эта меридиональная плоскость тора пересекает его поверхность по образующей окружности;

2) из центра меридиональной окружности O_1" проводится нормаль к плоскости этой окружности (касательная к штрихпунктирной окружности центров меридианов) до пересечения с осью вращения конуса в точке O_2";

3) из центра O_2" проводится сфера через концы диаметра меридиональной окружности с центром O_1";

4) проведенная сфера пересекает поверхность конуса по окружности, которая пересекает меридиональную окружность в точках 3"-3_1";

5) множество таких плоскостей проводится в интервале между характерными точками 1-2, и каждая дает пару общих точек пересекающихся поверхностей;

6) горизонтальные проекции точек кривой строятся по принадлежности поверхности конуса;

7) определяется видимость кривой на проекциях, в данном примере горизонтальная проекция кривой полностью невидима) поскольку лежит на невидимой сверху боковой поверхности конуса.

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)

Данные к задаче 1 (размеры и координаты)

таблица 1

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	x_D	y_D	z_D	x_E	y_E	z_E	x_K	y_K	z_K
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48	68	110	85	135	19	36	14	52	0
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	70	110	85	135	20	35	15	50	0
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	65	105	80	130	18	35	12	50	0
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	70	115	85	135	20	32	10	50	0
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	68	85	110	135	36	19	14	0	52
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	40	20	15	0	50
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	65	80	110	130	38	20	15	0	52
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	70	85	108	135	36	20	15	0	52
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	35	20	15	0	50
10	18	10	90	83	79	25	135	48	83	67	85	110	0	36	19	121	0	52
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85	70	85	110	0	35	20	120	0	52
12	15	10	85	80	89	20	130	50	80	70	80	108	0	35	20	120	0	50
13	16	12	88	85	80	25	130	50	80	75	85	110	0	30	15	120	0	50
14	18	12	85	85	80	25	135	50	80	70	85	110	0	35	20	120	0	50
15	18	90	10	83	25	79	135	83	48	67	110	85	0	19	36	121	52	0
16	18	40	75	83	117	6	135	47	38	67	20	0	0	111	48	121	78	86
17	18	75	40	83	6	107	135	38	47	67	0	20	0	48	111	121	86	78
18	115	75	40	52	7	97	0	38	47	80	0	20	115	45	85	15	85	78
19	115	40	75	52	107	6	0	45	40	90	20	0	120	90	50	I5	80	7
20	120	38	75	50	108	5	0	45	40	135	20	0	70	110	50	15	80	85
21	120	40	0	100	112	70	0	50	40	140	30	50	70	120	0	20	80	85
22	20	40	10	85	110	80	135	48	48	70	20	85	0	110	35	120	80	0
23	20	10	40	85	80	110	135	48	48	10	85	20	0	35	110	120	0	80
24	117	40	9	52	111	79	0	47	48	68	20	85	135	111	36	14	78	0
25	117	9	40	52	79	111	0	48	47	68	85	20	135	36	111	14	0	78
26	18	40	9	83	111	79	135	47	48	56	20	80	120	80	35	36	80	0
27	18	9	40	83	79	111	135	48	47	56	20	80	120	80	111	35	80	0

Данные к задаче 2 (координаты и размеры, мм)

Таблица 2.

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	h
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48	85
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	85
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	85
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	85
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	85
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	85
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	85
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	85
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85	85
10	18	10	90	83	79	25	135	48	83	85
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85	85
12	15	10	85	80	80	20	130	50	80	85
13	16	12	88	85	80	25	130	50	80	80
14	18	12	85	85	80	25	135	50	80	80
15	18	90	10	83	25	79	135	83	48	80
16	18	40	75	83	117	6	135	47	38	80
17	18	75	40	83	6	107	135	38	47	80
18	117	75	40	52	6	107	0	38	47	80
19	117	40	75	52	107	6	0	47	38	80
20	120	38	75	50	108	5	0	45	40	80
21	122	40	75	50	110	8	0	50	40	85
22	20	40	10	85	110	80	135	48	48	80
23	20	10	40	85	80	110	135	48	48	85
24	117	40	9	52	111	79	0	47	47	80
25	117	9	40	52	79	111	0	48	47	85
26	18	40	9	83	111	79	135	47	48	80
27	18	9	40	83	79	111	135	48	47	80

Данные к задаче 3 (координаты и размеры, мм)

Таблица 3

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_c	z_C	x_D	y_D	z_D	x_E	y_E	z_E	x_K	y_K	z_K	x_G	y_G	z_G	x_U	y_U	z_U	h
1	141	75	0	122	14	77	87	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
2	0	70	0	20	9	77	53	95	40	141	45	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
3	0	80	0	20	19	77	53	110	40	141	55	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
4	0	68	0	20	7	77	53	93	40	141	143	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
5	0	68	0	20	7	77	53	93	40	141	143	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
6	0	75	0	20	14	77	53	100	40	141	50	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
7	0	82	0	20	21	77	53	112	40	141	57	40	49	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
8	0	85	0	20	24	77	53	115	40	141	60	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
9	0	90	0	20	29	77	53	120	40	141	65	40	49	50	0	61	20	0	125	20	0	86	95	0	85
10	0	85	0	15	30	80	55	120	40	141	60	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	93	0	86
11	141	70	0	122	9	77	87	95	40	0	45	40	100	50	0	74	.20	0	16	20	0	55	95	0	85
12	141	80	0	122	19	77	87	100	40	0	55	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
13	141	68	0	122	7	77	87	93	40	0	43	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
14	141	82	0	122	21	77	87	112	40	0	57	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
15	141	85	0	122	24	77	87	115	40	0	60	40	100	50	0	14	20	0	16	20	0	55	95	0	85
16	141	90	0	122	29	77	81	120	40	0	65	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
17	135	15	0	116	14	77	81	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
18	145	15	0	126	14	77	91	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	9	16	20	0	55	95	0	85

Данные к задаче 5 (координаты и размеры, мм)

Таблица 4.

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	R
1	50	58	60	10	58	115	0	120	60	46
2	50	58	60	10	58	115	0	122	60	46
3	50	56	58	10	56	115	0	124	58	48
4	52	56	58	10	56	113	0	120	58	48
5	52	58	60	0	58	113	0	124	60	47
6	52	58	58	5	58	112	10	120	58	47
7	52	56	60	5	56	112	10	122	60	48
8	52	56	60	5	56	112	10	120	60	45
9	50	60	60	5	60	110	10	122	60	45
10	52	60	58	0	113	58	0	113	124	47
11	50	60	58	0	60	110	10	120	58	47
12	50	62	58	0	62	108	10	120	58	48
13	50	62	56	0	62	108	10	124	56	48
14	52	62	56	0	62	106	10	124	56	48
15	52	60	56	8	60	106	0	126	56	50
16	54	60	58	8	60	106	0	126	58	50
17	54	62	58	8	62	104	0	124	58	50
18	54	62	58	0	62	104	12	122	58	50
19	55	62	60	0	62	102	12	120	60	50
20	55	64	60	0	64	102	12	120	60	52
21	55	65	60	0	65	110	12	118	60	52
22	55	65	60	8	65	110	0	118	60	50
23	56	64	58	6	64	100	0	115	58	50
24	56	66	58	10	66	104	0	115	58	52
25	56	66	58	0	66	114	0	120	58	52
26	55	65	58	0	65	112	0	115	58	52
27	55	65	60	0	65	112	0	120	60	50

Данные к задаче 6 (координаты и размеры, мм)

Таблица 5

Вариант	x_0	y_0	z_0	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_c	z_C	x_D	y_D	z_D	R
1	70	58	62	118	-	35	56	-	95	45	-	95	45	-	35	46
2	70	60	60	118	-	35	56	-	95	44	-	95	44	-	35	46
3	70	60	58	120	-	35	58	-	95	44	-	95	44	-	35	48
4	70	60	58	120	-	36	56	-	94	42	-	94	42	-	36	48
5	69	58	60	116	-	36	58	-	94	45	-	94	45	-	36	47
6	72	60	58	116	-	36	60	-	92	42	-	92	42	-	36	47
7	72	58	60	120	-	34	60	-	92	42	-	92	42	-	34	48
8	72	58	58	122	-	34	60	-	90	40	-	90	40	-	34	45
9	74	62	60	122	-	34	55	-	90	40	-	90	40.	-	34	45
10	69	58	60	20	-	36	81	-	94	94	-	94	94	-	36	47
11	74	62	58	20	-	36	80	-	92	94	-	92	94	-	36	47
12	72	62	62	20	-	35	80	-	92	92	-	92	92	-	35	48
13	72	60	62	22	-	35	82	-	90	92	-	90,	92	-	35	48
14	70	60	60	18	-	35	82	-	90	90	-	90	90	-	35	48
15	70	60	58	18	-	34	82	-	94	92	-	94	92	-	34	50
16	72	62	58	20	-	34	84	-	94	96	-	94	96	-	34	50
17	70	62	60	18	-	32	84	-	90	96	-	90	96	-	32	50
18	68	60	60	20	-	32	86	-	92	95	-	92	95	-	32	50
19	68	58	62	20	-	32	86	-	92	95	-	92	95	-	32	50
20	70	58	62	18	-	32	86	-	94	90	-	94	90	-	32	52
21	70	60	58	118	-	35	60	-.	95	45	-	95	45	-	35	52
22	70	62	62	120	-	36	60	-	92	42	-	92	42	-	36	50
23	68	62	60	120	-	34	62	-	92	42	-	92	42	-	34	50
24	68	62	58	122	-	35	62	-	90	40	-	90	40	-	35	52
25	68	60	58	120	-	36	60	-	90	42	-	90	42	-	36	52
26	70	60	60	120	-	35	60	-	92	44	-	92	44	-	35	52
27	70	58	60	120	-	32	62	-	92	45	-	92	45	-	32	50

Данные к задаче 7 (координаты и размеры, мм)

Таблица 6

Вариант	x_K	y_K	z_K	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	R	h
1	78	72	0	10	50	62	46	30	62	82	125	10	45	100
2	78	72	0	82	125	10	10	52	62	46	30	62	45	100
3	80	72	0	46	30	62	82	125	10	10	50	62	45	100
4	80	70	0	10	50	62	82	125	10	46	30	62	45	100
5	78	70	0	46	30	62	10	50	62	82	125	10	44	102
6	80	72	0	45	30	60	10	50	60	80	125	8	45	98
7	80	68	0	46	28	60	10	48	60	80	126	0	45	98
8	82	68	0	47	28	65	10	50	65	82	126	6	45	98
9	82	68	0	48	28	65	10	52	65	84	128	6	43	98
10	82	68	0	49	30	66	12	48	66	84	130	5	44	102
11	80	66	0	50	30	64	12	46	64	85	128	4	43	102
12	80	66	0	44	32	60	12	52	60	85	132	5	43	102
13	80	66	0	44	30	60	15	50	60	86	132	5	42	102
14	82	65	0	45	30	62	15	48	62	86	130	5	42	102
15	82	65	0	45	32	62	15	48	62	84	135	0	42	100
16	84	65	0	45	28	66	10	50	66	84	135	0	43	100
17	84	64	0	45	30	66	10	52	66	85	136	5	44	100
18	86	64	0	44	30	65	14	52	65	88	136	4	44	100

Данные к задаче 8 (Координаты и размеры, мм)

Таблица 7.

Вариант	x_K	y_K	z_K	R	h	x_E	y_E	z_E	R_1
1	80	70	0	45	100	50	70	32	35
2	80	70	0	45	100	50	70	32	30
3	80	72	0	45	100	53	72	32	32
4	80	72	0	45	100	60	72	35	35
5	70	70	0	44	102	50	70	32	32
6	75	70	0	45	98	65	70	35	35
7	75	70	0	45	98	70	70	35	35
8	75	72	0	45	98	75	72	35	35
9	75	72	0	43	98	80	72	35	35
10	75	75	0	44	102	50	75	35	35
11	80	75	0	43	102	85	75	36	36
12	80	75	0	43	102	85	75	40	35
13	80	75	0	42	102	80	75	40	35
14	80	70	0	42	102	80	70	40	32
15	80	70	0	42	100	75	70	40	32
16	70	72	0	43	100	75	72	42	32
17	70	72	0	44	100	70	72	40	32
18	70	74	0	44	100	70	74	36	32
19	70	74	0	44	98	68	74	32	34
20	75	70	0	42	98	68	70	32	36
21	75	72	0	42	95	66	72	35	35
22	75	75	0	46	95	66	75	38	32
23	80	74	0	46	96	64	75	36	32
24	80	75	0	46	96	64	75	34	34
25	80	70	0	46	97	62	70	38	32
26	80	70	0	45	97	62	70	38	34
27	80	70	0	45	102	60	70	34	34

Данные к задаче 10 (координаты и размеры, мм)

Таблица 8

Вариант	x_K	y_K	z_K	R_1	x_E	y_E	z_E	r
1	66	66	0	38	48	66	49	32
2	67	67	0	38	47	67	48	32
3	65	65	0	40	46	65	47	33
4	68	65	0	40	45	65	46	34
5	65	65	0	38	49	65	50	34
6	70	65	0	40	44	65	51	35
7	67	67	0	38	43	67	52	35
8	68	68	0	39	42	68	53	63
9	69	65	0	39	50	65	54	36
10	68	66	0	37	51	66	55	38
11	65	64	0	37	52	64	56	38
12	66	64	0	40	53	64	57	37
13	65	66	0	40	54	66	58	36
14	65	70	0	36	55	70	50	37
15	65	70	0	36	56	70	52	32
16	66	70	0	37	57	70	53	33
17	68	70	0	38	58	70	51	34
18	68	70	0	39	59	70	49	34
19	70	70	0	40	60	70	50	35
20	70	70	0	41	50	70	60	34
21	72	72	0	42	52	72	62	36
22	72	70	0	42	54	70	61	35
23	66	70	0	38	55	70	59	38
24	68	72	0	40	50	72	63	27
25	66	66	0	40	52	66	65	40
26	65	65	0	40	52	65	64	40
27	70	70	0	40	52	70	66	38

Данные к задаче 11 (координаты и размеры, мм)

Таблица 9.

Вариант	x_K	y_K	z_K	x_S	y_S	z_S	R	x_E	y_E	z_E	r
1	55	65	0	155	122	100	44	100	65	35	30
2	56	65	0	160	120	100	45	100	65	34	32
3	56	64	0	160	120	95	46	98	64	35	35
4	58	64	0	156	118	100	45	96	64	32	32
5	55	65	0	155	123	102	45	95	65	30	30
6	58	66	0	157	120	98	46	100	66	32	30
7	60	66	0	158	115	102	44	95	66	36	32
8	60	65	0	156	115	98	45	90	65	38	32
9	60	66	0	155	110	100	45	92	66	40	32
10	100	65	0	0	122	100	45	94	65	30	30
11	98	65	0	0	120	100	45	55	65	32	30
12	100	65	0	0	118	98	45	56	65	34	32
13	96	66	0	0	120	100	44	57	66	35	30
14	98	64	0	0	116	96	45	58	64	35	35
15	98	65	0	0	I15	98	45	59	65	36	30
16	100	65	0	0	114	98	44	60	65	38	34
17	102	65	0	0	112	100	45	62	65	40	35
18	100	65	0	0	110	102	45	63	65	42	34
19	55	64	0	150	122	100	44	100	64	32	32
20	56	64	0	155	120	100	45	102	64	34	30
21	54	65	0	154	118	98	45	102	65	35	30
22	57	64	0	152	120	100	45	100	65	36	32
23	58	64	0	152	115	100	46	98	64	38	30
24	60	65	0	155	116	96	44	96	65	40	32
25	62	66	0	150	114	95	45	95	66	36	30
26	60	66	0	148	115	98	45	94	66	34	30
27	62	65	0	148	120	98	45	92	65	32	30

Данные к задаче 12 (координаты и размеры, мм)

Таблица 10.

Вариант	x_K	y_K	z_K	x_E	y_E	z_E	R	δ
1	70	70	0	70	70	40	50	60
2	70	70	0	70	70	40	55	60
3	70	70	0	70	70	38	56	65
4	70	70	0	70	70	38	55	70
5	65	70	0	65	70	35	51	75
6	65	72	0	65	72	35	50	60
7	66	72	0	66	72	35	52	80
8	68	74	0	68	74	34	51	75
9	68	74	0	68	74	34	52	60
10	70	75	0	70	75	36	53	65
11	72	75	0	72	75	35	54	75
12	64	76	0	64	76	36	55	60
13	68	76	0	68	76	35	55	45
14	70	70	0	70	70	35	55	60
15	70	72	0	70	72	35	55	60
16	72	70	0	72	70	35	52	50
17	75	74	0	75	74	36	52	60
18	74	76	0	74	76	36	53	55
19	74	70	0	74	70	35	52	60
20	75	78	0	75	78	35	54	60
21	75	78	0	75	78	36	52	45
22	70	78	0	70	78	35	54	65
23	70	80	0	70	80	35	54	70
24	70	80	0	70	80	35	54	60
25	70	80	0	70	80	35	55	45
26	75	78	0	75	78	35	55	60
27	75	80	0	75	80	35	55	65

Данные к задаче 13 (координаты и размеры, мм)

Таблица 11.

Вариант	x_K	y_K	z_K	R	h	r
1	60	68	0	52	106	40
2	60	70	0	54	104	42
3	60	70	0	55	102	41
4	60	72	0	52	100	40
5	61	70	0	50	108	42
6	60	72	0	51	98	42
7	60	71	0	50	96	40
8	58	70	0	54	98	41
9	58	70	0	52	95	40
10	60	68	0	55	94	40
11	58	68	0	51	95	40
12	58	68	0	52	100	42
13	62	70	0	53	94	42
14	58	68	0	50	95	40
15	60	68	0	52	98	40
16	61	70	0	51	100	40
17	62	72	0	55	102	42
18	62	70	0	54	104	42
19	60	70	0	53	100	40
20	60	72	0	52	95	42
21	60	68	0	55	96	42
22	62	68	0	50	100	40
23	62	68	0	51	102	40
24	62	68	0	51	108	40
25	60	70	0	52	106	42
26	60	70	0	54	104	40
27	60	70	0	55	100	40

Литература

1. Богданов В.Н., Малежик А. П., Верхола А.П. и др. Справочное руководство по черчению.- М.: Машиностроение, 1989. - 864с.

2. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. - М.: Наука, 1988. – 272 с.

3. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. - М.: Издательство стандартов, 1991. – 236 с.

4. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 121с.

5. Фролов С. А., Бубенников А.В., Левицкий В.С., Овчинникова И.С. Начертательная геометрия и черчение: Методические указания и контрольные задания для студентов - заочников инженерно-технических специальностей вузов. - М.: Высшая школа, 1982. – 88 с.

ЧАСТЬ II
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Введение

Во втором семестре первого курса по дисциплинам "Инженерная графика» и "Начертательная геометрия" предусматривается изучение курса машиностроительного черчения и горной графики, имеющей свою специфику.

Во втором семестре студенты выполняют две контрольные работы №4, №5 и курсовую работу, которая отражает характерные особенности графической документации выбранной специальности.

Выполнить контрольные работы нужно по вариантам заданий, которые даны в таблицах и на рисунках приложения к тексту. При выполнении работ нужно обязательно использовать рекомендуемую литературу по машиностроительному черчению последних лет издания. Тема – чтение и деталирование чертежа общего вида, и курсовая работа выдается на кафедре в период установочных лекций.

Все графические работы оформляются на листах чертежной бумаги стандартного формата. Основная надпись выполняется по форме I по образцу приложения 1. Текстовые документы оформляются на листах формата А4 по образцу приложения 2 с основной надписью по форме 2. Детальные требования по оформлению графических документов (чертежей) содержатся в литературе [1, 2. 3, 4, 5], приведенной в конце пособия. Можно пользоваться любым из приведенных источников или других, доступных студенту.

При выполнении аксонометрических проекций на чертежах нужно проекции окружности (эллипсы) заменить на циркульные четырехцентровые овалы, построение которых приведено в приложении 3.

Студенты, обучающиеся по направлению 150400 "Технологические машины и оборудование", имеющие шифр специальности ГМК, ГРМ, ГЭМ, АСГ выполняют полностью контрольные работы №4 и №5, тема 9, и задание на курсовую работу выдается студенту на сессии.

Студенты, обучающиеся по направлению 130400 - 'Горное дело (ПРМ, ШС; МД, ОГР, ОПИ), во втором семестре выполняют из контрольной работы №4 темы: 1, 2 и 3; из контрольной работы №5 – темы 6 и 7, тема 9 и 10 выдается студенту на сессии.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №4

Для выполнения контрольной работы №4 нужно основательно изучить ГОСТ 2.305.68. Этот стандарт можно найти в сборнике ЕСКД (Единая система конструкторской документации) "Общие правила выполнения чертежей" [4] или воспользоваться соответствующим разделом в учебниках по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Контрольная работа №4 состоит из, пяти тем:

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному изображению.

Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию.

Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений.

Тема 4. Построение линий среза.

Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей.

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному наглядному изображению

Задание по теме и порядок выполнения:

1. Изучить ГОСТ 2.305.68 "Изображение - виды, разрезы, сечения".

2. Познакомиться с примером выполнения и индивидуальным заданием по теме (рис. 1).

3. Внимательно изучить конструкцию индивидуального примера геометрического тела согласно своему варианту. Мысленно произвести геометрический анализ заданного геометрического тепа, то есть определить, из каких элементарных геометрических тел состоит деталь: параллелепипед, призма, цилиндр и т.п.

4. Определить главное изображение детали (вид спереди), которое должно давать наиболее адекватное представление о конструкции детали и, соответственно, вид сверху и вид слева.

5. На листе чертежной бумаги построить формат А3, рамку чертежа, основную надпись по форме 1 (см. приложение 1). Рабочее поле чертежа разбить на зоны главного вида, вида сверху и вида слева пропорционально габаритам этих изображений.

6. По заданным размерам в масштабе 1:1 построить в тонких линиях изображения видов детали, невидимые линии на чертеже не изображать.

7. Нанести все необходимые выносные и размерные линии, изучив ГОСТ 2.307-68 [4], проставив размерные числа.

8. Линии видимого контура на изображениях, рамку чертежа и соответствующие линии в основной надписи по форме 1 обвести толстой сплошной линией толщиной 0,6- 0,7 мм, сплошные тонкие линии - 0,2 - 0,3 мм.

9. Основную надпись заполнить чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-68 [4].

Чертеж выполняется карандашом, приведенная последовательность операций по выполнению чертежа является универсальной, то есть все остальные чертежи контрольных работ по черчению нужно выполнять, придерживаясь этой схемы.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите название шести основных видов и укажите, как они располагаются на чертеже.

2. Дайте определение дополнительного вида. Как обозначается дополнительный вид? В каких случаях допускается дополнительный вид не обозначать?

3. Дайте ответ по схеме 2-го вопроса для местного вида.

Задание по теме 1 дано на рис. 16 приложения 4, образец выполнения задания по теме 1 на рис. 1.

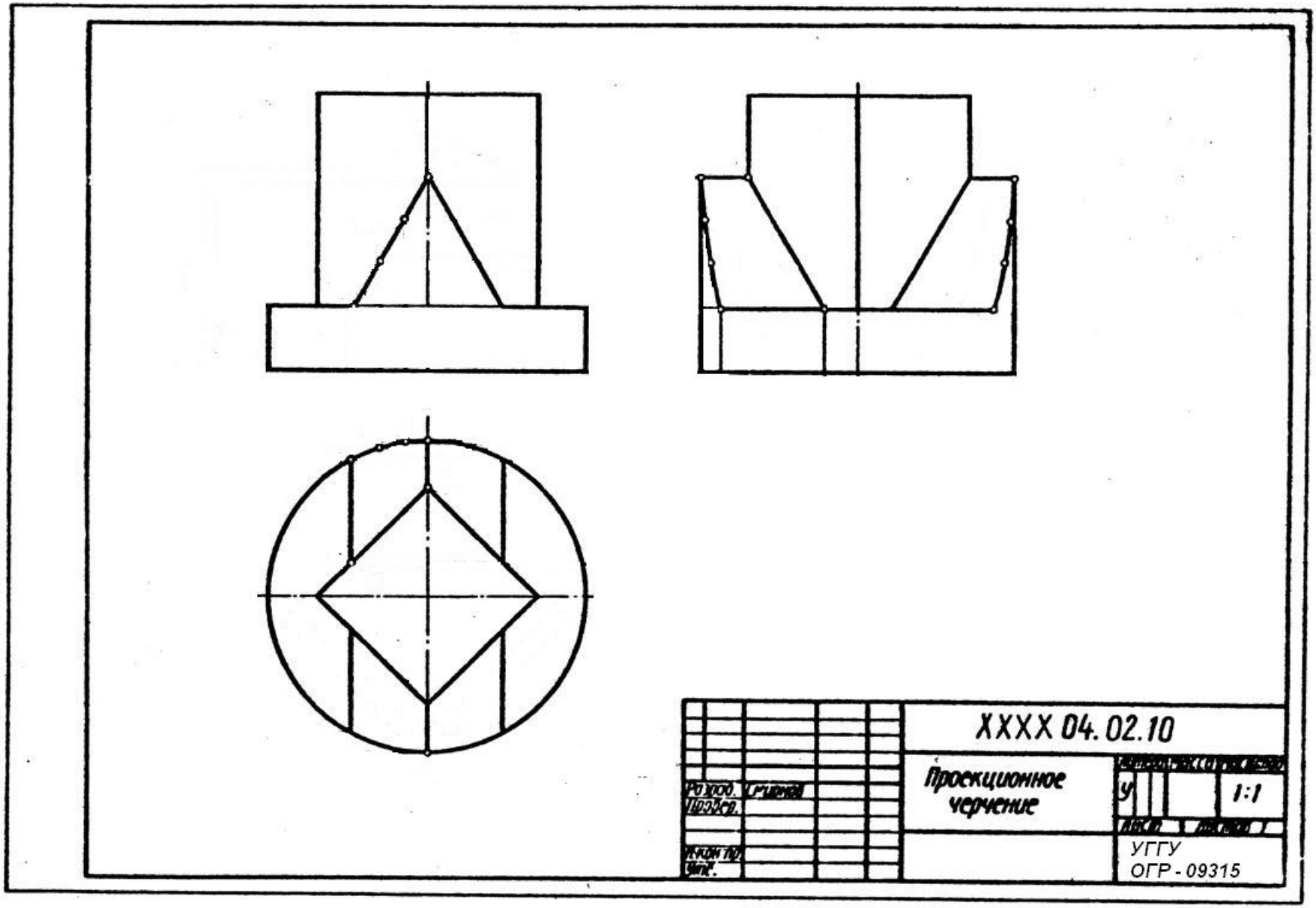


Рис. 1

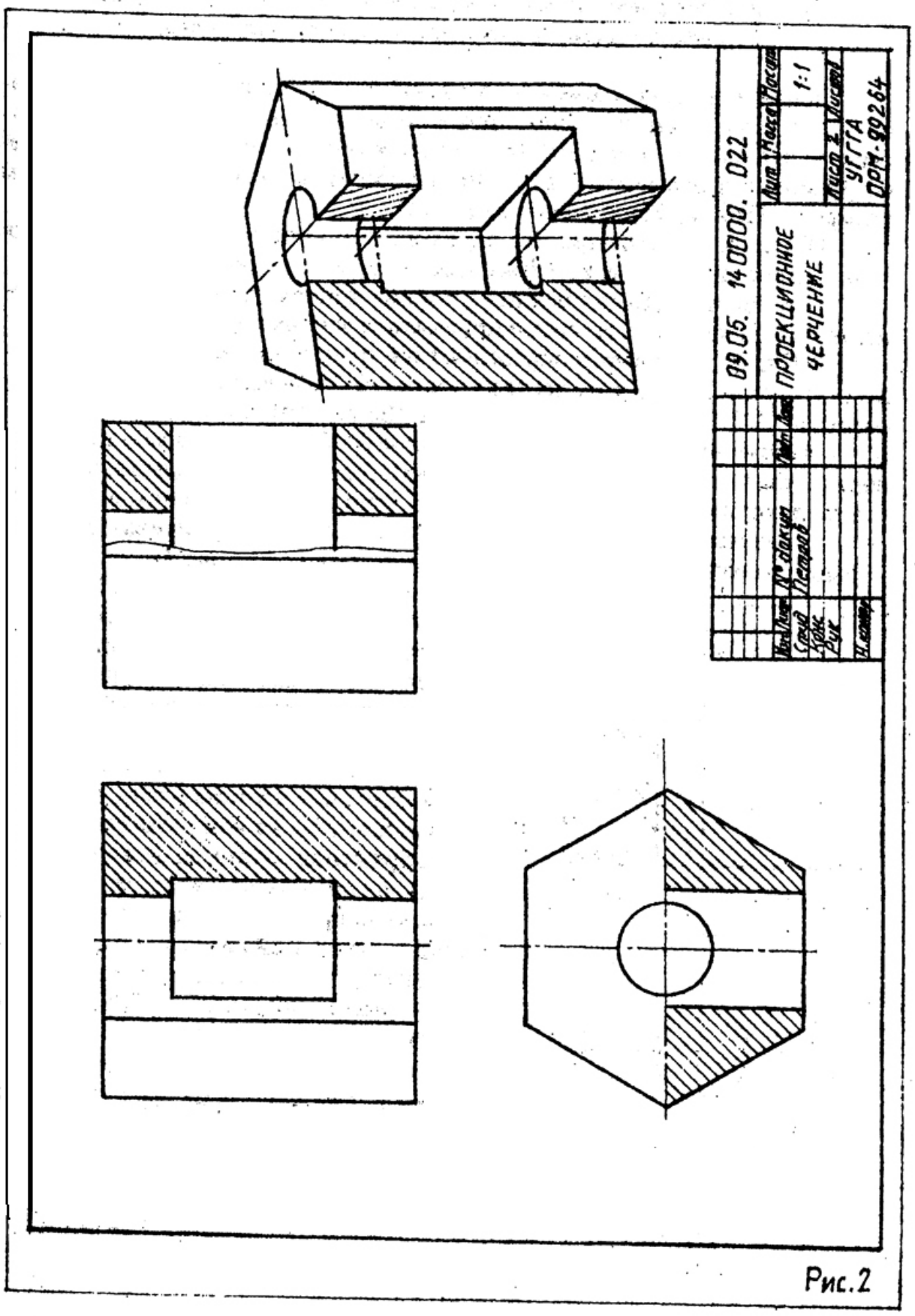


Рис.2

Тема 2. *Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию.*

Задание по теме 2 выбирается в таблице 1 (приложение 5) по варианту, это геометрическое тело с двумя отверстиями. Цилиндрическое отверстие задается в таблице 1 (см. приложение 5), сквозной призматический вырез определяется по варианту в таблице 2 и строится по заданным размерам. Пример выполнения - на рис. 2.

Порядок выполнения. Все операции по построению чертежа аналогичны изложенным в первой теме. Дополнительные рекомендации:

1. На чертеже, выполненном в тонких линиях, на всех видах построить цилиндрическое отверстие и призматический вырез.

2. Отверстие и вырез определяют внутреннее строение вычерчиваемой детали, которое на чертеже должно быть выявлено с помощью разрезов (ГОСТ 2.305-68). Если деталь обладает плоскостью симметрии, то на чертеже нужно строить совмещенное изображение, то есть половину вида (слева) и половину разреза (справа). Вид и разрез разделяются тонкой штрихпунктирной линией. В случае, если раздел половины вида и половины разреза совпадают с ребром детали, разрез ограничивают линией обрыва (тонкой сплошной слегка волнистой линией) (рис. 3*)*.

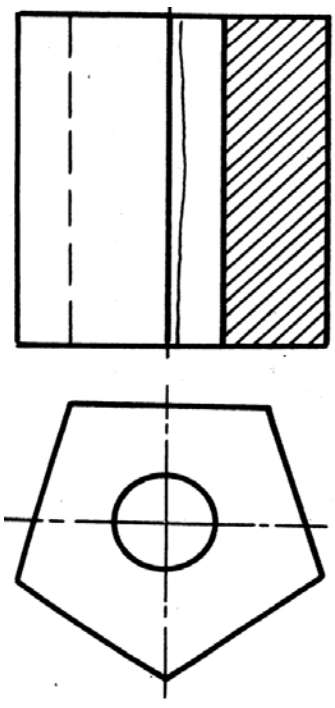


Рис. 3

3. Размеры в соответствии с ГОСТ 2.307-68. Нужно проследить, чтобы размеров было необходимое и достаточное число для изготовления детали, повторение размеров одного элемента на чертеже недопустимо.

4. Чертеж выполняется на формате А3. Рабочее поле чертежа нужно организовать так, чтобы на нем разместились три изображения заданной детали и прямоугольная диметрическая проекция, как показано на примере выполнения. Эллипсы в прямоугольной диметрии рекомендуется заменять четырехцентровыми овалами (см. приложение 3). Штриховка в разрезах производится под углом 45°, считаем, что деталь выполнена из металла. Схема штриховки приводится на образце выполнения примера (см. рис. 3).

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение разреза.

2. Для чего применяются разрезы?

3. Перечислить простые разрезы. Когда их необходимо обозначать на чертеже? В каких случаях обозначение простых разрезов не нужно?

4. Какие разрезы называются сложными?.

5. Как. на чертеже обозначается секущая плоскость, определяющая сложный разрез?

6. Как наносится штриховка на разрезе детали?

Тема 3. *Построение трех изображении по двум данным.*

Выполнение разрезов и сечений

Задание по теме 3. Построить третье изображение на чертеже (формат А3) по заданным размерам. Вскрыть внутреннее строение детали с помощью разрезов. Построить сечение детали заданной наклонной плоскостью. Построить наглядное изображение детали в прямоугольной изометрической проекции. Варианты задания даны в приложении 6.

Порядок выполнения. Последовательность построения чертежа изложена в теме 1.

Выполнение разрезов должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.305-68. Информация на чертеже должна быть минимальной, но достаточной, то есть один и тот же элемент изображать дважды в разрезах не имеет смысла. Нанесение на чертеже линий невидимого контура допускается в редчайших случаях, причем штриховые линии и контуры не несут на чертеже метрической информации.

После решения всех вопросов на чертеже (рис. 4) в трех проекциях строится наклонное сечение детали. Компоновку чертежа на начальном этапе нужно вести с учетом размещения на рабочем поле чертежа наклонного сечения. Наклонное выносное сечение нужно заштриховать в соответствии с требованиями ГОСТ 2.306-68 [4].

На отдельном формате А3 нужно построить наглядное изображение . детали в прямоугольной изометрической проекции. Эллипсы заменить овалами (см. приложение 3). Разрез в аксонометрии не должен вскрывать полностью внутреннее строение детали, и величина выреза не должна превышать четверти объема детали. Штриховка в аксонометрии выполняется по схеме, показанной на образце (рис. 5).

Вопросы для самопроверки

1. В каком случае не обозначаются разрезы на чертежах?

2. Что такое местный разрез и в каких случаях употребляются местные разрезы?

3. Что такое сечение и какие бывают сечения?

4. Как обозначаются сечения? .

5. Какими линиями обводятся контуры сечений?

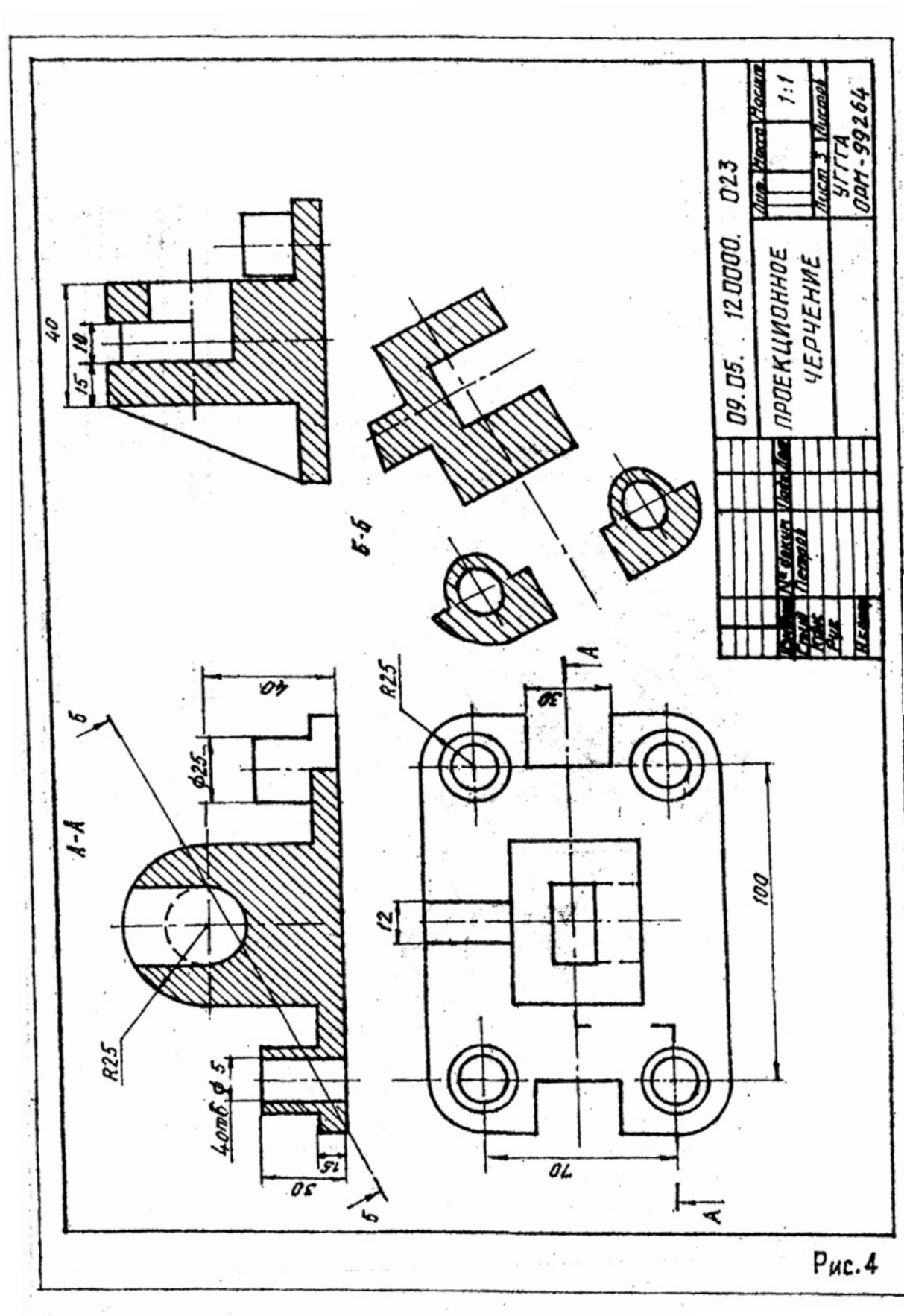

09.05. 120000. 023
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГГГА
ОРМ-99264
А-А
Б-Б
R25
Ф25
40
30
15
10
12
100
70
4отв. Ф5
Рис.4

Рис. 4

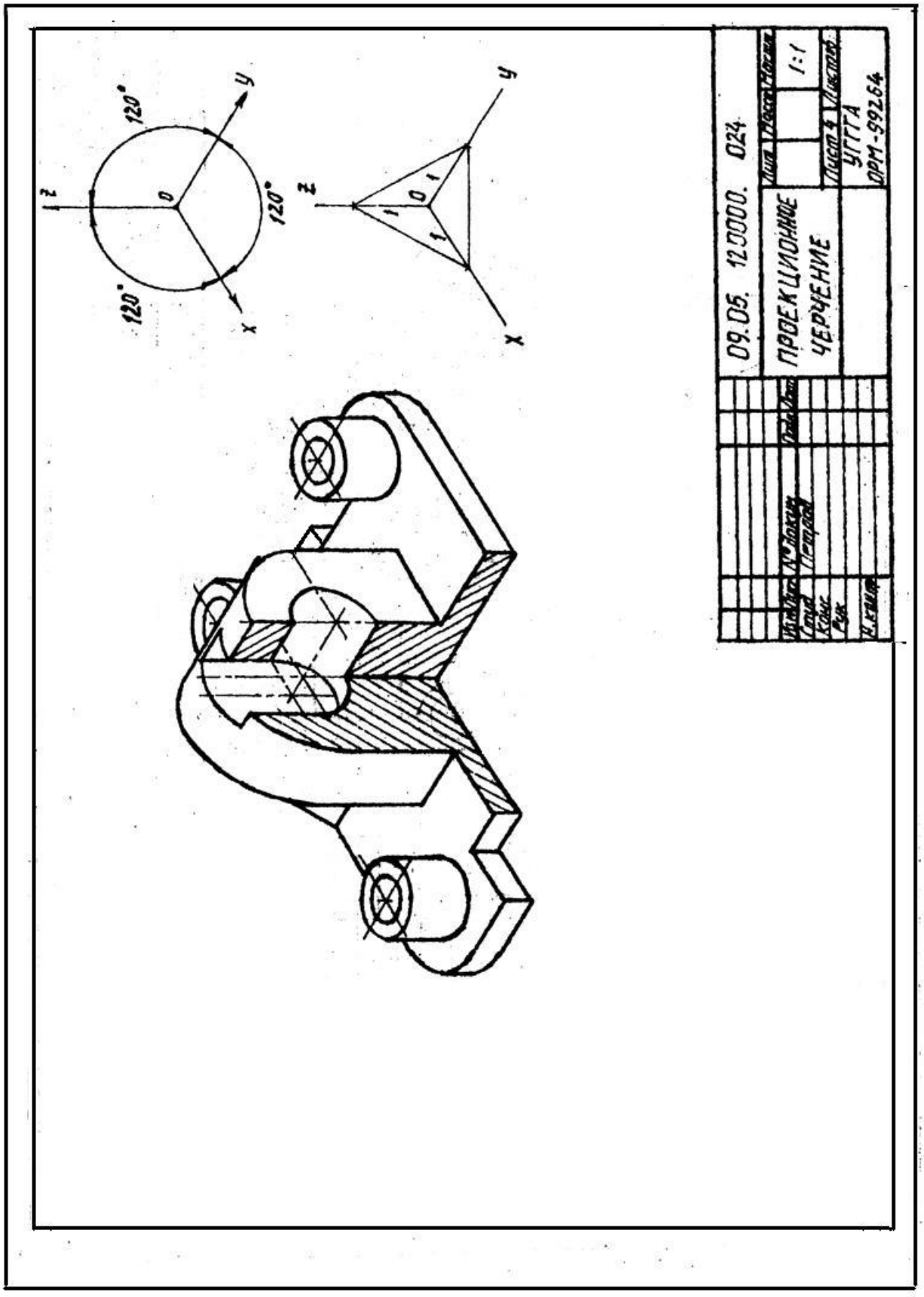

z
y
x
120°
120°
120°
0
1
1
1
09.05. 123000. 024
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГТГА
ОРМ-99264

Рис. 5

Тема 4. *Построение линии «среза»*

Задание по теме 4. Построить три изображения детали, которая имеет сложную форму поверхности вращения, срезанную двумя параллельными плоскостями. Линия пересечения поверхности вращения секущей плоскостью и является предметом решения поставленной задачи (см. пример выполнения задания, рис. 6). Индивидуальные задания. по вариантам даются в приложении 7. Работа выполняется на листе формата А3 карандашом.

Порядок выполнения:

1. На формате А3 построить три проекции заданного геометрического тела в тонких линиях, обозначить секущие плоскости.

2. Поверхности (наружную и внутреннюю) геометрического тела на главном виде разграничить тонкими, сплошными линиями на элементарные геометрические поверхности (см. пример выполнения).

Окружность R 25, вращаясь вокруг оси вращения тела, образует поверхность тора шириной 18 *мм.* Следующая поверхность - цилиндр с прямой образующей, параллельной оси вращения детали. Длина образующей определяется построением и зависит от положения центра сферы (размер 30) на оси. Сфера R65 плавно сопряжена с предыдущим цилиндром, правая граница сферы R65 определяется точкой сопряжения образующих окружностей R65 и R20, последняя, вращаясь вокруг оси детали, образует поверхность тора, которая плавно переходит в поверхность цилиндра с образующей - касателъной в нижней точке окружности R20.

Наружная поверхность заканчивается поверхностью конуса длиной 30 мм и диаметром 40 мм меньшего основания: Аналогично проанализировать внутреннюю поверхность детали.

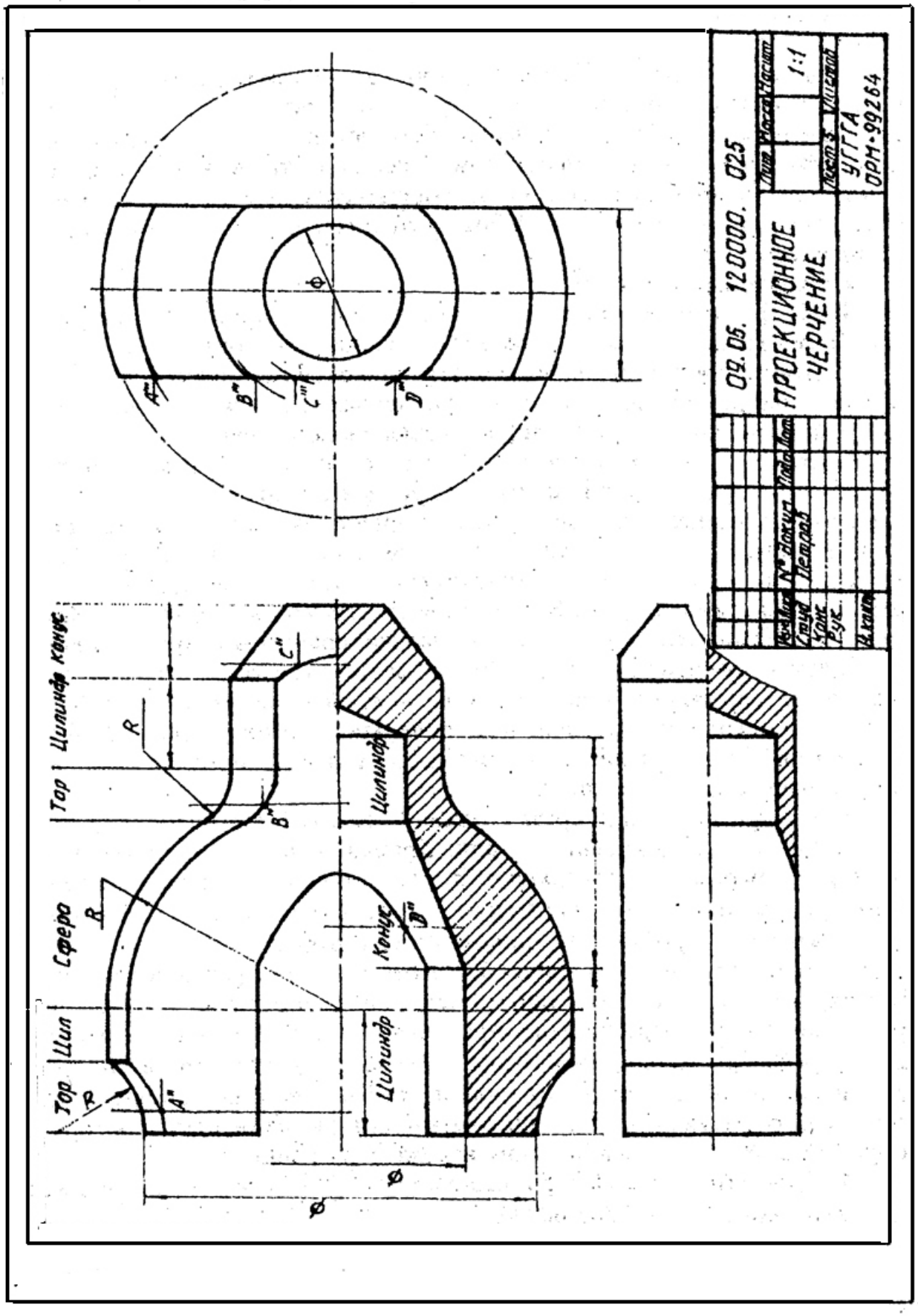

09.05. 120000. 025
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
УГТГА ОРН-99264
1:1
Тор
Цилиндр конус
Сфера
Цилиндр
Конус
Ø

Рис. 6

3. Построение линии среза. Деталь "срезана'" плоскостями ***Q*** и ***T***, параллельными оси вращения детали. Кривая линия, по которой плоскости ***Q*** и ***T*** пересекают поверхность тора, строится как множество точек ***A*** (на примере построена одна точка). Точка ***A*** определяется с помощью вспомогательной профильной плоскости ***Z,*** которая пересекает поверхность тора по окружности радиуса R_1, пересечение профильной проекции этой окружности со следами плоскостей ***Q*** и ***T*** определяет профильную проекцию точки ***A,*** фронтальная проекция которой отмечается на следе плоскости ***E***. Три, четыре такие точки обеспечат удовлетворительное построение искомой кривой линии, цилиндр пересекается плоскостями ***Q*** и ***T*** по прямой образующей, сфера – по окружности, линия пересечения тора и конуса строится по точкам методом, изложенным выше.

4. Провести выносные и размерные линии, нанести размерные числа в соответствии с ГОСТ 2.307-68 [4].

5. Контуры детали обвести сплошной основной линией, штриховку выполнить тонкой сплошной линией под углом 45° к горизонту. Надписи на чертеже и в основной надписи выполнить чертежным шрифтом.

Тема 5. *Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей*

Задание по теме 5. Строятся три изображения заданной детали по размерам на формате А3 карандашом, выполняются необходимые разрезы, вскрывающие внутреннее строение детали, и строятся линии пересечения формообразующих поверхностей. Варианты задания с исходными данными - на рис. 19 (см. приложение 8). Пример выполнения - на рис. 7.

Порядок выполнения:

1. В тонких линиях на формате А3 по заданным размерам построить три изображения детали, вскрыть с помощью разрезов внутреннее строение детали.

2. Определить вид и форму пересекающихся, формообразующих поверхностей и выбрать метод решения задачи. Из курса начертательной геометрии (часть 1) известно, что линия пересечения двух кривых поверхностей строится с помощью вспомогательных секущих поверхностей-посредников. В качестве таких поверхностей можно использовать плоскости, сферические концентрические или эксцентрические поверхности.

3. Построение линии перехода или линии пересечения поверхностей осуществляется по единому алгоритму, изложенному в первой части настоящей работы в теме 3.

4. После построения линий перехода чертеж оформляется по порядку, изложенному в предыдущих темах, то есть выполняется штриховка на разрезах, обводятся видимые контуры детали, проставляются размеры, выполняются необходимые надписи на чертеже, строится рамка чертежа и оформляется основная надпись.

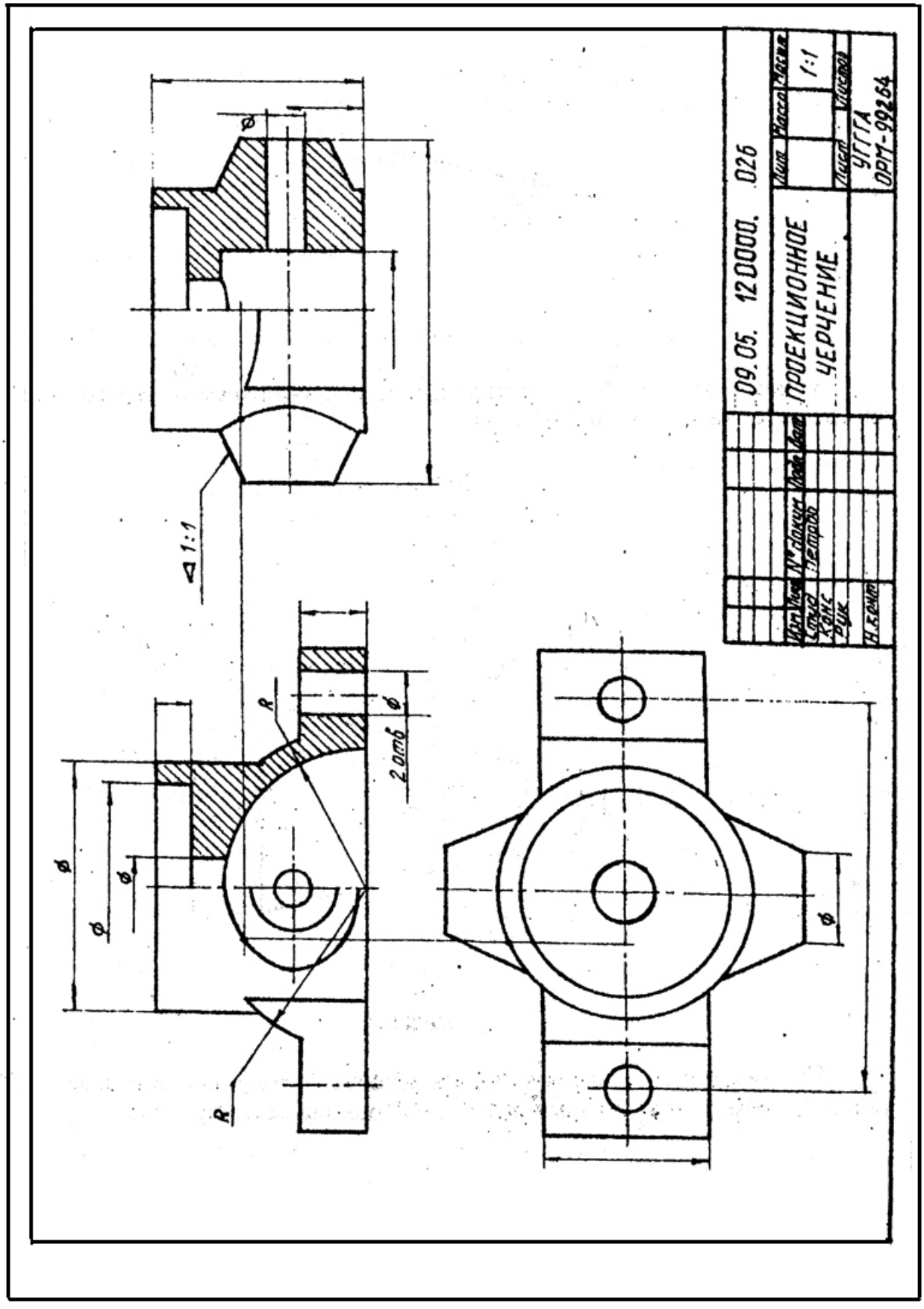

09.05. 120000. 026
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГГГА
ОРМ-99264
1:1
2 отв
R
R

Рис. 7

Дополнительные сведения. При построении машиностроительных чертежей часто приходится строить уклоны, конусности, фаски [2, 3, 5]. Уклон прямой линии (рис. 8), или уклон плоскости, - это характеристика . пространственного положения прямой или плоскости, другими словами, это положение прямой или плоскости относительно другой прямой или плоскости , как правило, горизонтальных или вертикальных. Уклон - это отношение, выражающееся формулой

$$tg\ \alpha = BC/AC = 1{:}4.$$

В численном выражении уклон в числителе имеет единицу, знаменатель, как правило, - целое число. В машиностроении уклоны нормализованы. Это значит, что в справочниках по машиностроению и конструированию можно найти рекомендуемые значения уклонов.

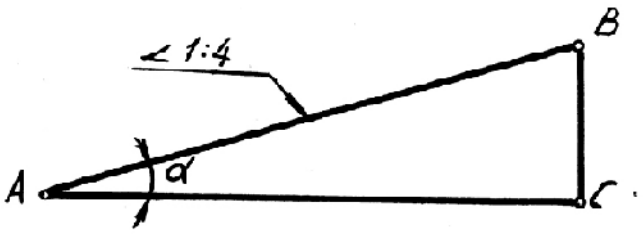


Рис 8

Конусность (рис. 9) – это характеристика конической поверхности, определяется также в виде отношения

$$2tg\ \alpha = (D-d)/L$$

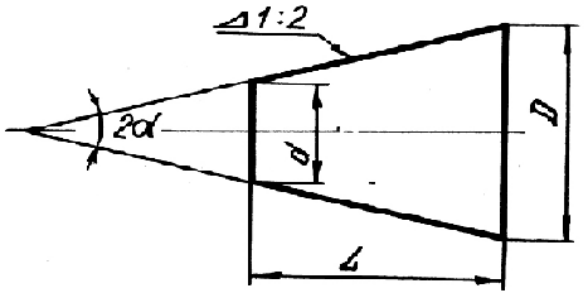


Рис 9

Рекомендуемые к использованию величины конусностей так же, как клоны, нормализованы и содержатся в справочной литературе.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №5

В контрольную работу № 5 входят следующие темы:

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение]крепежных деталей.

Тема 7. Составление эскизов деталей машин.

Тема 8. выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия.

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия.

Тема 6. *Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей*

Очень важным моментом для построения графических документов является правильное и грамотное, основанное на существующих стандартах изображение соединений деталей.

Машины и механизмы состоят из деталей. определенным образом соединенных и взаимодействующих между собой. Для изображения характера соединений и взаимодействий в машиностроительном черчении изучается раздел «Условности изображения соединений деталей машин и элементов соединений». Эти сведения содержатся в сборнике ЕСКД [4] в ГОСТ 2.311-68 - ГОСТ 2.315-68. и в любой учебной литературе по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Соединения деталей между собой могут быть разъемными и неразъемными. К неразъемным соединениям относятся: сварка, клепаные соединения, пайка, склеивание и сшивание деталей различными крепящими деталями (скобы, гвозди, нити и т.д.). Специальной графической работы по теме неразъемных соединений в контрольной работе не предусматривается, но эту тему студент должен изучить по литературе. Знание этой темы потребуется при выполнении темы 9 «Чтение и деталировка чертежа общего вида», в которой могут встречаться неразъемные соединения.

Изображение резьб и резьбовых соединении

Резьбовые соединения деталей - это наиболее обширный класс разъемных соединений. Элементом соединения является резьба, которая образуется перемещением плоской фигуры (профиля резьбы). по винтовой траектории по цилиндрической или конической поверхности. Ось направляющей поверхности одновременно является осью резьбы. Перемещение профиля по винтовой линии на угол 360° определяет виток, перемещение профиля резьбы при этом параллельно оси резьбы называется ходом рсзьбы. Резьба, образованная движением по винтовой линии профиля А, образует однозаходную резьбу, профиль Б даст двухзаходную резьбу, профиль В ~ трехзаходную и т. д. (рис. 10).

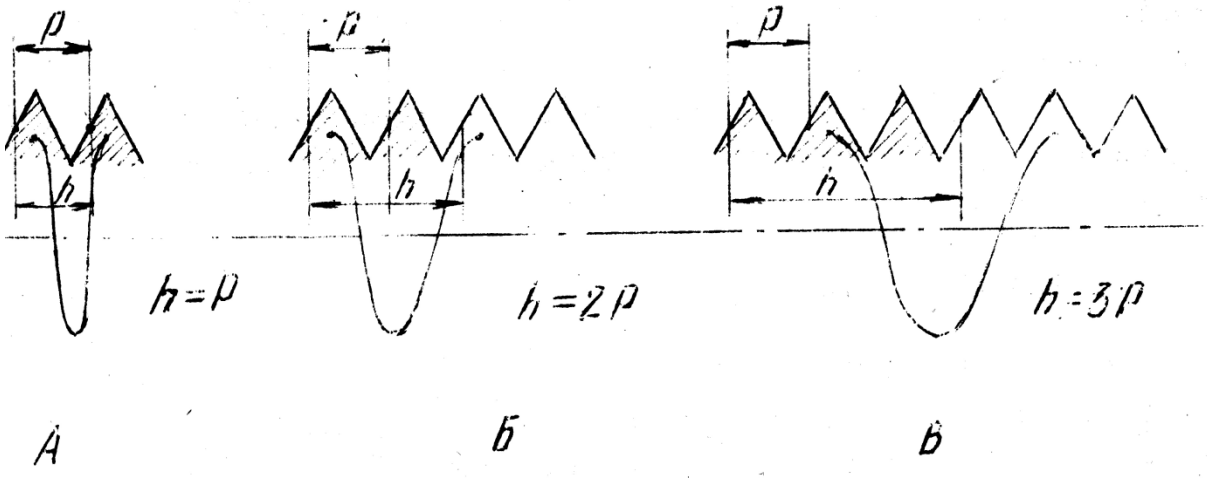


Рис. 10.

Шаг резьбы обозначается Р и определяется расстоянием между точками одноименных боковых сторон профиля по направлению оси резьбы. Соотношения между ходом и шагом резьбы приведены на рис. 10. Резьба может быть правой или левой, у левой резьбы вращение против часовой стрелки и в обозначении ставятся латинские буквы LH (ГОСТ 8724-81 «Резьба метрическая, диаметры и шаги»). Длина резьбы включает сбег резьбы и фаску. Сбег - резьба неполного профиля, получающаяся при выходе режущего инструмента, на чертежах, как правило, указывают длину резьбы только полного профиля.

Резьбы стандартные и нестандартные чертеже изображаются одинаково. На стержне наружная резьба изображается тонкой сплошной линией по внутреннему диаметру, наружный диаметр проводится сплошной основной линией. В отверстии резьба по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией, а по внутреннему - сплошной основной. На виде по направлению оси резьбы на стержне резьба изображается по внутреннему диаметру разомкнутой сплошной тонкой линией, в отверстии - тонкой сплошной разомкнутой линией проводится наружный диаметр резьбы. Граница резьбы полного профиля проводится сплошной основной линией. Расстояние между сплошной основной и тонкой линиями на изображении резьбы должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Изображение резьбовых соединений на чертеже имеет принципиальное значение и выполняется по следующему правилу:

- деталь, :которая ввертывается (деталь системы болт), изображается в системе полностью без каких-либо искажений, и на ней изображается резьба;

- деталь, в которую ввертывается (деталь системы гайка), изображается не полностью, а только части ее, видные за пределами детали системы болта.

Обозначение резьб

Каждый тип резьбы имеет условное буквенное обозначение: М - метрическая, Tr - 'трапецеидальная, G - трубная цилиндрическая, R - трубная коническая, К - коническая, S - упорная и т. д. В обозначении резьбы, кроме трубной и конической, входит номинальный наружный диаметр (наружный диаметр резьбы на стержне), шаг резьбы, число заходов резьбы, поле допуска и т.д.

М - *метрическая резьба, примеры обозначений*'

М 24 - метрическая резьба с крупным шагом (ГОСТ 9150-81).

М 16×1,5 - метрическая резьба с мелким шагом.

М 30×4,5 (Р 1,5) - метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм, ходом 4,5 мм и шагом 1,5 мм.

М 30×4,5 (Р 1,5) LH –то же для левой резьбы.

Tr- *трапецеидальная резьба*

В технической документации можно встретить старое обозначение трапецеидальной резьбы, поэтому есть смысл привести пример: Трап 16×2 ГОСТ 9484-71. В современной документации нужно пользоваться следующим обозначением трапецеидальной резьбы:

Tr 16×2, Tr 80×30 (P15).

S **-** *упорная резьба*.

Старое обозначение упорной резьбы: Уп24 ×10 ГОСТ 10177 -62, новое обозначение упорной резьбы: S 24×10.

Трубная цилиндрическая и коническая резьба обозначается условно размером в дюймах (1″=25,4 мм), равным диаметру условного прохода трубы D_y . Шаг резьбы в обозначение не ставится. Старое обозначение: Труб $1^1/_2$″ кл. В. Новое обозначение:

G $1^1/_2$- В ~ трубная цилиндрическая резьба;

R $1^1/_2$ -В - трубная коническая резьба на трубе (наружная);

Rc $1^1/_2$″ -В - трубная коническая резьба на фитинге (внутренняя);

В(А) - класс точности изготовления трубной резьбы.

Задание по теме 6.

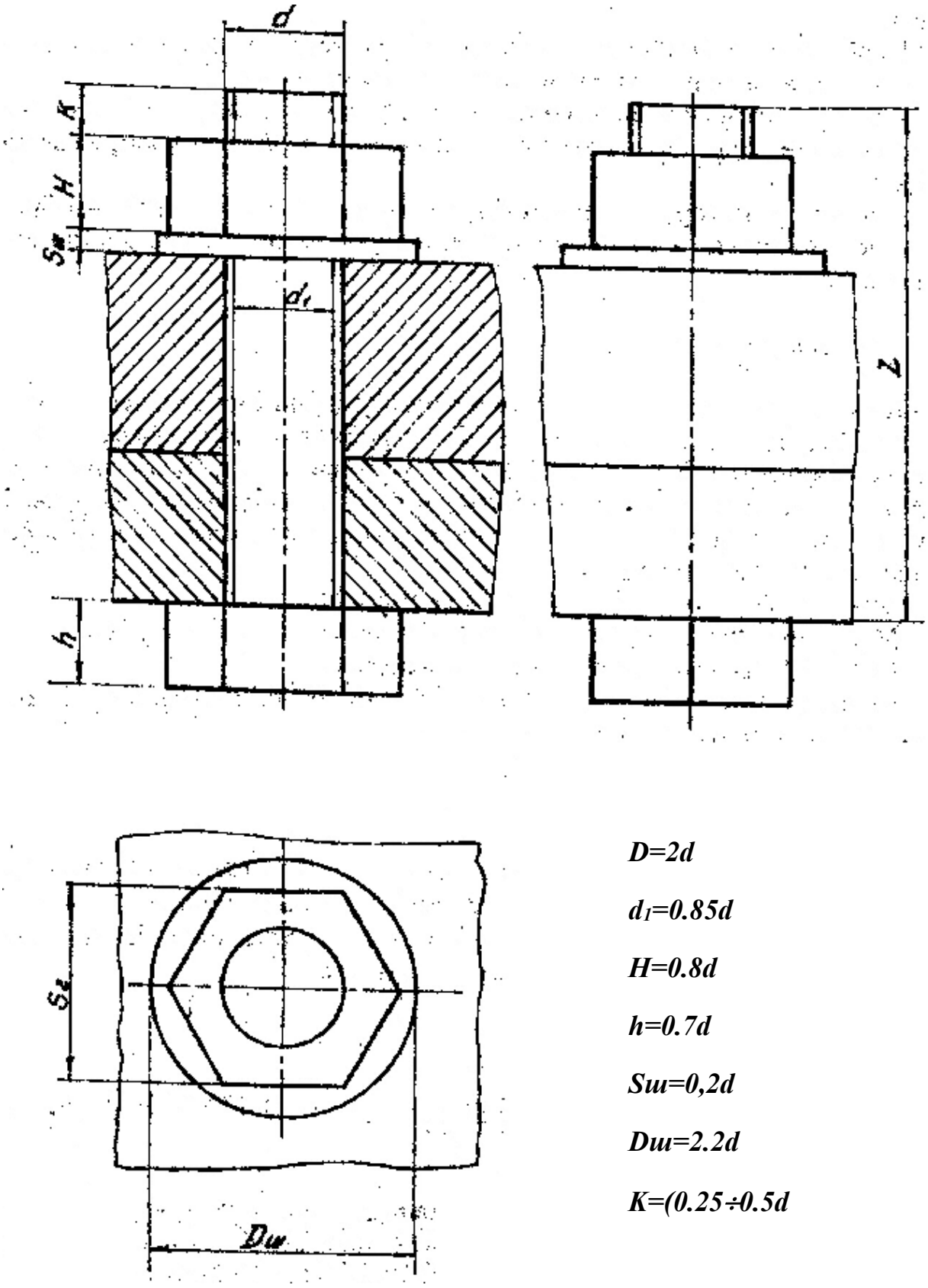
Вычертить~ на листе формата А3:

1) болт, гайку, шайбу, шплинт, если болт имеет отверстие под шплинт по действительным размерам, которые нужно взять из стандартов в таблице задания по теме;

2) упрощенное изображение болтового соединения (пример и расчетные формулы на рис. 11);

3) гнездо под резьбу, гнездо с резьбой, отдельно шпильку и соединение двух деталей шпилькой по их действительным размерам из стандартов в таблице задания.

Варианты заданий даны в таблицах приложения 9.



D=2d

d_1=0.85d

H=0.8d

h=0.7d

Sш=0,2d

Dш=2.2d

K=(0.25÷0.5d

Рис. 11

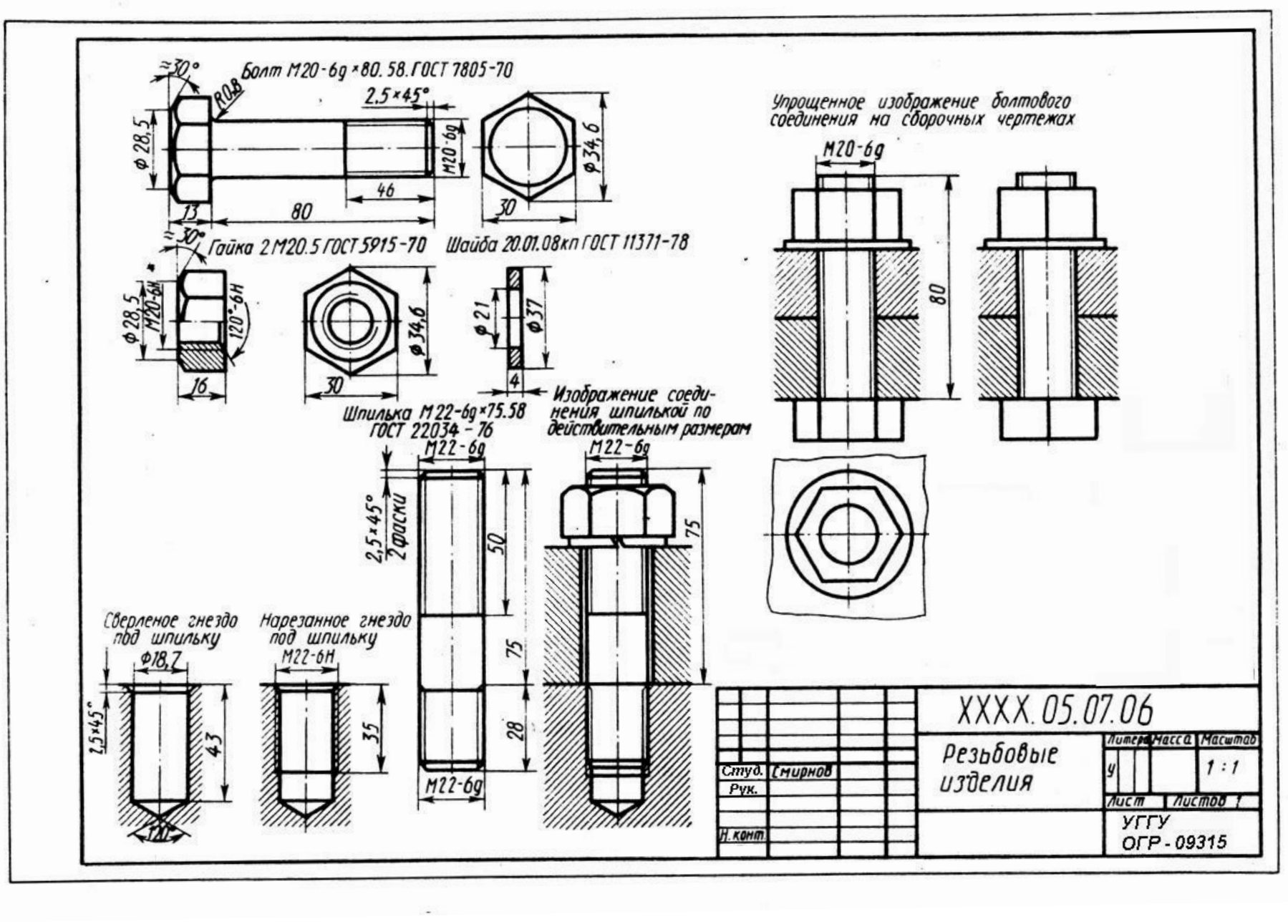

Болт М20-6g×80.58.ГОСТ 7805-70
Гайка 2М20.5 ГОСТ 5915-70
Шайба 20.01.08кп ГОСТ 11371-78
Шпилька М22-6g×75.58 ГОСТ 22034-76
Изображение соединения шпилькой по действительным размерам
Упрощенное изображение болтового соединения на сборочных чертежах
Сверленое гнездо под шпильку
Нарезанное гнездо под шпильку
XXXX.05.07.06
Резьбовые изделия
Студ. Смирнов
Рук.
Н.конт.
Литера
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
УГГУ
ОГР-09315

Рис. 12

Чертежи выполняются карандашом на листе формата А3. Надписи, обозначения и размеры по примеру выполнения задания рис. 12.

Примечания:

1) при наличии у болта отверстия под шплинт размеры шплинта подбирают по ГОСТ 397-79;

2).если в графе исполнения стоит прочерк, то это означает, что изделие изготавливается в единственном исполнении;

3) если в шпилечном соединении прорезная или корончатая гайка, то при вычерчивании конец шпильки должен выступать над гайкой не более чем на 3-5 мм, шплинт по ГОСТ 397-79;

4) диаметр отверстия под резьбу взять равным приблизительно 0,85d (d - наружный диаметр шпильки).

Тема 7. *Составление эскизов деталей машин*

Тема эскизирования деталей машин для инженеров имеет очень большое значение. Эскиз - это графический документ - чертеж временного характера, выполненный от руки. С примерным соблюдением пропорций элементов детали. Эскиз оформляется как рабочий чертеж, то есть эскиз может использоваться для изготовления детали в условиях производственных мастерских. Таким образом, инженер, работающий на эксплуатации машин и механизмов, должен обладать безукоризненной техникой эскизирования, чтобы в процессе работы в случае поломки какой-либо детали он мог оперативно изготовить эскиз этой детали и организовать ее изготовление. Инженер, работающий в проектной или конструкторской организации, весь процесс конструирования ведет в эскизной форме, и только на конечном этапе делается чертеж проектируемого изделия.

Порядок составления эскиза детали:

1) изучается деталь, эскиз которой нужно построитъ; выявляются геометрические формообразующие поверхности, их взаимное расположение, характер линий перехода поверхностей, линий среза (тема 4 и 5, КР №);

2) обоснованно выбирается главный вид детали и остальные необходимые виды, решается вопрос выполнения разрезов и сечений для выявления внутреннего строения детали;

3) в зависимости от предполагаемого количества изображений выбирается формат для эскиза, рамка чертежа и контур основной надписи проводятся от рукн (заполнение основной надписи проводится на конечном этапе после оформления чертежа);

4) рабочее поле чертежа делится на пропорциональные зоны выбранных изображений, для этого нужно выявить примерные соотношения габаритов детали - длины, высоты, ширины (рис. 13);

5) если деталь обладает осями и плоскостями симметрии, на чертеже нужно нанести оси тонкими urrрихпунктирными линиями (см. рис. 13);

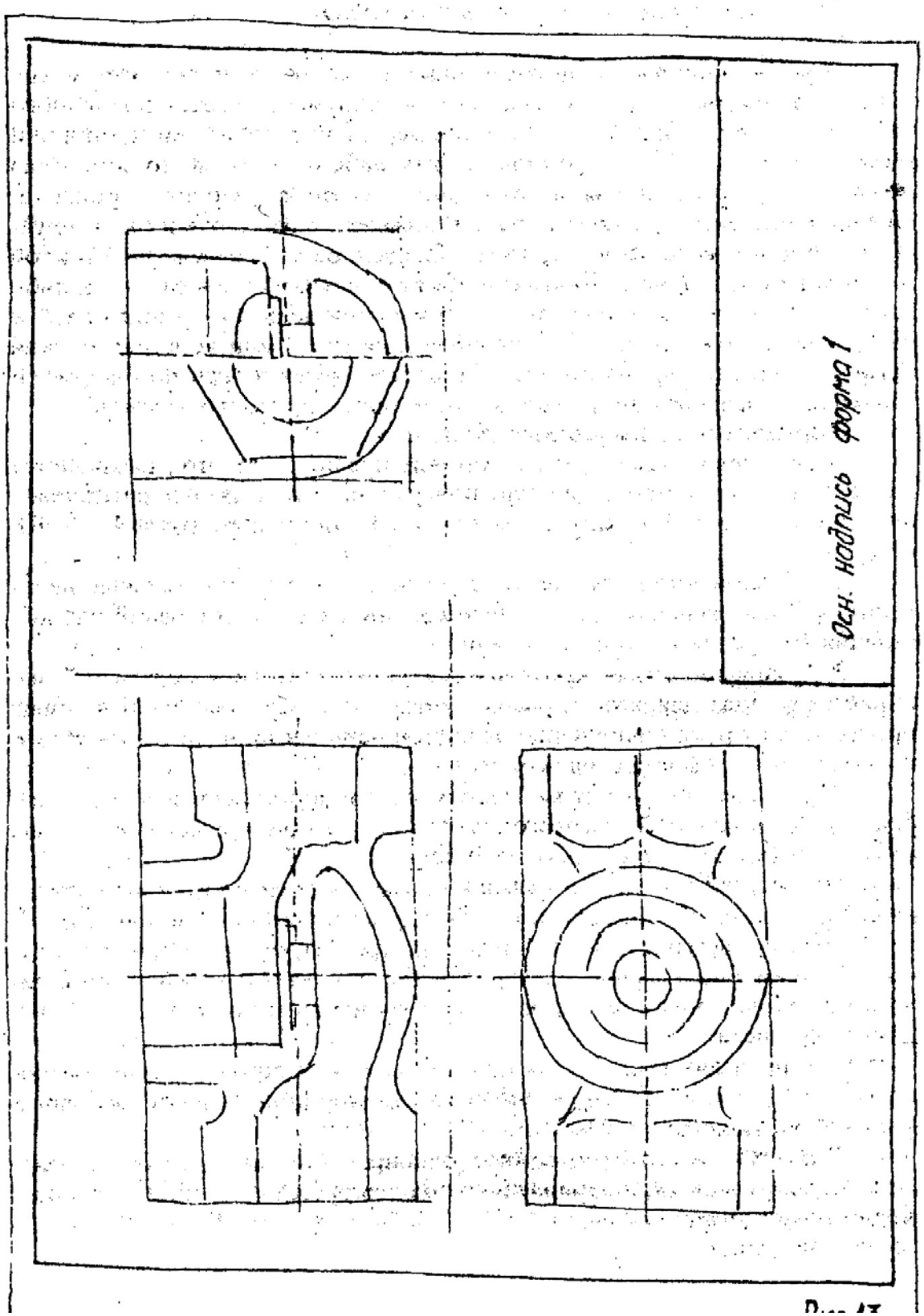


Рис. 13

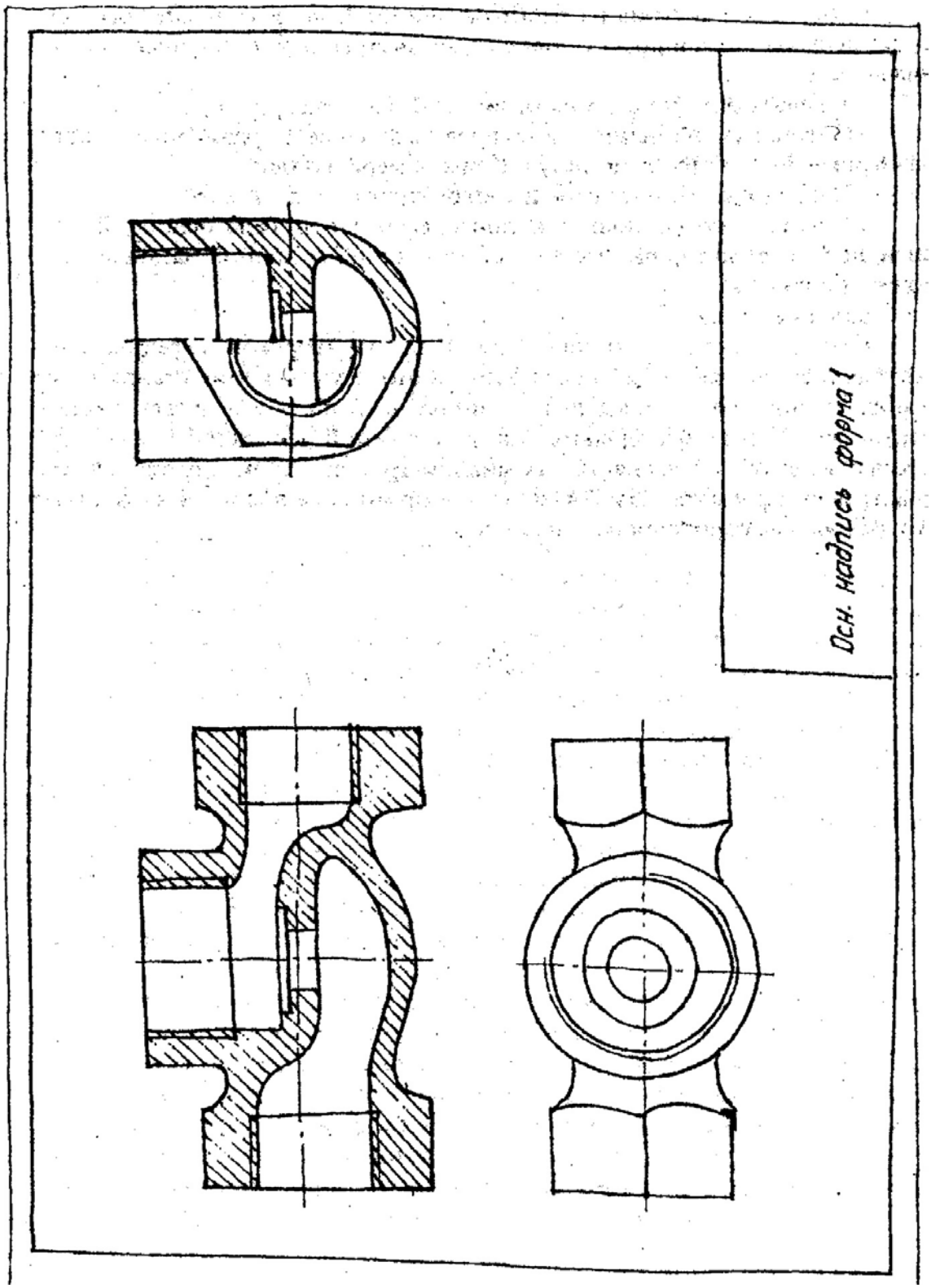


Рис. 14

6) на проведенных плоскостях симметрии строятся габаритные прямоугольники видов главного, сверху, слева, так, чтобы между ними осталось достаточно места для простановки размеров и возможных необходимых надписей;

7) в пределах габаритных прямоугольников строятся элементы поверхностей детали, с использованием пропорциональности основных формообразующих поверхностей;

8) разрезы желательно строить одновременно; все построения делаются в тонких линиях, и параллельно анализируется пропорциональность элементов детали;

9) обводка контуров на изображении производится после того, как будут решены все вопросы с элементами внутреннего и внешнего строения детали;

10) Делается штриховка на разрезах и сечениях (рис. 14);

11) тонкими линиями проводятся выносные и размерные линии, размерные числа берутся по результатам обмера детали;

12) наносятся обозначения шероховатости поверхностей;

13) заполняется основная надпись, если нет штампа основной надписи, допускается в студенческих. работах линии основной надписи проводить по линейке.

Задание по теме 7.

Студент находит сам или берет в препараторской кафедры узел-вентиль и составляет эскизы всех деталей этого узла, кроме стандартных (гайки, шайбы). В. учебных целях считаем вентиль и его детали нестандартными. Эскизы выполняются на листах белой чертежной бумаги, допускается делать эскизы на листах миллиметровки. Рекомендуется использовать листы формата А3 и А4, можно оформить два листа А4 на формате А3. Все эскизы сброшюровать в альбом.

Тема 8. *Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия*

Чертеж общего вида довольно часто называют сборочным чертежом - это не совсем верно, поскольку сборочный чертеж отображает процесс и порядок сборки узла, и на нем нет необходимости давать полное изображение каждой составляющей детали, что требуется при выполнении чертежа общего вида.

Главный вид на чертеже общего вида, как правило, определяется главным видом корпусной детали. Корпусная деталь также определяет и количество основных видов.

На чертеже общего вида выполняются разрезы, цель которых не только показать внутреннее строение детали, но и характер соединения и взаимодействия деталей, составляющих данную сборочную единицу, а также назначение и принцип действия механизма. Количество изображений на чертеже общего вида должна быть минимальным, но достаточным для того, чтобы прочитать каждую деталь, составляющую изображаемый узел.

На разрезах и сечениях нужно нанести штриховку на деталях; при этом одна и та же деталь на различных разрезах и сечениях должна быть заштрихована строго в одну сторону и одним шагом штриховки. Сопряженные на разрезе детали желательно штриховать в разные стороны, если это невозможно, то сопряженные детали нужно штриховать различным шагом, то есть расстояния между линиями штриховки различны.

На чертеже общего вида нужна поставить следующие размеры:

1) габаритные; 2) присоединительные - размеры между осями элементов крепления узла; 3) размеры, проверяемые при сборке, диаметры валов, расстояния между крепежными элементами сборки и т.д.; 4) обозначить все резьбы и резьбовые соединения, кроме стандартных изделий, указываемых в спецификации; 5) размеры и необходимые обозначения элементов, которые обрабатываются. В процессе сборки, например, совместное засверливание для

стопорения деталей и прочее; 6) размеры, определяющие ход подвижных частей сборки.

Следующим этапом оформления чертежа общего вида является простановка позиций на чертеже. На детали ставится точка, из нее проводится выносная линия, чтобы она не была параллельна линиям чертежа штриховки. Выносная линия заканчивается полкой. Выносная линия и полка проводятся тонкой сплошной линией, над полкой проставляется позиция детали арабской цифрой шрифтом 5. Полка располагается на чертеже строго по горизонтальным и по вертикальным направлениям, порядок цифр позиций на чертеже может быть произвольным.

Спецификация - текстовый документ, выполняется на листах чертежной бумаги формата А4.; форма, размеры и порядок заполнения спецификации даны в приложении 2.

Задание по теме 8.

Выполнить на листе чертежной бумаги формата А1 или А2 чертеж общего вида изделия, детали :которого выполнялись в предыдущей теме.

Чертеж желательно выполнить в увеличенном масштабе по размерам, поставленным на эскизах в теме 7.

Тема 9. *Чтение и деталировка чертежа общего вида*

Изучение инженером курса машиностроительного черчения заканчивается изучением методов и приемов чтения чертежа общего вида и вычерчиванием рабочих деталей, составляющих механизм, изображенный на чертеже.

Чтение чертежа общего вида начинается со знакомства с основной надписью чертежа, краткого описания изображенного механизма, чтения спецификации и одновременного изучения детали на чертеже. Прочитать деталь на чертеже общего вида - это значит найти изображения этой детали на всех видах, разрезах и сечениях. Поиск ведется с помощью проекционной связи, установленной между изображениями, и штриховки, присущей только этой детали. Когда деталь на чертеже определена, нужно сделать геометрический анализ формообразующих поверхностей, то есть выявить, из каких геометрических форм образуется поверхность и полости детали, как они сопрягаются между собой. После такого анализа можно приступить к выбору главного и других необходимых видов для данной детали, определить разрезы и сечения для вскрытия внутреннего строения детали. учесть все условности и упрощения изображения элементов детали на чертеже, выбрать масштаб изображения и соответствующий формат, на котором будет строиться рабочий чертеж.

Требования к построению рабочего чертежа аналогичны требованиям построения эскиза детали, только чертеж строится с помощью чертежного инструмента.

Задание по теме 9.

Для практического усвоения этой темы студенту выдается чертеж общего вида, на котором указываются детали для выполнения рабочих чертежей. Студент самостоятельно решает вопросы выбора масштаба изображения и величины формата чертежа, выбора главного вида и других необходимых видов, разрезов и сечений, рациональной простановки размеров (в работе нужно проставить только номинальные размеры). При сдаче преподавателю :этой темы студент обязан кратко и ясно рассказать строение механизма, порядок сборки деталей, их соединение и взаимодействия, изложить функциональное назначение (работа) узла или сборочной единицы на чертеже общего вида, мотивировать выбор главного вида деталей на рабочих чертежах, необходимость и достаточность других изображений.

Тема 10. Курсовая работа

Цикл обучения студентов графическим дисциплинам завершается выполнением курсовой работы. Тематика курсовых работ соответствует специальности студента.

Студенты механических специальностей (ГЭМ, ГМК, ГРМ, АСГ) выполняют в качестве курсовой работы чертеж общего вида по описанию механизма (машины), по альбому рабочих чертежей деталей и перечню стандартных изделий. Задание на курсовую работу выдается преподавателем в период установочных лекций, консультации по выполнению работы проводятся ведущим преподавателем. Работа завершается защитой:

Студент должен кратко и четко рассказать с демонстрацией на чертеже строение узла, взаимодействие деталей, порядок сборки, характер соединения, функциональное назначение и порядок работы.

Студенты горно-технических специальностей (ПРМ, МД,ШС, ОГР) изучают горно-графическую документацию (ГГД), сборник стандартов, регламентирующих требования к горным графическим документам. Ведущий преподаватель читает установочную лекцию по теме «Проекции с числовыми отметками» и выдает задание на курсовую работу, студент берет на кафедре методическое пособие по выполнению курсовой работы и выполняет работу на листе формата А1 с последующей защитой. Студенты специальности ОПИ выполняют курсовую работу по теме "Взаимное пересечение кривых поверхностей второго порядка" на примере конструирования аэро- и гидродинамического аппарата с развертками составляющих поверхностей. Работа выполняется на листе формата А1.

Литература

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. - М.: Машиностроение,1980. -Т.1. – 128 с.; Т.2. – 560 с.; Т.3. – 560 с. '

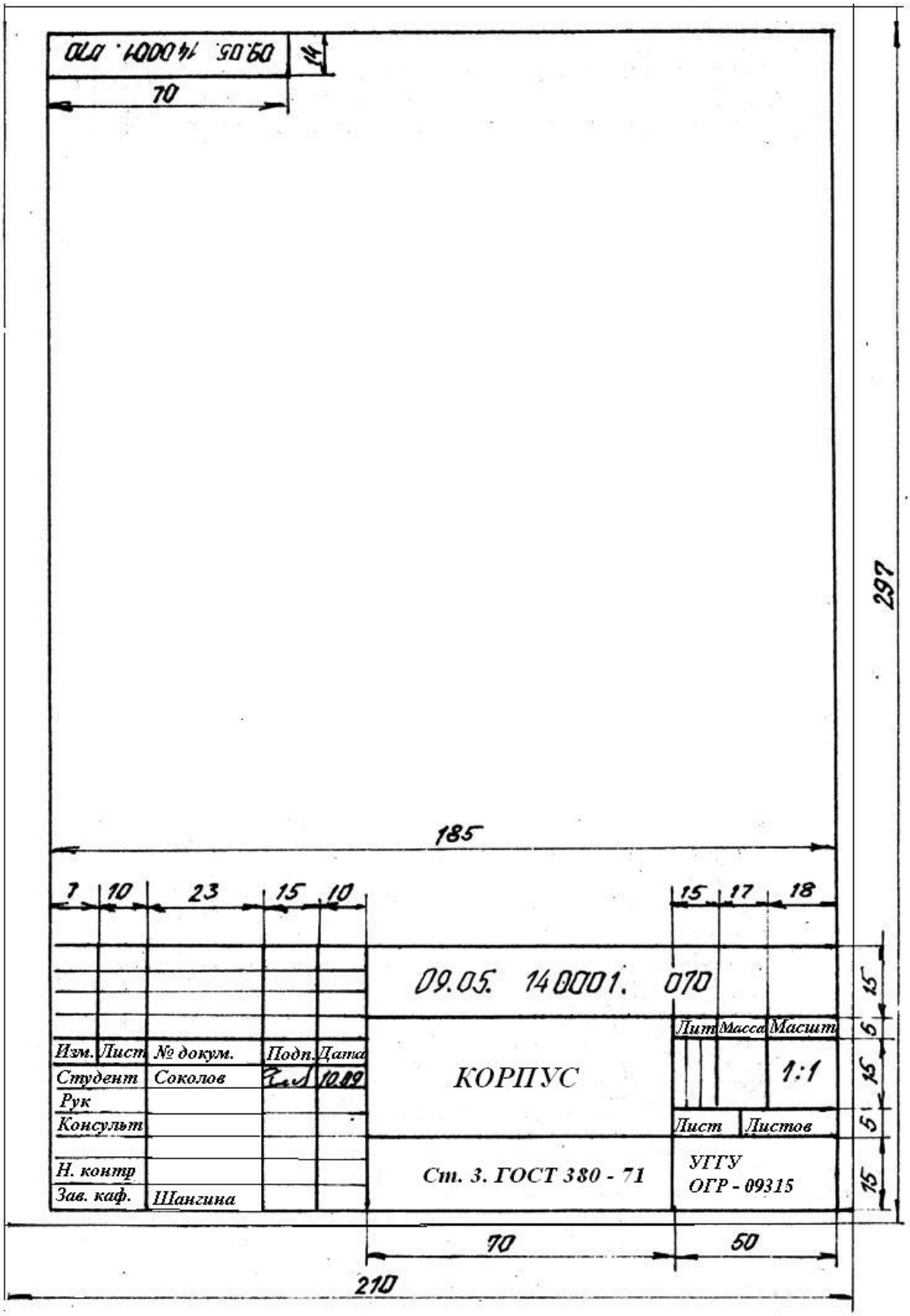
2. Богданов В.Н., Малежик И.Ф. и др. Справочное руководство по черчению. - М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

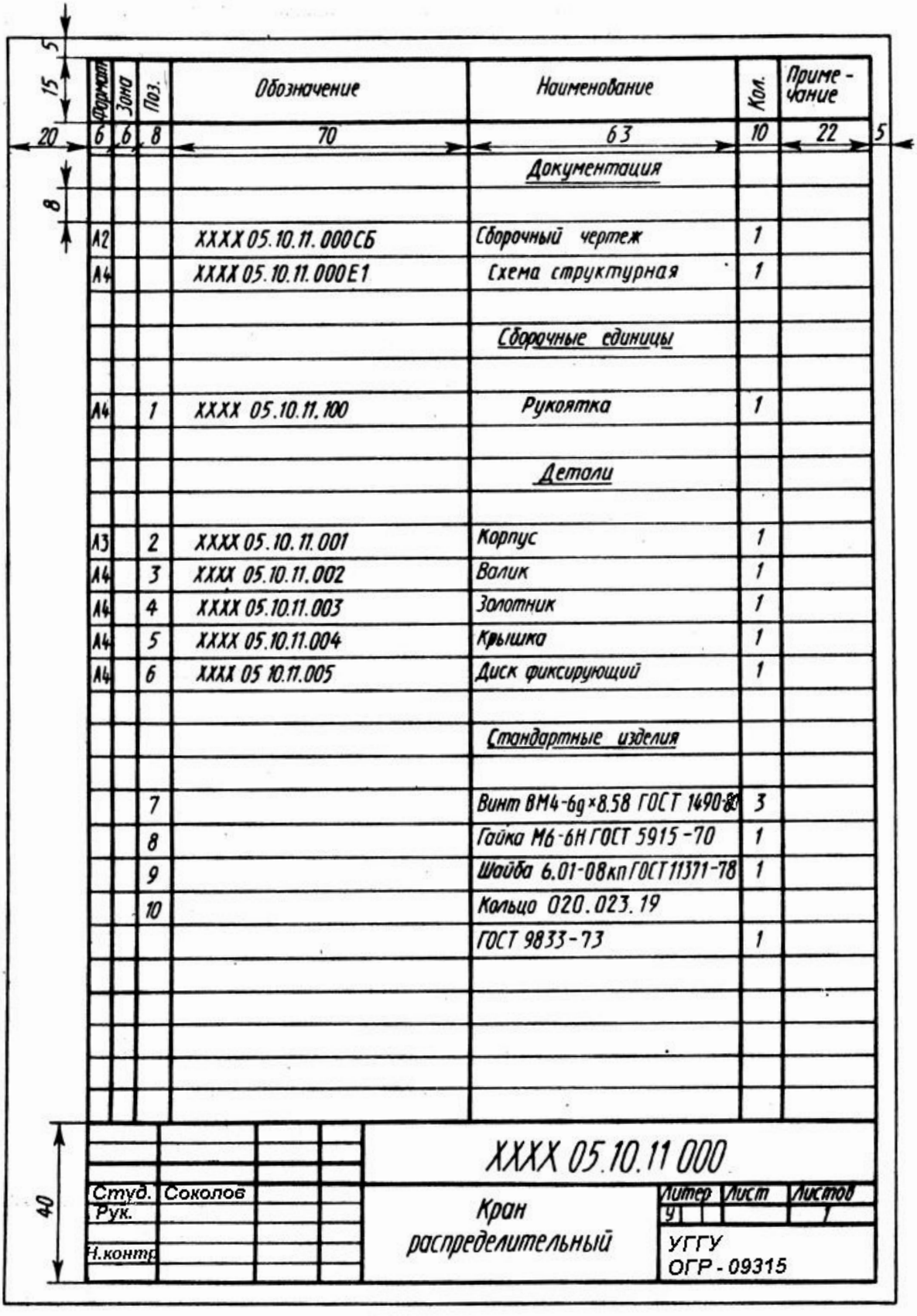
3. Вяткин Г.П., Андреева А.Н. Машиностроительное черчение. - М.: Машиностроение, 1985. -368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301-68 ...ГОСТ 2.321 - 84). М.: Издательство стандартов, 1988. ~ 240 с.

5. Федоренко Б. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А2			ХХХХ 05.10.11.000СБ	Сборочный чертеж	1	
А4			ХХХХ 05.10.11.000Е1	Схема структурная	1	
				Сборочные единицы		
А4		1	ХХХХ 05.10.11.100	Рукоятка	1	
				Детали		
А3		2	ХХХХ 05.10.11.001	Корпус	1	
А4		3	ХХХХ 05.10.11.002	Валик	1	
А4		4	ХХХХ 05.10.11.003	Золотник	1	
А4		5	ХХХХ 05.10.11.004	Крышка	1	
А4		6	ХХХХ 05 10.11.005	Диск фиксирующий	1	
				Стандартные изделия		
		7		Винт ВМ4-6g×8.58 ГОСТ 1490-80	3	
		8		Гайка М6-6Н ГОСТ 5915-70	1	
		9		Шайба 6.01-08кп ГОСТ 11371-78	1	
		10		Кольцо 020.023.19 ГОСТ 9833-73	1	

ХХХХ 05.10.11 000

Студ. Соколов

Рук.

Н.контр.

Кран распределительный

Литер У | Лист | Листов 1

УГГУ ОГР-09315

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

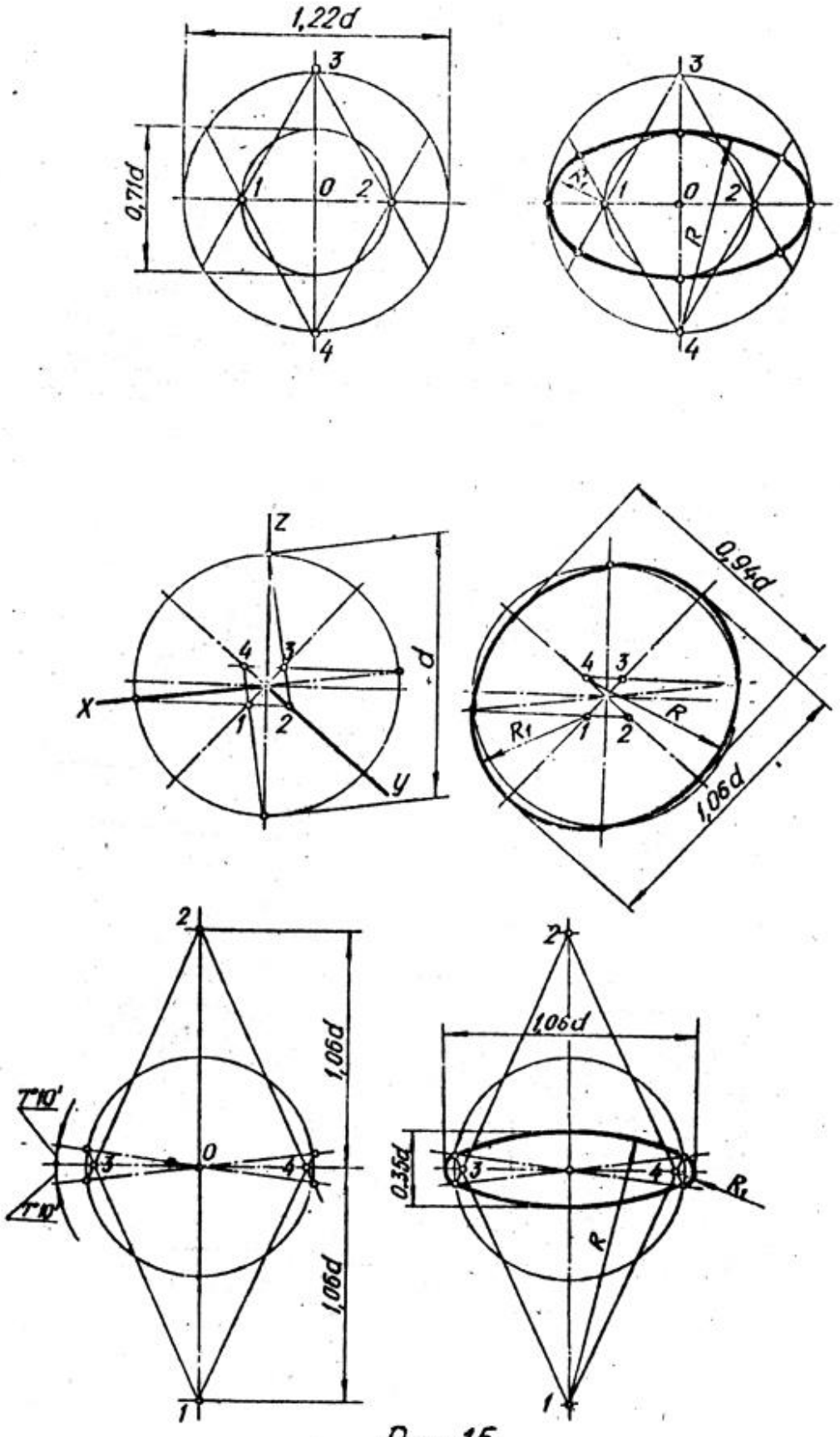


Рис. 15.

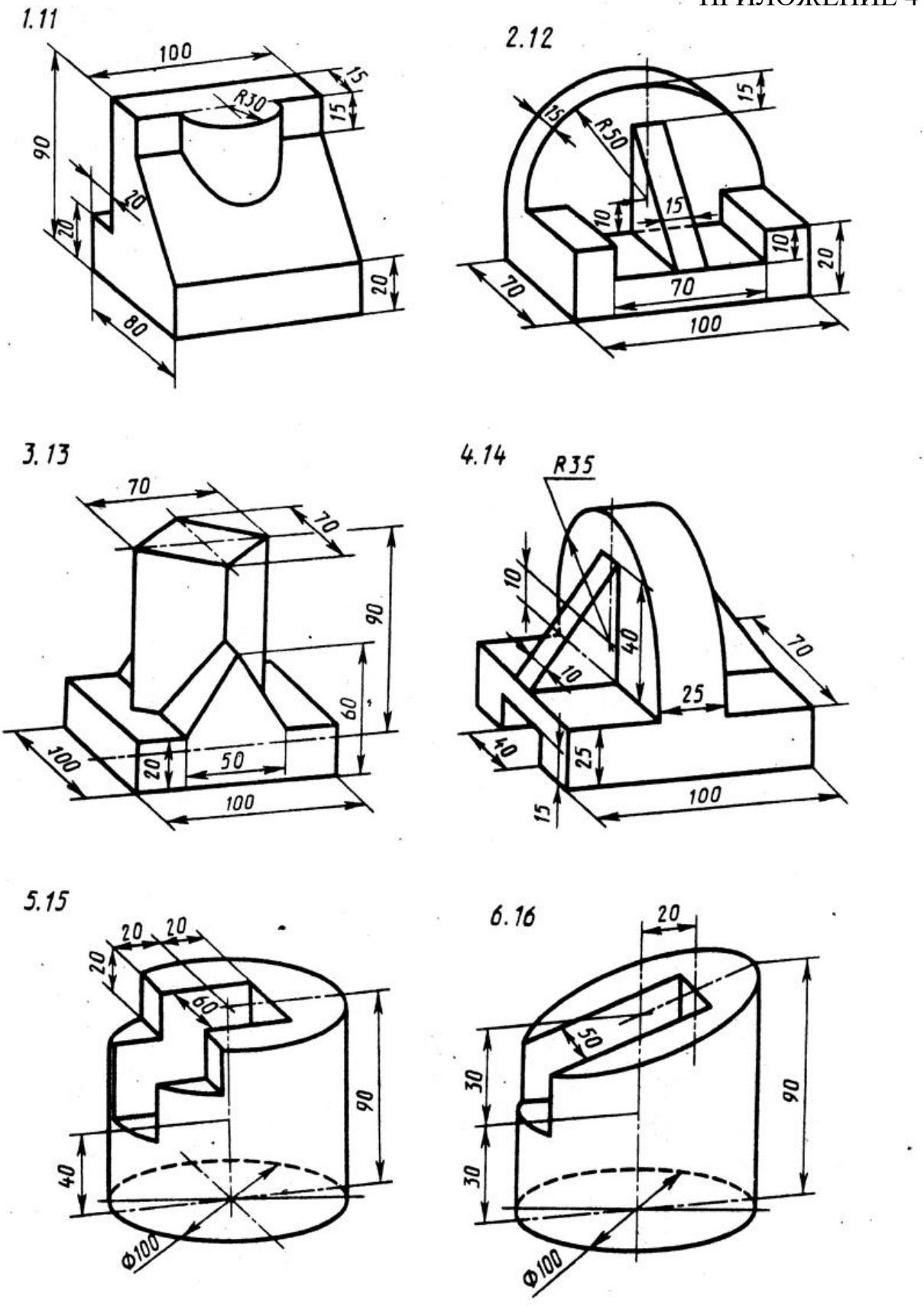

1.11
100
15
R30
15
90
20
20
20
80
2.12
15
15
R50
15
10
10
20
70
70
100
3.13
70
70
90
60
100
20
50
100
4.14
R35
10
40
70
10
25
10
25
15
100
5.15
20
20
20
60
90
40
Ø100
6.16
20
50
30
30
90
Ø100

Рис. 16

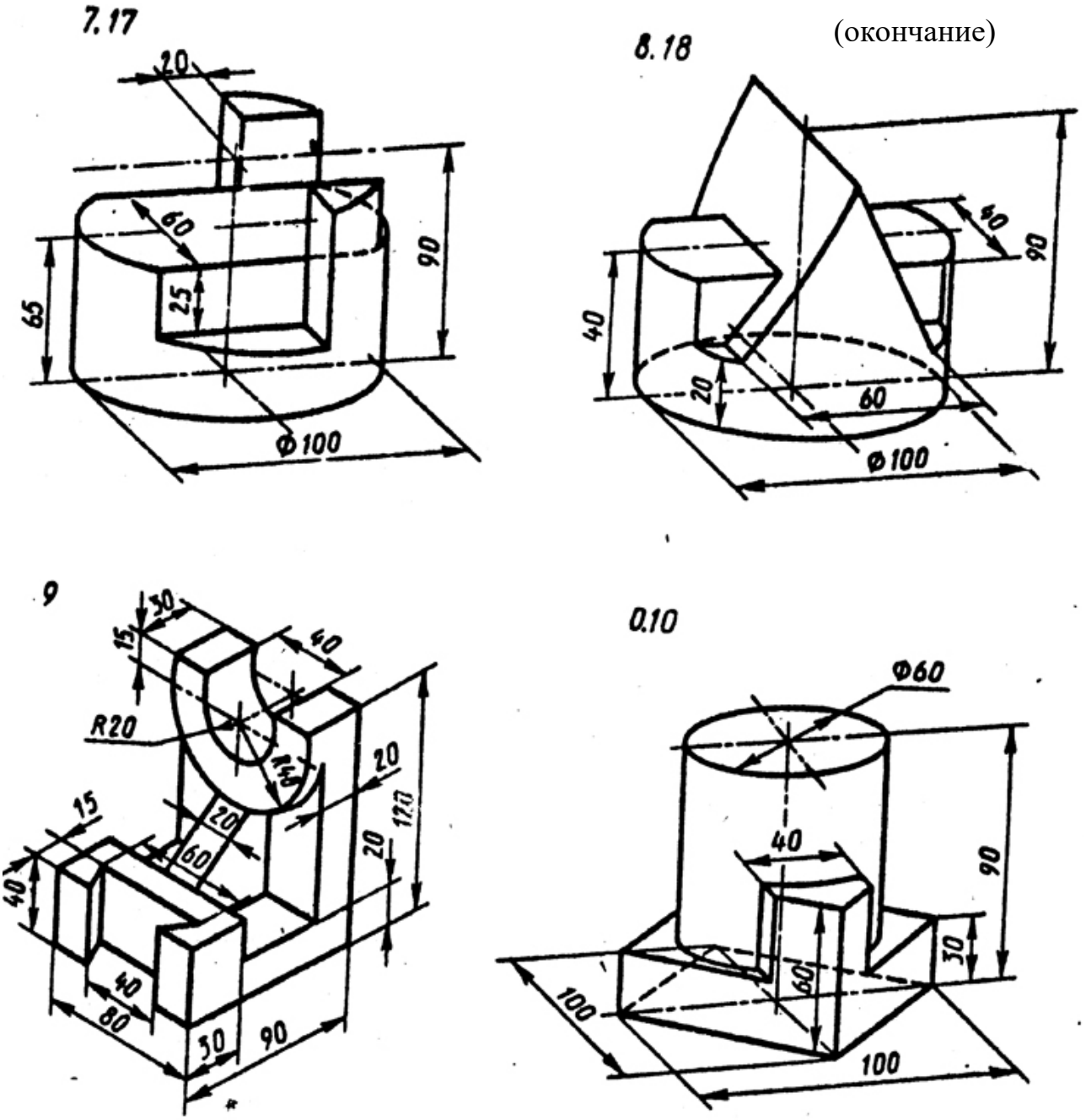


Рис. 16 (окончание)

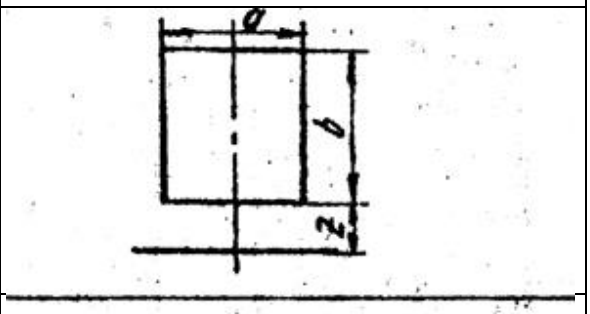
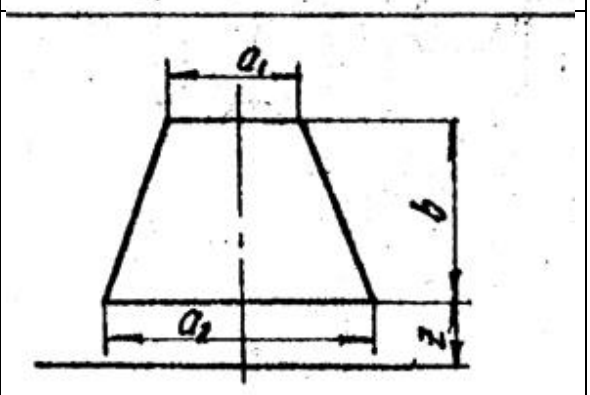
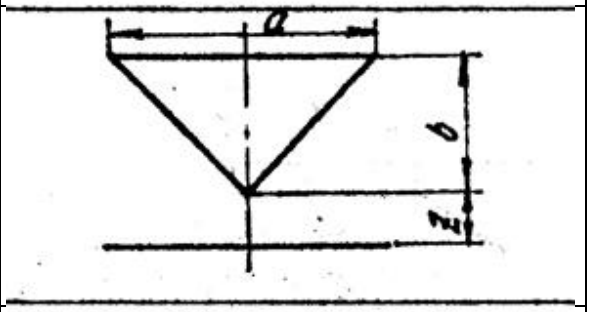
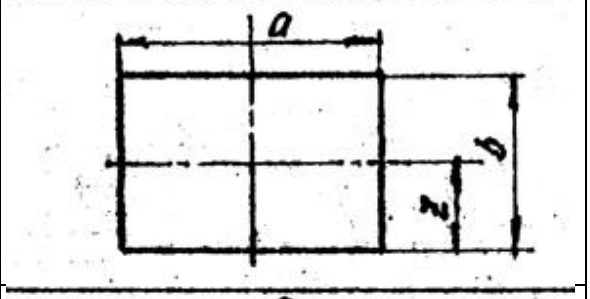
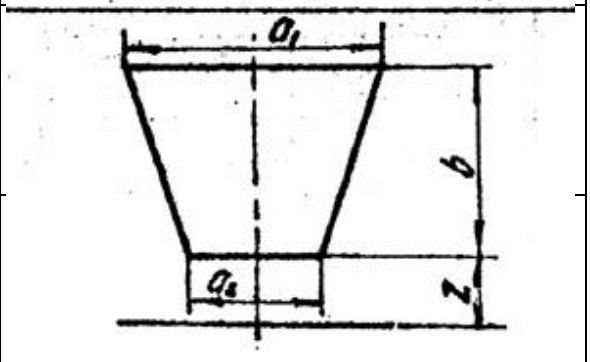
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

№ варианта	Внешняя форма предмета	Цилиндрическое отверстие
1.11	Шестиугольная правильная призма. Диаметр окружности, описанной вокруг шестиугольника основания, равен 90 мм. Две вершины основания лежат на горизонтальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие с вертикально расположенной осью, проходящей через центр шестиугольника. Диаметр отверстия 30 мм
2.12	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 30 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника
3.13	Четырехугольная правильная призма. Сторона основания квадрата 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр квадрата
4.14	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 25 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия
5.15	Сфера диаметром 100 мм. На высоте 30 мм от экватора сфера срезана горизонтальной	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы

	плоскостью	
6.16	Четырехугольная правильная призма. Сторона квадрата основания 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр квадрата
7.17	Шестиугольная правильная призма Диаметр окружности, вписанной в шестиугольник основания, равен 80 мм. Две вершины основания лежат на вертикальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр шестиугольника
8.18	Сфера диаметром 100 мм. На уровне 30 мм под экватором сфера срезана горизонтальной плоскостью	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы
9	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника
10	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 30 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия

Приложение 5 (окончание)
Таблица 2

Номер варианта	Размеры отверстия и расположение его от нижнего основания предмета (или центра сферы)	Форма призматического отверстия
1.11	***a***=35 ***b***=60 ***z***=20	
6.16	***a***=40 ***b***=50 ***z***=30	
2.12	a_1=30 a_2=45 ***b***=50 ***z***=30	
7.17	a_1=35 a_2=45 ***b***=50 ***z***=25	
3.13	***a***=40 ***b***=50 ***z***=30	
8.18	***a***=30 ***b***=50 ***z***=25	
4.14	***a***=40 ***b***=40 ***z***=20	
9	***a***=35 ***b***=35 ***z***=17,5	
5.15	a_1=40 a_2=30 ***b***=50 ***z***=30	
10	a_1=45 a_2=35 ***b***=50 ***z***=25	

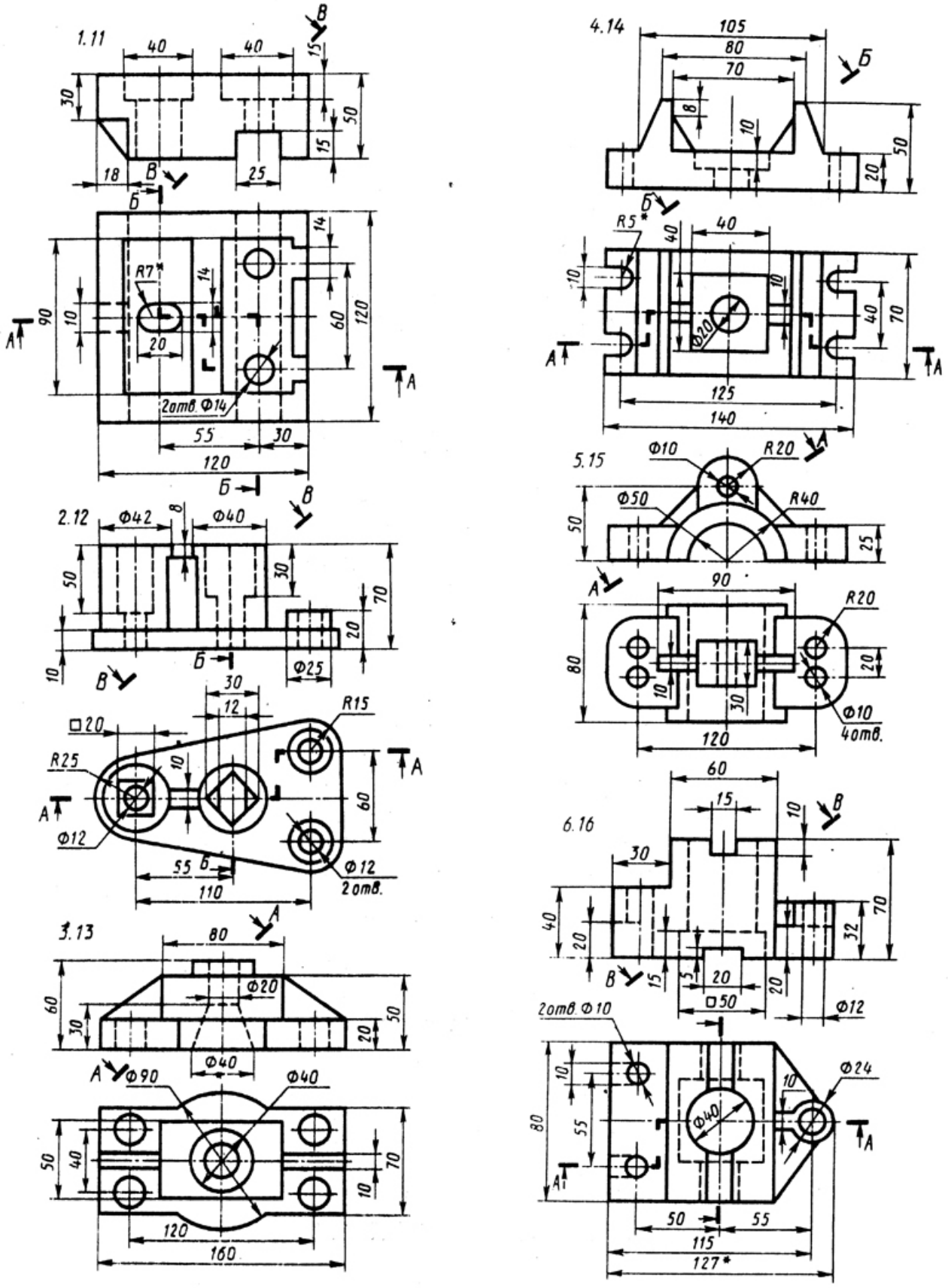

1.11
2.12
3.13
4.14
5.15
6.16
R7*
2отв. Ф14
Ф42
Ф40
R15
R25
Ф12
2 отв.
Ф20
Ф90
R5*
Ф10
R20
Ф50
R40
4отв.
Ф24
2отв. Ф10
127*

Рис. 17

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(окончание)

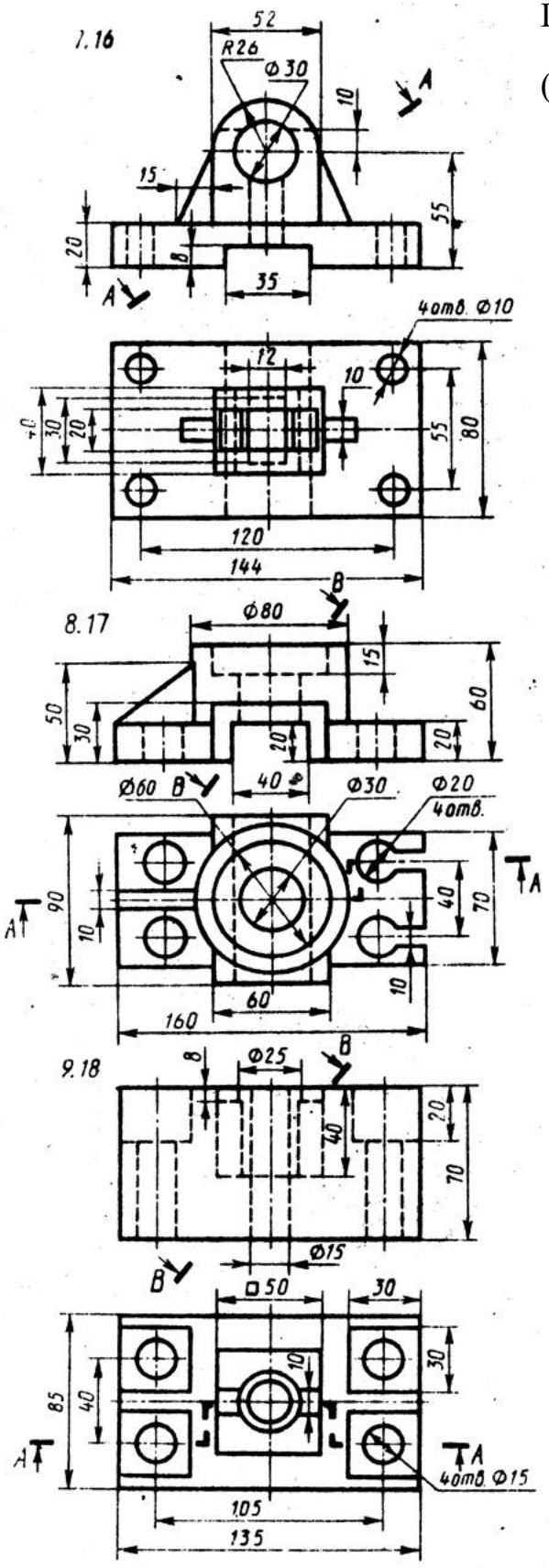
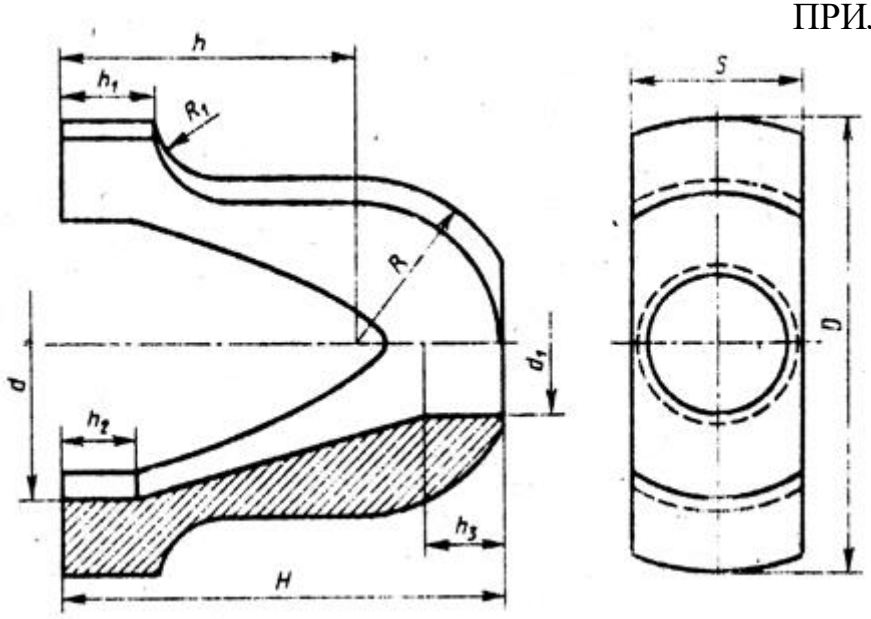
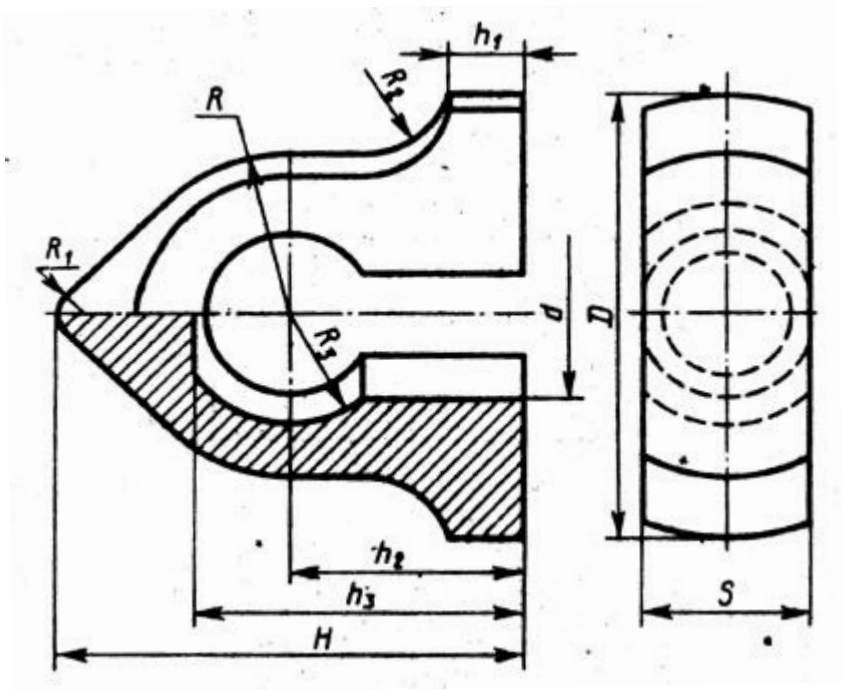


Рис. 17 (окончание)



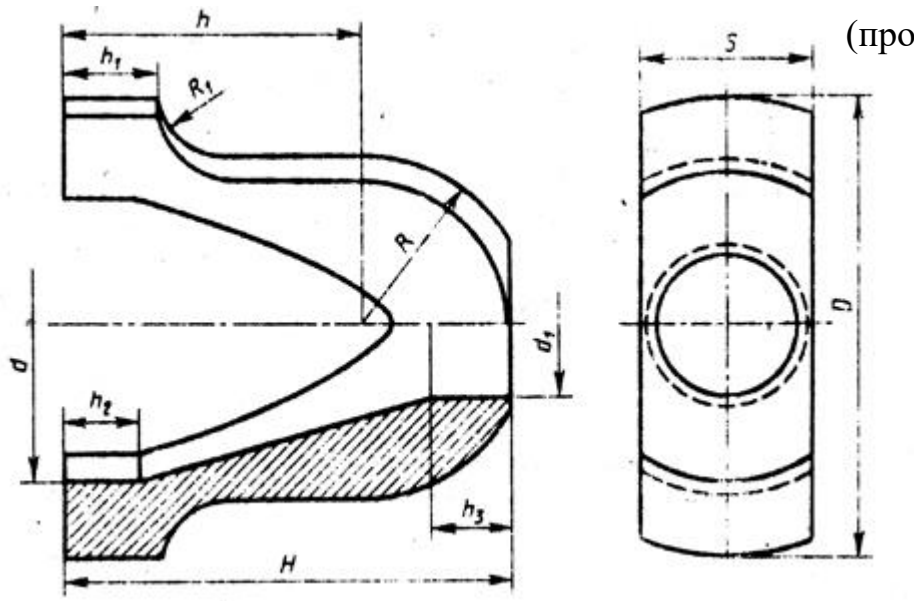
Вариант	*H*	*D*	*S*	h_1	h_2	h_3	*R*	R_1	*d*	d_1
1	100	110	50	65	20	75	40	15	70	30
7	115	120	55	78	22	85	45	20	85	32
13	120	125	56	80	25	90	46	22	86	35



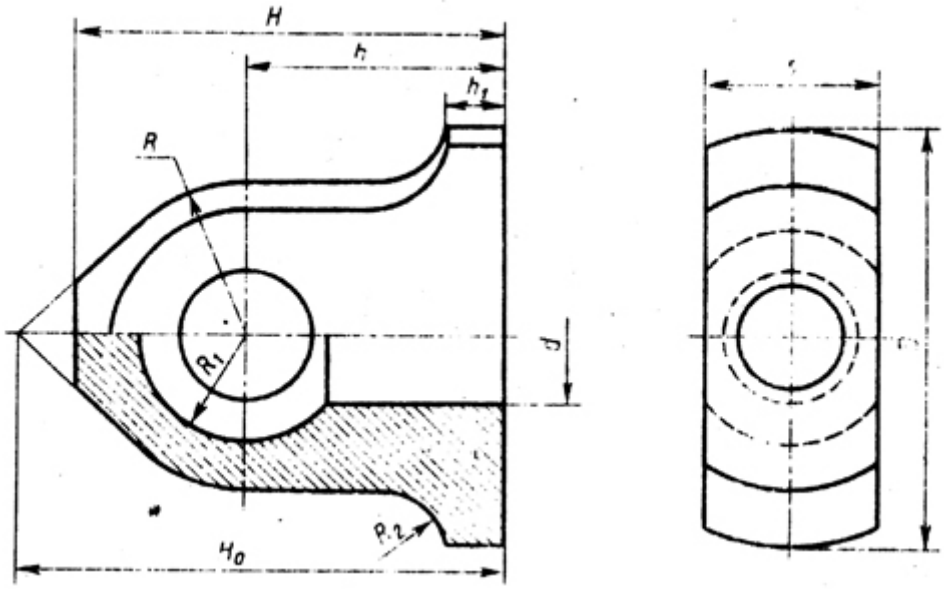
Вариант	*H*	*D*	*S*	h_1	h_2	h_3	*R*	R_1	R_2	R_3	*d*
2	100	110	45	15	46	70	40	8	18	30	50
8	110	130	52	20	60	90	45	10	22	35	60
14	160	140	55	25	75	105	50	15	25	36	58

Рис. 18

(продолжение)

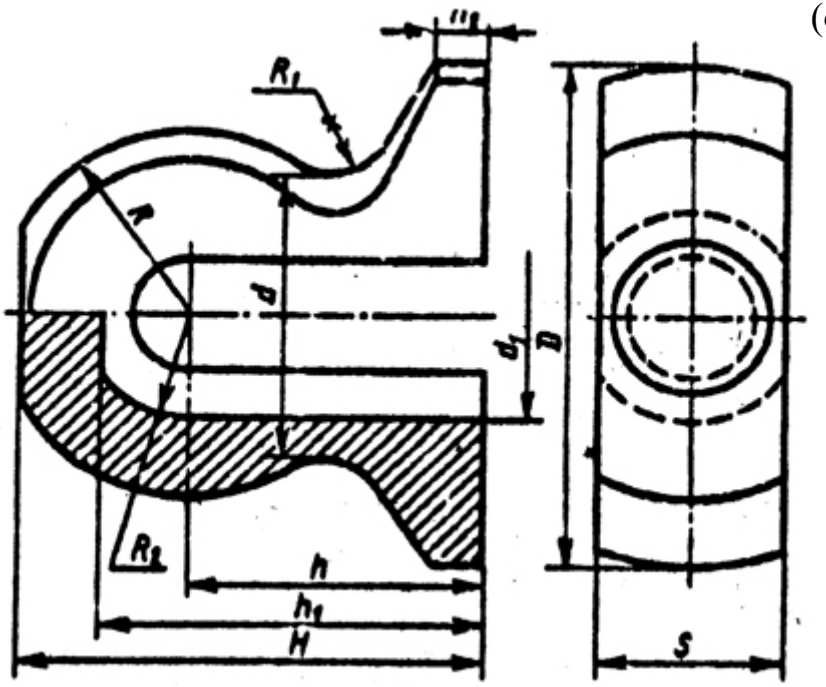


Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	*R*	R_1	*d*	d_1	h_2	h_3
4	148	150	60	100	30	52	25	100	40	25	30
10	155	140	55	110	35	50	22	95	35	20	25
16	160	145	58	112	40	51	21	105	38	32	35

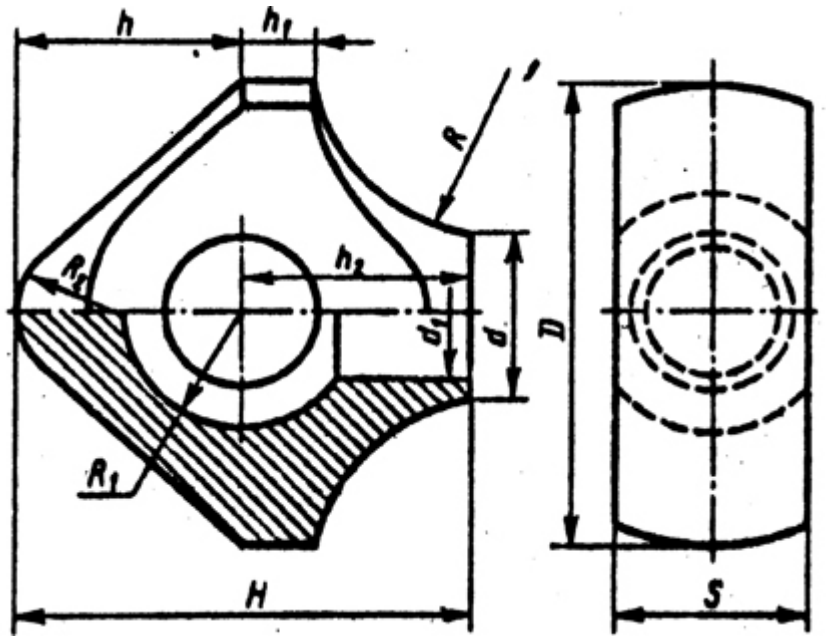


Вариант	H_0	*H*	*D*	*S*	*R*	*h*	h_1	*d*	R_1	R_2
3	158	140	142	50	40	75	20	40	30	20
9	165	145	130	46	48	90	31	45	32	22
15	200	170	140	52	50	104	40	42	34	24

Рис. 18 (продолжение)



Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	h_2	*R*	R_1	R_2	*d*	d_1
5	120	125	52	78	100	12	48	18	30	75	60
11	105	120	50	68	92	10	43	15	28	70	56
17	140	130	65	95	122	20	50	20	32	78	64



Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	h_2	*R*	R_1	R_2	*d*	d_1
6	100	110	48	50	15	45	50	30	25	40	30
12	105	120	50	55	18	48	45	32	20	45	25
18	115	125	52	60	20	50	48	35	22	46	28

Рис. 18 (окончание)

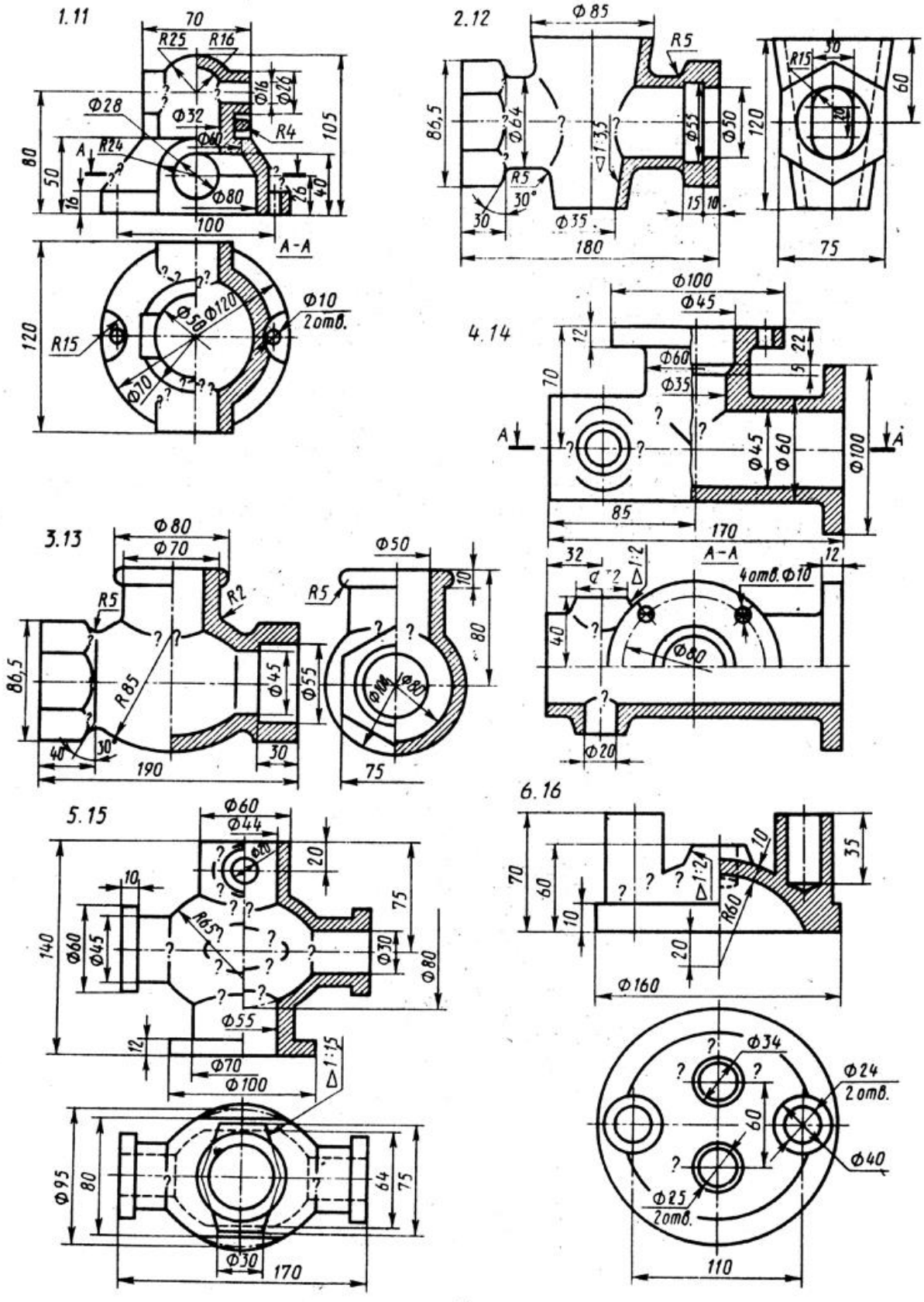


Рис. 19

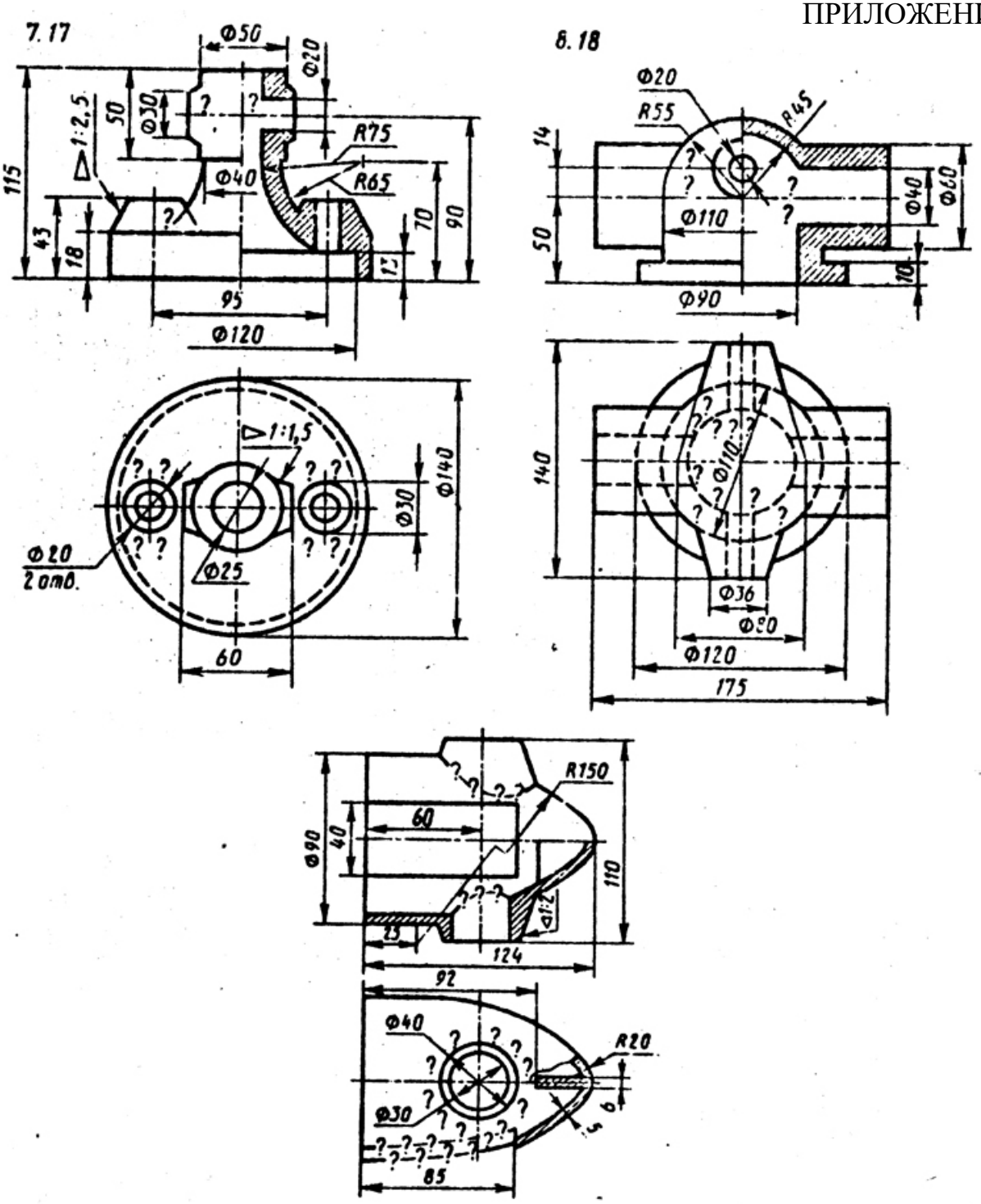


Рис. 19 (окончание)

Приложение 9

Вариант	Резьба	Длина болта	Исполнение			ГОСТ		
			болта	гайки	шайбы	болта	гайки	шайбы
1, 10, 19	М16	70	1	1	1	7798-70	5915-70	11371-78
2, 11, 20	М18×l,5	80	2	2	-	7796-70	15521-70	6402-70
3, 12, 21	М20	90	1	1	2	7805-70	5927-70	11371-78
4, 13, 22	М16xl,5	70	2	2	-	7798-70	5918-73	6402-70
5, 14, 23	М18	80	1	1	1	7796-70	15521-70	11371-78
6, 15, 24	М 20×l,5	90	2	2	-	7805-70	5918-73	6402-70
7, 16, 25	М16	70	1	1	-	7805-70	5927-70	6402-70
8, 17, 26	М 18×1,5	80	2	2	2	7798-70	5918-73	11371-78
9, 18, 27	М20	90	1	1	2	7796-70	15521-70	11371-78

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 (окончание)

Вариант	Резьба	Длина шпильки, мм	Исполнение			ГОСТ		
			шпильки	гайки	шайбы	шпильки	гайки	шайбы
1, 10, 19	М16×1,5	50	-	1	-	22036-76	5918-73	6402-70
2, 11, 20	М18	55	-	1	1	22034-76	5915-10	11371-78
3, 12, 21	М20×1,5	60	-	2	-	22032-76	5918-73	6402-70
4, 13, 22	М16	50	-	1	1	22038-76	5916-70	11371-78
5, 14, 23	М18×l,5	55	-	2	-	22036-76	5918-73	6402-70
6, 15, 24	М20	60	-	1	1	22034-76	5915-70	11371-78
7, 16, 25	М16×1,5	50	-	1	2	22040-76	5918-73	11371-78
8, 17, 26	М18	55	-	1	-	22036-76	5916-70	6402-70
9, 18, 27	М20×1,5	60	-	2	2	22032-76	5918-13	11311-78

Литература

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 128 с.; Т. 2. – 560 с.; Т. 3. – 560 с.

2. Богданов В. Н. , Малежик И. Ф. и др. Справочное руководство по черчению – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

3. Вяткин Г. П., Андреева А. Н. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2. 301-68 …ГОСТ 2.321-84). –М.: Издательство стандартов, 1988. – 240 с.

5. Федоренко В. А., Шошин А. И. справочник по машиностроительному черчению. - – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ……..3

Введение……4

Контрольная работа №1 ……..5

Контрольная работа №2 .....……14

Контрольная работа №3 ……..24

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)……30

Литература……41

Часть II. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ……...42

Контрольная работа №4 ….……43

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному изображению………43

Вопросы для самопроверки……...45

Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию……47

Вопросы для самопроверки ……..48

Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений ……...49

Вопросы для самопроверки ……...50

Тема 4. Построение линий среза ……..53

Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей ……...56

Контрольная работа №5 ……..59

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей……..59

Тема 7. Составление эскизов деталей машин ……65

Тема 8. Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия ……..69

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия ……71

Тема 10. Курсовая работа ……...72

Литература ……73

ПРИЛОЖЕНИЯ ……...74
Приложение 1 ……74
Приложение 2 ……75
Приложение 3 ……76
Приложение 4 ……77-78
Приложение 5 ……79-81
Приложение 6 ……82-83
Приложение 7 ……84-86
Приложение 8 ……87-88
Приложение 9 ……89-90
Литература ……91

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..… 4

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ……...5

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ ……5

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ …..... 13

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……..... 18

ВВЕДЕНИЕ

Болтовые соединения широко применяются во всех отраслях промышленности и строительства, трудно представить себе машину или механизм без этого вида соединения.

При выполнении машиностроительных чертежей значительную часть времени конструктор затрачивает на вычерчивание изображения крепежных деталей и в частности болтов, гаек и т.д.

В этой связи необходимо отметить, что выполнение всех правил, установленных соответствующими стандартами, а также рекомендаций справочников, учебников, основанных на опыте конструкторов, значительно облегчают и упрощают этот трудоемкий процесс.

Настоящее методическое пособие предназначено для изучения и закрепления знаний, указанных правил и рекомендаций.

Работа содержит исходные данные индивидуальных заданий, описание основных крепежных деталей болтового соединения, методику определения размеров, необходимых для выполнения чертежа соединения деталей болтами различных конструкций, а также принципы формирования условных обозначений крепежных деталей.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Чертеж болтового соединения является частью задания «Условности машиностроительного черчения». Это задание выполняют студенты технологических и механических специальностей университета.

Работу выполняют в формате А 4 карандашом. Оформляется чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД. Масштаб изображения следует выбирать в зависимости от размеров крепежных деталей.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Чертеж болтового соединения (рис. 2) содержит три изображения: полный фронтальный разрез, расположенный на месте главного вида, вид сверху и вид слева; на изображениях следует нанести обозначения резьбы, длину болта и размер под ключ. Кроме того, чертеж должен содержать условные обозначения крепежных изделий.

В качестве исходных параметров для выполнения чертежа дана толщина соединяемых деталей и вид крепежных изделий, определенный стандартами, а также размер резьбы болта. Эти данные приведены в таблице 1.

Общие сведения о крепежных деталях болтового соединения.

Соединение деталей болтом обычно состоит из трех стандартных крепежных изделий: болт, гайка и шайба. В некоторых случаях, обычно когда болтовое соединение работает в условиях повышенной вибрации, для предотвращения самопроизвольного отвинчивания гайки применяются шплинты (рис. 1). ***Шплинтом*** называется изделие, изготовленное из стальной проволоки полукруглого сечения, сложенной вдвое и предназначенное для фиксирования болта относительно гайки. Основными параметрами шплинта является его длина l и условный диаметр d_o. Условный диаметр шплинта равен диаметру отверстия болта под шплинт.

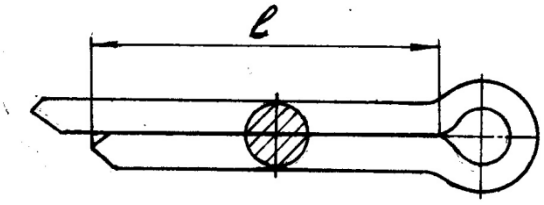


Рис. 1. Шплинт

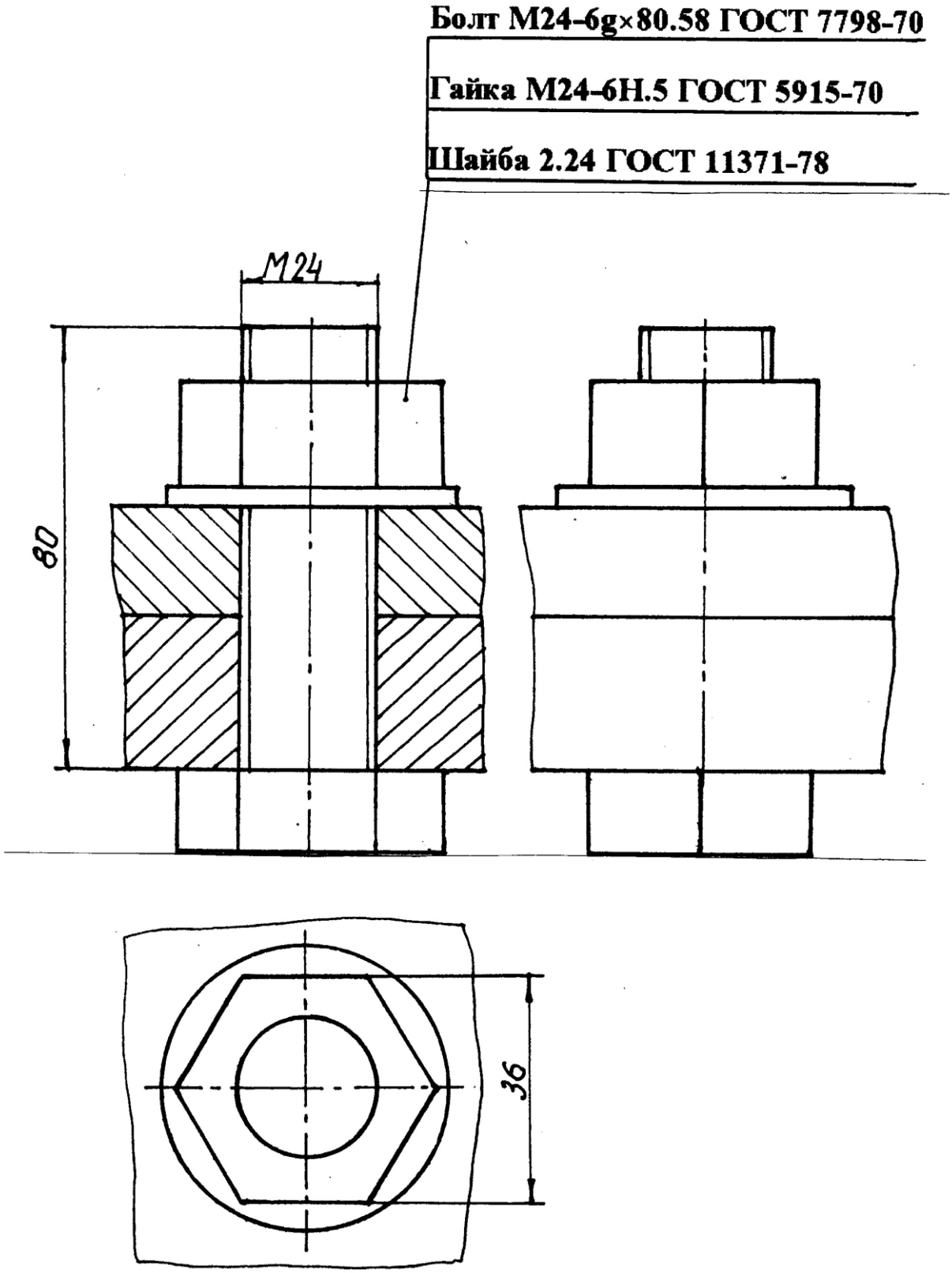


Рис. 2. Чертеж болтового соединения

Исходные данные

Таблица 1

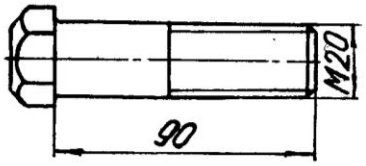
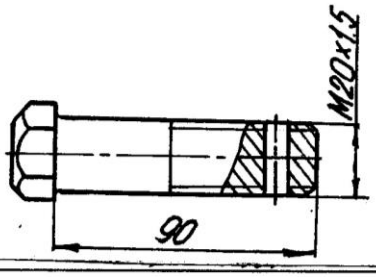
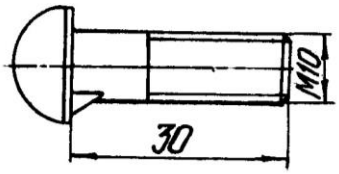
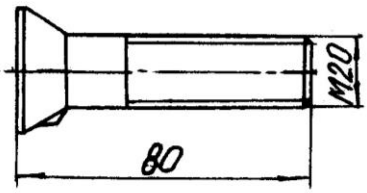
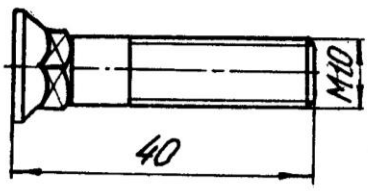
Номер варианта	БОЛТ					ГАЙКА		ШАЙБА
	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Исполнение	Толщина деталей	Номер ГОСТ	Исполнение	Номер ГОСТ	Номер ГОСТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20	2,5	1	40 40	7796-70	2	5915-70	11371-78
2	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	5916-70	11371-78
3	10	1,25	4	10 20	7798-70	2	5918-73	6958-78
4	12	1,75	2	20 40	7785-81	2	5916-70	11371-78
5	12	1,25	1	15 20	7805-70	-	5927-70	10450-78
6	16	2,0	-	20 20	7786-81	1	5915-70	11371-78
7	24	2,0	2	30 40	7796-70	1	5918-73	11371-78
8	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	3032-76	10450-78
9	12	1,75	3	20 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
10	12	1,75	-	20 50	7786-81	2	3032-76	6958-78
11	16	2,0	2	30 30	7805-70	-	5918-73	11371-78
12	16	2,0	1	40 40	7785-81	1	3032-76	10450-78
13	30	3,5	3	50 40	7796-70	1	5916-70	6958-78
14	20	2,5	2	30 50	7783-81	2	3032-76	6958-78
15	16	1,5	2	20 20	7798-70	1	5918-73	10450-78
16	10	1,5	2	15 15	7785-81	1	3032-76	10450-78
17	20	1,5	3	40 10	7805-70	-	5927-70	11371-78
18	12	1,75	-	10 40	7786-81	2	3032-76	6958-78
19	40	3,0	4	50 50	7796-70	2	5918-73	6958-78
20	16	2,0	1	40 30	7783-81	1	3032-76	10450-78
21	12	1,75	1	20 10	7798-70	-	15523-70	6402-70
22	20	2,5	1	30 30	7785-81	2	3032-76	6958-78
23	24	3,0	1	50 40	7805-70	-	5927-70	10450-78

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	10	1,5	-	30 50	7786-81	1	3032-76	10450-78
25	16	2,0	1	20 40	7796-70	2	5916-70	11371-78
26	12	1,75	2	20 30	7783-81	2	5915-70	11371-78
27	24	2,0	4	20 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
28	16	2,0	1	20 40	7785-81	1	5916-70	11371-78
29	30	3,5	3	40 40	7798-70	-	15523-70	6958-78
30	20	2,5	-	20 40	7786-81	2	5916-70	11371-78
31	12	1,25	2	30 20	7796-70	1	5918-73	10450-78
32	16	2,0	1	15 25	7783-71	1	3032-76	10450-78
33	30	2,0	2	30 40	7805-70	2	5918-73	11371-78
34	6	1,0	1	10 10	7785-81	1	5915-70	6958-78
35	8	1,0	3	10 20	7805-70	-	5927-70	6402-70
36	8	1,25	-	15 20	7786-81	2	3032-76	10450-78
37	10	1,5	3	20 10	7796-70	1	5916-70	11371-78
38	10	1,5	2	20 10	7783-81	2	5915-70	6958-78
39	36	3,0	2	50 10	7798-70	1	5918-73	6958-78
40	12	1,75	2	20 25	7785-81	1	3032-76	10450-78
41	10	1,25	1	15 25	7805-70	-	5927-70	6402-70
42	16	2,0	-	20 15	7786-81	1	5915-70	6968-78
43	20	1,5	5	30 20	7796-70	2	5915-70	11371-78
44	16	2,0	1	10 30	7783-81	2	3032-76	10450-78
45	20	2,5	1	10 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
46	6	1,0	1	10 8	7785-81	2	5915-70	6958-78
47	16	1,5	2	30 20	7805-70	2	5918-73	11371-78
48	8	1,25	-	10 12	7786-81	1	3032-76	10450-78
49	24	3,0	1	20 40	7796-70	2	5916-70	6958-78
50	10	1,5	2	10 25	7783-81	1	5915-70	11371-78

Таблица 2

Изображение и обозначение болтов

Изображение	Условные обозначение	Расшифровка обозначения
	Болт М20-6g×90.58 ГОСТ 7798-70	Болт исполнения 1, диаметром резьбы d=20 мм, длиной l=90мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6g, класса прочности 5.8, без покрытия.
	Болт 2М20×1,5-6g×90.58 ГОСТ 7798-70	Болт исполнения 2, диаметром резьбы d=20 мм, длиной l=90мм, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6g, класса прочности 5.8, без покрытия.
	Болт С М10-6g×30.46.019 ГОСТ 7783-81	Болт с диаметром резьбы d=10 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l=30 мм, класса прочности 4.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Болт С М20-6g×80.56.019 ГОСТ 7785-81	Болт с диаметром резьбы d=20 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l=80 мм, класса прочности 5.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Болт С М10-6g×40.46.019 ГОСТ 7786-81	Болт с диаметром резьбы d=10 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l= 40 мм, класса прочности 4.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.

Условное обозначение шплинта должно содержать условный диаметр, длину, условное обозначение материала и покрытия, толщину покрытия и наименование стандарта. Если шплинт изготовлен из низкоуглеродистой стали, то условное обозначение материала не указывается. При отсутствии покрытия шплинта его вид и толщина в обозначении не указываются.

Например, шплинт с условным диаметром 8 мм, длиной 32 мм из низкоуглеродистой стали без покрытия: *Шплинт 8×32 ГОСТ 379 - 70.*

Основными деталями болтового соединения являются болт и гайка. ***Болт*** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. На резьбовую часть болта навинчивается гайка.

Обычно в болтовом соединении применяются стандартные болты. В зависимости от условий работы и функционального назначения болты могут иметь различную форму стержня, форму и размер головки, параметры резьбы, характер исполнения и т. п. Все эти характеристики детали установлены соответствующим стандартом.

Условное обозначений болта, в общем случае, должно содержать следующие данные: название детали, класс точности, исполнение, условное обозначение резьбы, поле допуска, длину болта, класс прочности, характеристику материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия, условное обозначение стандарта. В условном обозначении болта не указывают исполнение 1, отсутствие покрытия, а также характеристику материала, если деталь выполнена из углеродистой нелигированной стали и соответствует техническим требованиям ГОСТ 1759.4 - 87. Кроме того, не указывают класс точности В, если стандартом на изделие предусмотрено два класса точности (А и В).

Примеры условного обозначения болтов различных конструкций приведены в таблице 2.

Гайка представляет собой деталь, имеющую отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку. Как правило, в соединениях применяются стандартные гайки. В некоторых случаях, вследствие специфических условий, могут быть применены гайки нестандартные.

В зависимости от условий эксплуатации соединения устанавливают гайки различных конструкций, например, для соединений работающих в условиях повышенной вибрации, обычно применяют про-

резные и корончатые гайки со шплинтами. В тех случаях, когда необходимо навинчивать гайку вручную, используют гайки–барашки.

Условное обозначение гайки, в общем случае, должно содержать следующие характеристики: название детали, класс точности, исполнение, условное обозначение резьбы, поле допуска, класс прочности, характеристику материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия, условное обозначение стандарта. В условном обозначении гайки не указывают исполнение 1, отсутствие покрытия, а также характеристику метериала, если деталь выполнена из углеродистой нелигированной стали и соответствует требованиям ГОСТ 17595-87. Не указывается в обозначении класс точности В, если стандартом на эту деталь установлено два класса точности (А и В). Примеры обозначения стандартных гаек различных конструкций приведены в таблице 3.

Шайбой называется деталь, которую устанавливают между гайкой или головкой болта и поверхностью одной из деталей. Она служит для предохранения материала детали от повреждения, а также для предотвращения самопроизвольного развинчивания крепежных деталей.

Условные обозначения шайбы включают следующую информацию: название детали, класс точности, если стандарт предусматривает два класса, исполнение, диаметр резьбы крепежной детали, толщину шайбы, условное обозначение марки (группы) материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия. Толщина шайбы указывается только в том случае, если стандартом на данный вид шайбы такой толщины не предусмотрено. Марка материала указывается только в том случае, если шайба изготовлена из материала не соответствующего техническим требованиям, установленным ГОСТ 18123 - 82. При отсутствии покрытия не указываются его условные обозначения и толщина. Примеры условных обозначений шайб приведены в таблице 4.

Таблица 3

Изображение и обозначение гаек

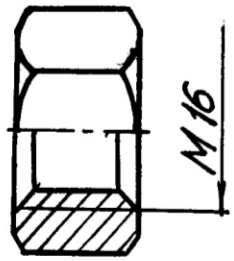
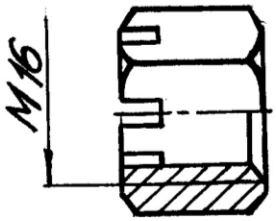
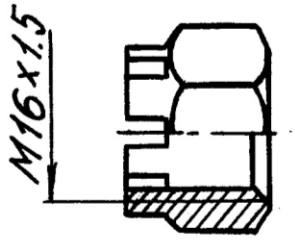
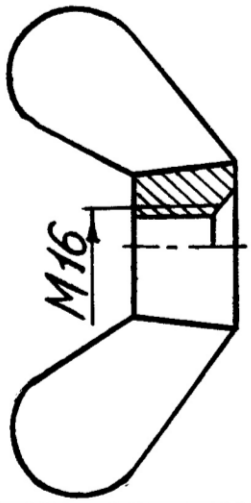
Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	**Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5915-70**	**Гайка исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 5, без покрытия.**
	**Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5918-73**	**Гайка класса точности В, исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса точности 5, без покрытия.**
	**Гайка 2 М16×1,5-6Н.5.019 ГОСТ 5918-73**	**Гайка класса точности В, исполнения 2, с диаметром резьбы d=16 мм, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса точности 5, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.**
	**Гайка М16-6Н.6 ГОСТ 3032-76**	**Гайка - барашек с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 6, без покрытия.**

Таблица 4

Изображения и обозначения шайб

Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	Шайба 2.12 ГОСТ 11371-78	Шайба круглая исполнения 2 для крепежной детали диаметром 12 мм из материала , соответствующего техническим условиям, без покрытия
	Шайба 10 65 Г ГОСТ 6402-70	Шайба пружинная исполнения 1 для крепежной детали диаметром 10 мм из стали 65 Г, без покрытия

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

На сборочных чертежах и чертежах общего вида применяются упрощенные и условные изображения крепежных деталей. Эти изображения установлены ГОСТ 2.315 - 68; их применение в значительной мере сокращают затраты труда конструктора. Крепежные детали, у которых диаметр стержня на чертеже менее 2 мм, изображают условно. В остальных случаях следует применять упрощенные изображения. Пример упрощенного изображения соединения деталей болтом с шестигранной головкой приведен на рис. 1.

При выполнении упрощенного изображения болтового соединения применяются следующие упрощения:

- фаски, проточки, галтели не показываются;
- резьба изображается выполненной по всей длине цилиндрической части болта;
- на виде сверху внутренний диаметр резьбы не показывается;
- зазоры между соединяемыми деталями и стержнем болта не показываются;

- изображения крепежных деталей выполняются по относительным размерам.

Если в соединении применен болт с шестигранной головкой, то размеры изображения деталей определяем по формулам, приведенным на рис.3. Приведенные формулы не установлены стандартом и рекомендованы на основе длительного опыта конструкторских и чертежных работ.

Основными параметрами, в зависимости от которых определяются относительные размеры изображения, являются размеры резьбы болта и толщина соединяемых деталей. Длину болта определяем по формуле, приведенной на рис. 3. Полученное значение необходимо сравнить со стандартной величиной длины болта. Как правило, они не совпадают, в этом случае выбираем ближайшее стандартное значение.

Относительные размеры конструктивных элементов болтов с различными формами головки приведены на рис. 4 и на рис. 5.

На чертеже необходимо проставить следующие размеры:

- условное обозначение резьбы болта;
- длину болта;
- размер под ключ гайки.

Длина болта и размер под ключ определяются по таблице соответствующего стандарта. Для определения размеров изображений болтов других конструкций пользуемся рис. 4 и рис. 5.

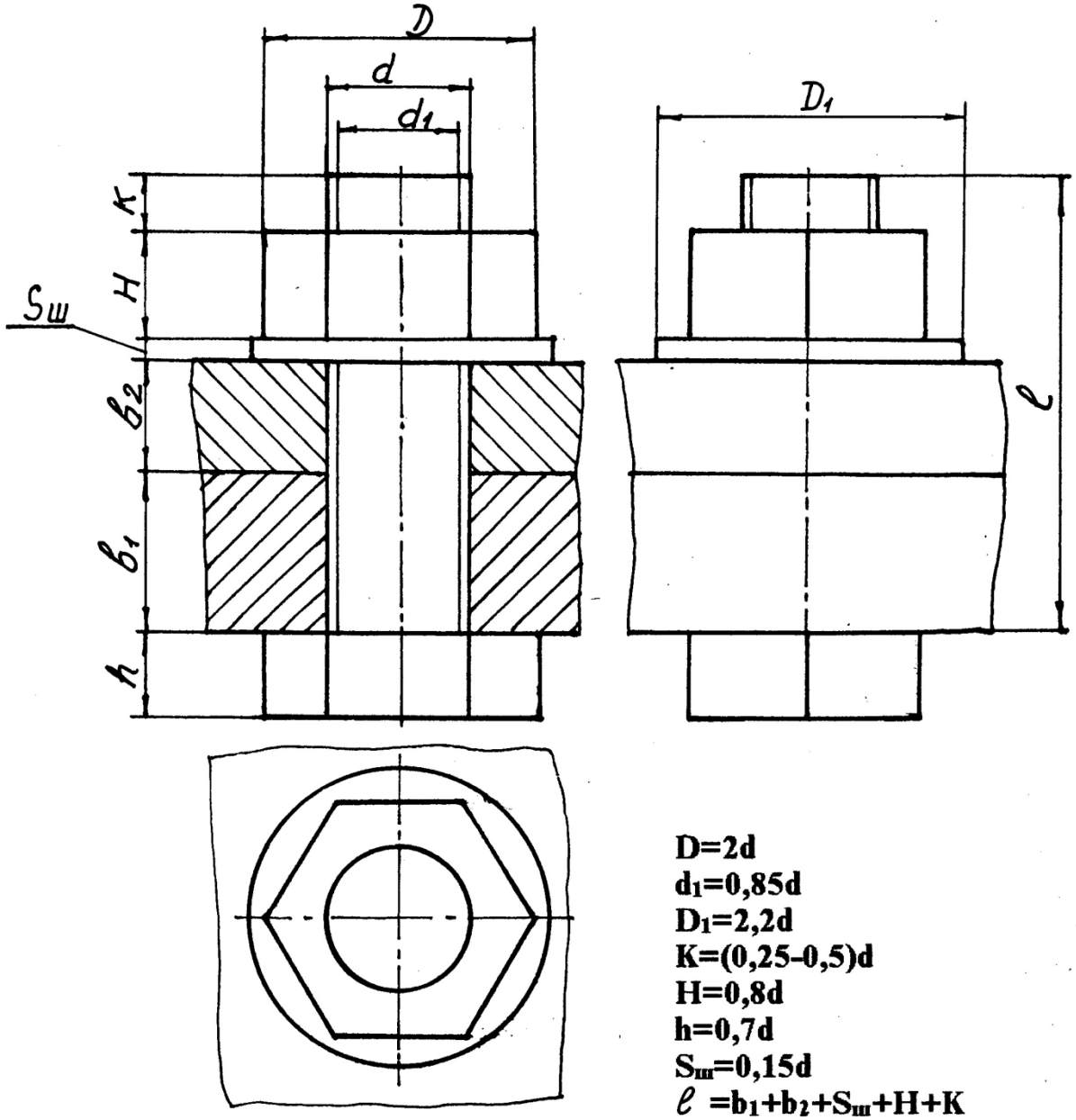


Рис. 3. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

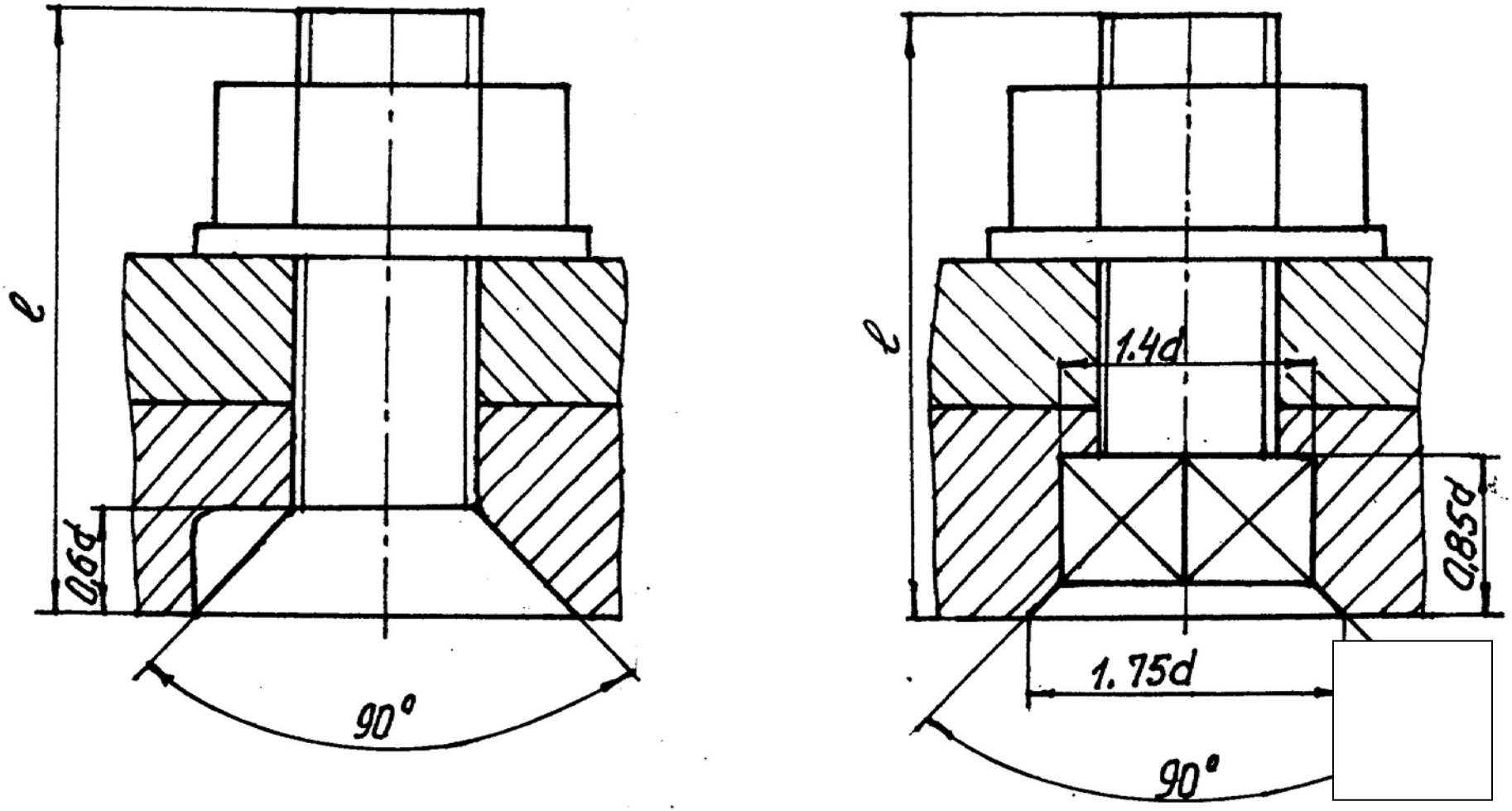


Рис. 4. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

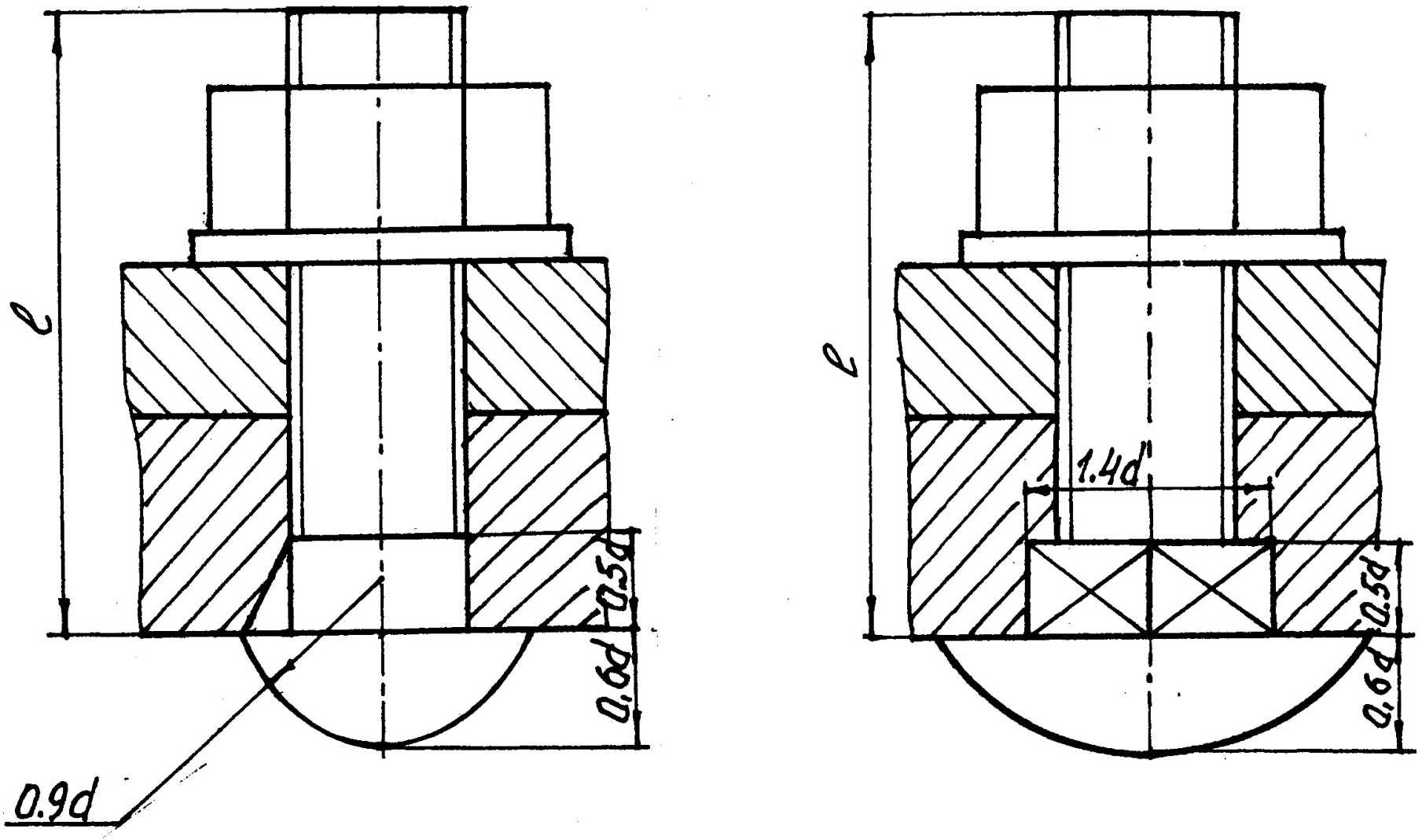


Рис. 5. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Анурьев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3 т. т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп/ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.: ил.

Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: Высшая школа , 2008. – 493 с.

Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – Изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.



Министерство образования
Российской Федерации

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Е. И. Шангина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «ЭПЮР №2» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 553200 – «ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ЕКАТЕРИНБУРГ

2003

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
инженерно-экономического
факультета
"8" сентября 2003 г.
Председатель комиссии
_____проф. Г.С.Карпов

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической работы «Эпюр №2» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Издание УГГГА Екатеринбург, 2003

Методическое пособие по выполнению индивидуальной графической работы «Эпюр №2» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых». /Е. И. Шангина. - 2-е издание, стереотипное. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 24 с.

В работе рассмотрены теоретические вопросы по курсу «Проекции с числовыми отметками». Предложена методика решения задач по темам «Многогранники», «Сечение многогранника плоскостью», «Развертки», «Преобразование чертежа».

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 19.06.2001 года (протокол №2) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Р е ц е н з е н т – В. Н. Бабич, канд. техн. наук, доцент УГГГА

© Шангина Е. И., 2001

© Шангина Е. И., 2003

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2001

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Данная методическая разработка предназначена для оказания помощи студентам при выполнении самостоятельной графической работы «Эпюр №2» курса «Начертательная геометрия. Инженерная графика».

Работа содержит методические указания по ее выполнению. При выполнении эпюра студент решает следующие задачи:

1. Построение заданного многогранника в проекциях с числовыми отметками.
2. Сечение многогранника плоскостью общего положения.
3. Построение натуральной величины фигуры сечения.
4. Построение развертки многогранника с нанесением линии сечения.

Работа выполняется в масштабе 1:1000 на формате А2 в соответствии с требованиями ЕСКД, основная надпись по форме 1. Исходные данные приведены в таблице 1. Пример выполнения приведен на рис. 1.

Пример 1

Задание.

В проекциях с числовыми отметками:

1. Построить правильную шестигранную пирамиду, основание которой принадлежит плоскости **ОАВ**. Точка **О** является центром описанной окружности правильного шестиугольника (центр тяжести) - основания пирамиды (**I, II, III, IV, V, VI**). Сторона основания (**I-II**) **a**=50 и параллельна основной плоскости проекций $\mathbf{H_0}$. Высота пирамиды **h**=150.

Координаты точек плоскости основания:

точка **О** (150, 90, 60);

точка **А** (100, 0, 80);

точка **В** (25, 110, 20).

2. Построить сечение заданной пирамиды плоскостью общего положения Σ_i. Плоскость Σ_i проходит через точку **А**. Азимут падения α секущей плоскости Σ_i совпадает с азимутом падения плоскости основания. Угол падения плоскости Σ_i: $\delta=30°$.

3. Построить натуральную величину фигуры сечения пирамиды плоскостью Σ_i.

4. Построить развертку боковой поверхности пирамиды с нанесением линии сечения.

Задача 1. 1. Построение пирамиды

По заданным координатам на плане строим точки **О**, **А**, **В** (рис. 1).

В плоскости **ОАВ** строим горизонталь, проходящую через т.**О**. На заложении отрезка прямой $\mathbf{A_{80}B_{20}}$ находим точку **С** с высотной отметкой, равной высотной отметке точки **О**, т.е. **60**. Для этого проградуируем отрезок **АВ**. Из точки **А** на плане проводим прямую под произвольным углом, на которой откладываем отрезок, равный разности координат высотных отметок $\mathbf{A_{80}}$ и $\mathbf{B_{20}}$, т.е. **60**. Затем на этой же прямой от точки **А** откладываем отрезок, равный разности координат $\mathbf{A_{80}O_{60}}$, т.е. **20**. С помощью подобных треугольников на заложении $\mathbf{A_{80}B_{20}}$ находим точку $\mathbf{C_{60}}$. Соединив точки $\mathbf{C_{60}}$ и $\mathbf{O_{60}}$, находим горизонталь плоскости основания (рис. 1).

Для построения основания правильной пирамиды строим ее профиль и натуральную величину правильного шестиугольника. На плане (рис. 1) наносим новую декартову систему координат $\bar{\mathbf{O}}\bar{\mathbf{x}}\bar{\mathbf{y}}\bar{\mathbf{z}}$, где ось $\bar{\mathbf{x}}$ проходит через точку $\mathbf{O_{60}}$ и перпендикулярна горизонтали плоскости $\mathbf{O_{60}C_{60}}$. Ось $\bar{\mathbf{y}}$ перпендикулярна оси $\bar{\mathbf{x}}$ (проводится в удобном месте). Ось $\bar{\mathbf{z}}$ совпадает с $\bar{\mathbf{O}}$.

На свободном поле чертежа строим профиль (рис. 2), проходящий через $\bar{\mathbf{z}}\bar{\mathbf{x}}$, а ось $\bar{\mathbf{y}}$ проецируется в точку и совпадает с $\bar{\mathbf{O}}$. На профиле строим точки $\mathbf{A_{80}}$, $\mathbf{O_{60}}$ и $\mathbf{B_{20}}$, которые должны находиться на прямой (коллинейны). Они определяют след плоскости основания пирамиды.

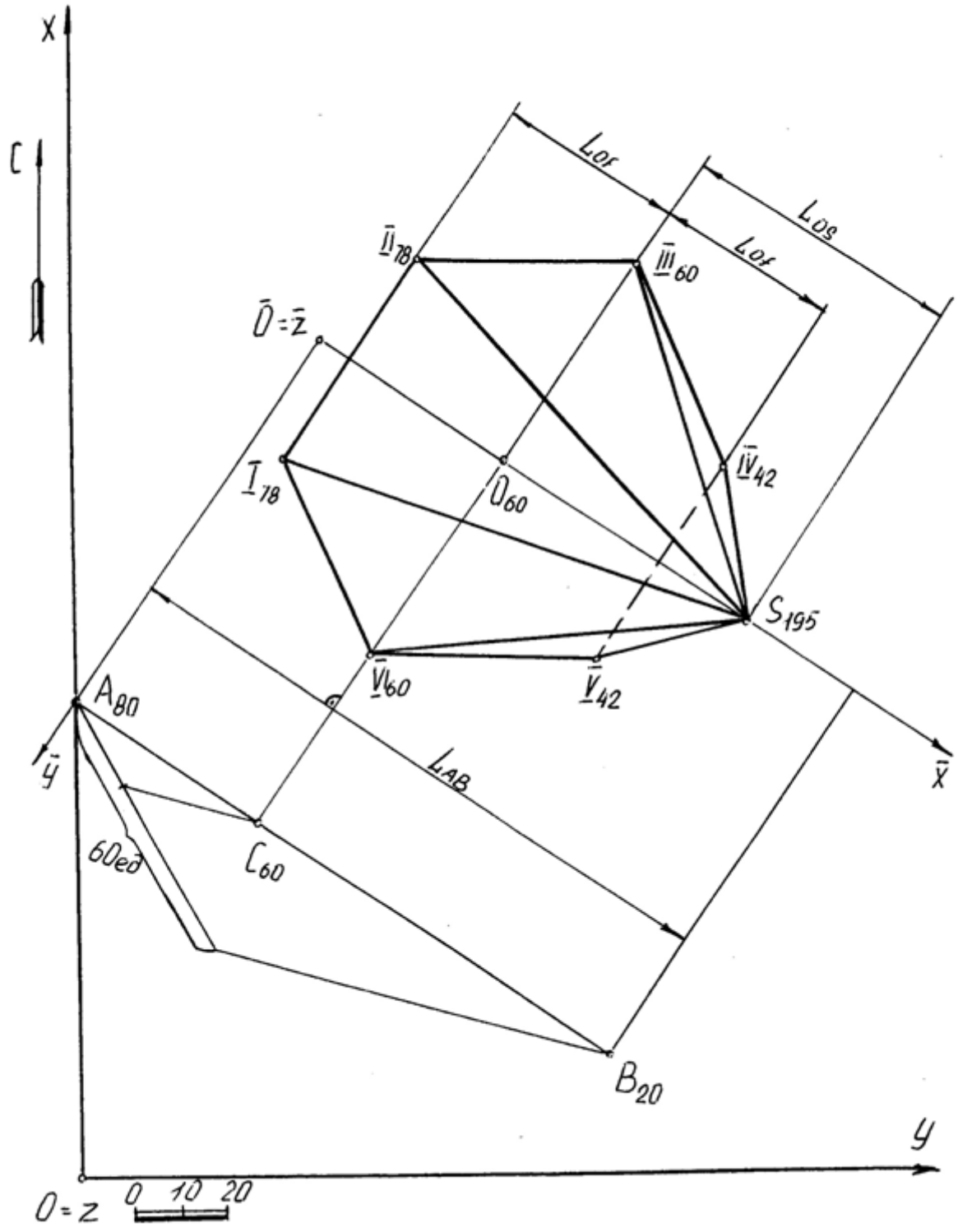

X
C
Lof
Los
Lof
II 78
III 60
O = z
I 78
O 60
IV 42
S 195
V 60
V 42
A 80
y
LAB
x
60ed
C 60
B 20
y
O = z
0 10 20

Рис. 1

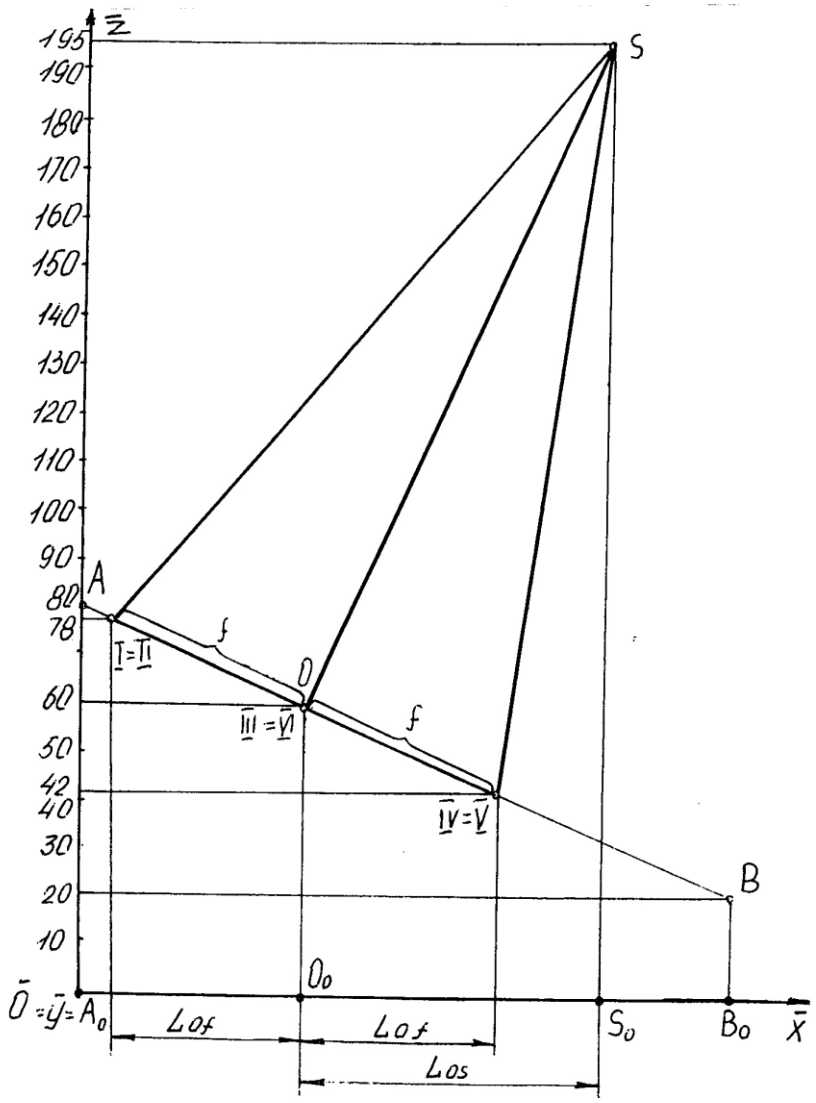


Рис. 2

На свободном месте чертежа строим правильный шестиугольник, являющийся основанием пирамиды (рис. 3).

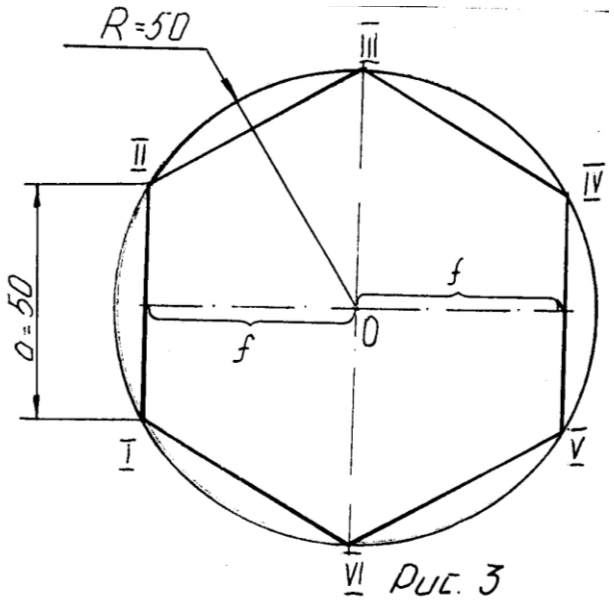


Рис. 3

Затем строим профиль основания пирамиды, т. е. правильный шестиугольник, принадлежащий плоскости основания, причем сторона **I-II** проецируется в точку (по заданию), сторона **IV-V** проецируется в точку, симметричную относительно центра **O**, а точки **III VI** совпадают с центром основания **O**.

Находим высоту пирамиды, которая проходит через точку O перпендикулярно к основанию и равна **h=150** (по заданию). Вершину пирамиды **S** соединяем с точками основания пирамиды и определяем на профиле ее высотную отметку, которая равна **195**.

Построенную на профиле пирамиду переносим на план (рис. 1), используя заложения $\mathbf{L_{of}}$, $\mathbf{L_{os}}$, причем точки (**I**, **II**), (**V**, **IV**), (**VI**, **III**) лежат на горизонталях, высотные отметки которых найдены на профиле. Точка **S** находится на перпендикуляре к горизонтали основания, проходящей через точку $\mathbf{O_{60}}$ на расстоянии $\mathbf{L_s}$.

Полученные точки последовательно соединяем друг с другом и определяем видимость.

Задача 1.2. Сечение тела плоскостью

На профиле строим секущую плоскость Σ_j (рис. 4), которая будет проецироваться в виде прямой линии, т. к. азимут падения α совпадает с азимутом падения основания пирамиды (по заданию). Плоскость Σ_j проходит через точку А под заданным углом падения δ**=30°**. Секущая плоскость Σ_j пересекает ребра пирамиды в точках **D**, **E**, **F**, **K**, **M**, **N**. Полученные точки с профиля переносим на план (рис. 5) с помощью пропорционального деления (если точка делит отрезок в некотором отношении, то и любая проекция этой точки делит проекцию этого отрезка в том же отношении (рис. 6)).

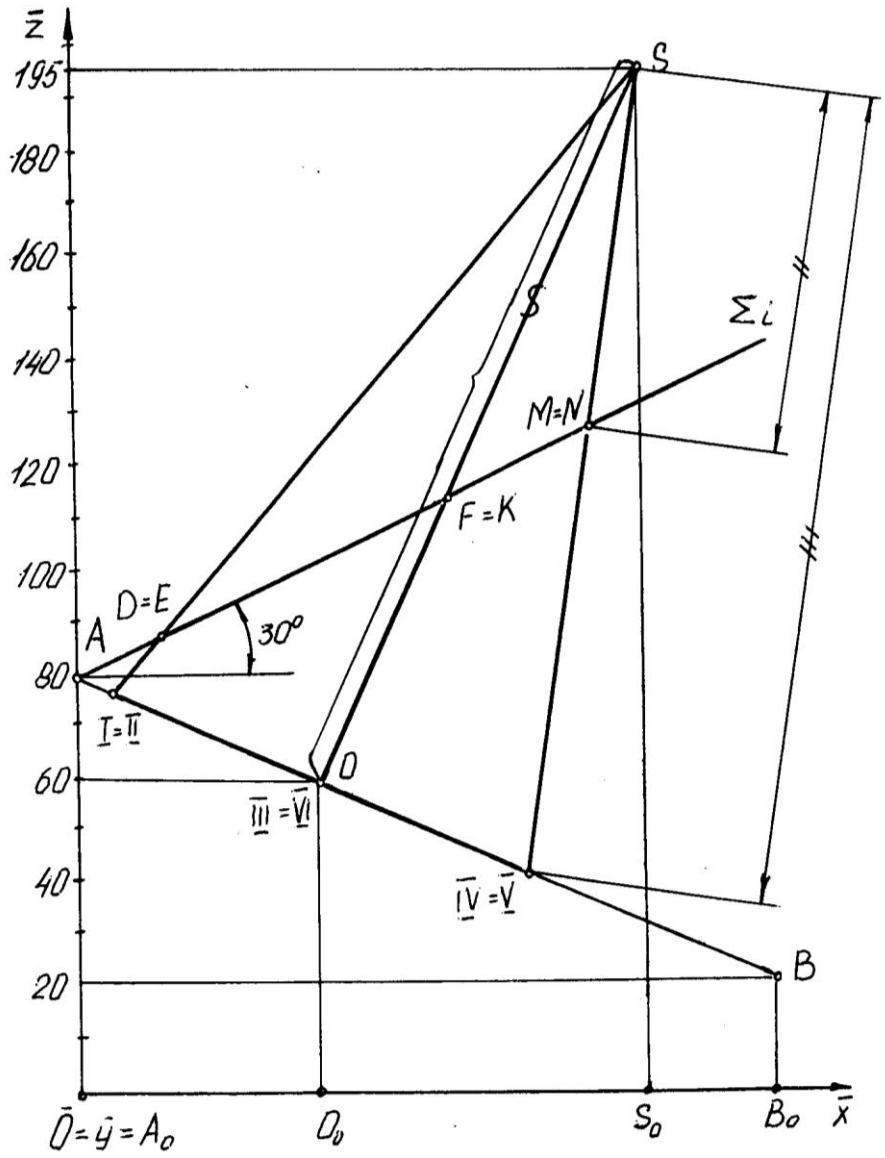
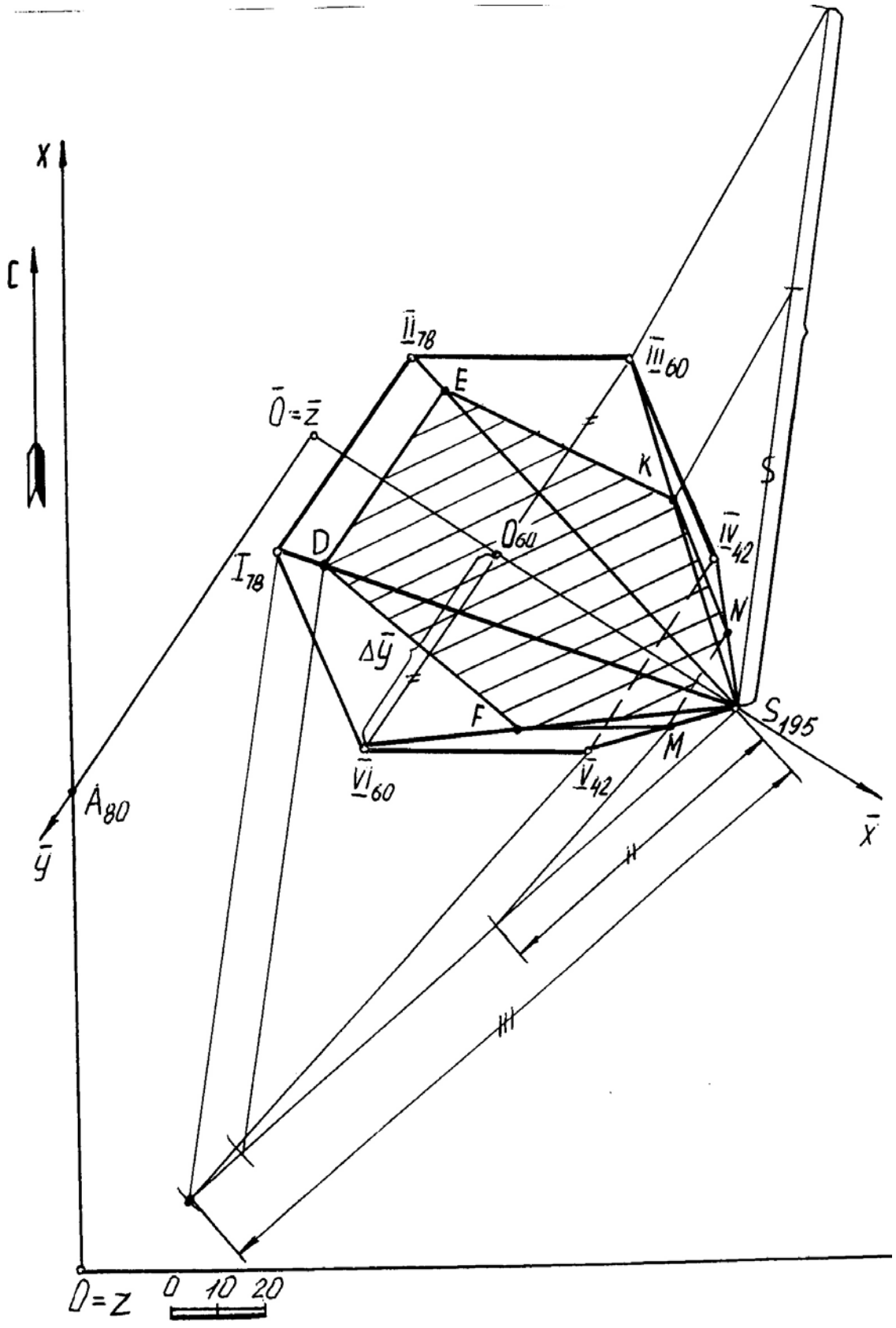


Рис. 4



x
c
$\bar{II}_{78}$
$\bar{III}_{60}$
E
$\bar{O}=\bar{z}$
K
S
$\bar{IV}_{42}$
D
O_{60}
I_{78}
N
$\Delta\bar{y}$
F
S_{195}
M
$\bar{VI}_{60}$
$\bar{V}_{42}$
A_{80}
$\bar{y}$
$\bar{x}$
$O=z$
0 10 20

Рис. 5

Полученные точки **D**, **E**, **F**, **N**, **M** лежат на проецирующих прямых (**DE**), (**FK**) (**NM**), являющихся горизонталями (см. рис. 4), поэтому на плане стороны сечения **DE** и **NM** параллельны горизонталям основания пирамиды, а точки **F** и **K** принадлежат одной горизонтали плоскости сечения (рис. 5).

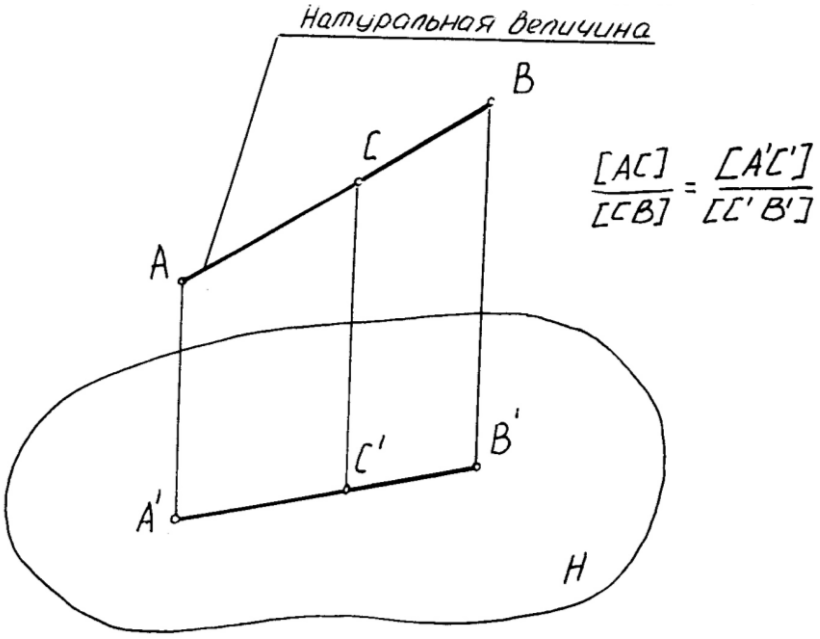


Рис. 6

Задача 1.3. Построение натуральной величины фигуры сечения

Для определения натуральной величины фигуры сечения воспользуемся методом замены плоскостей проекций на профиле, т. к. сечение на этой проекции является проецирующим (рис. 7).

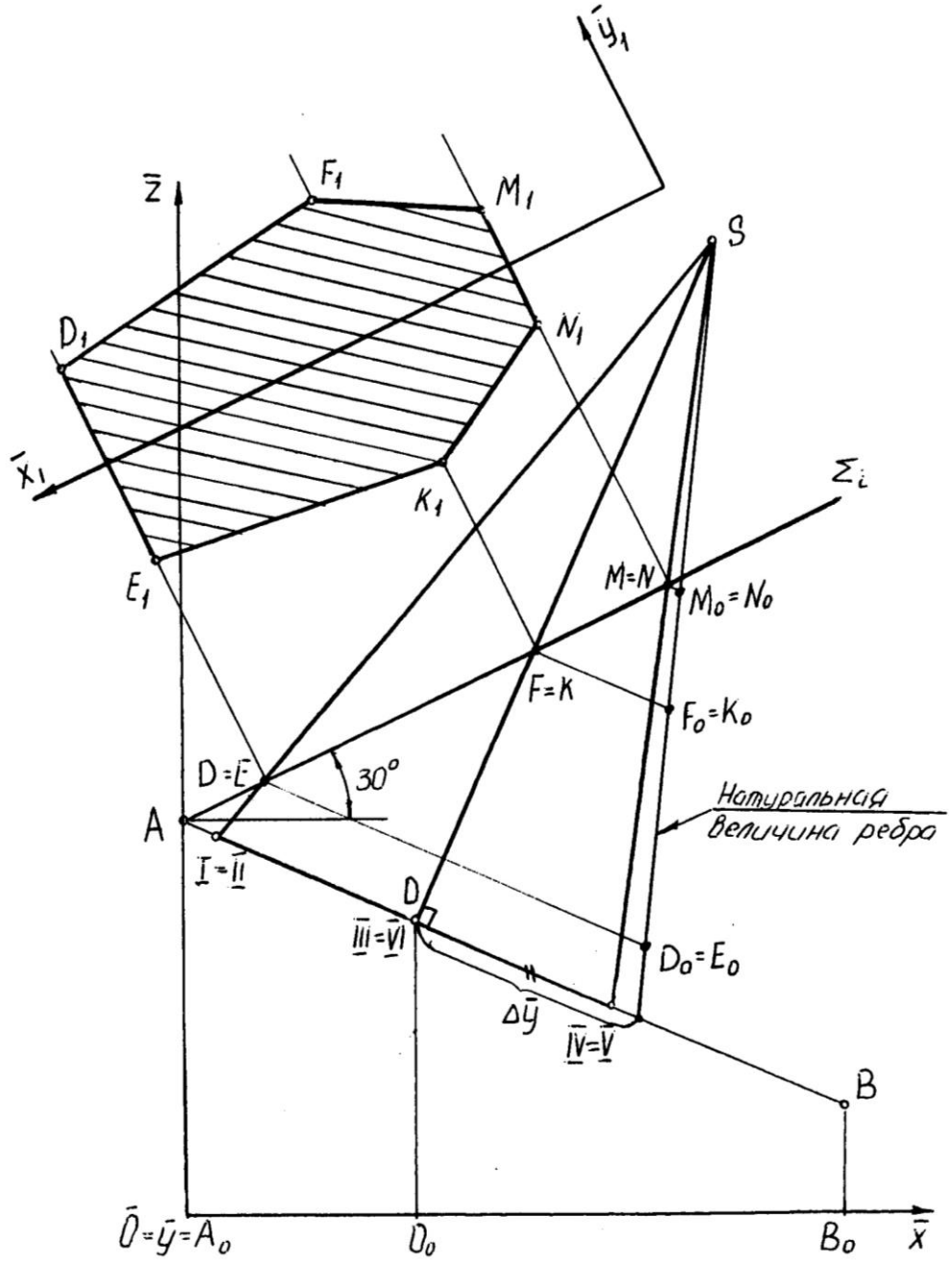


Рис. 7

Новую ось $\bar{x}_1$ выбираем параллельно секущей плоскости Σ_i в удобном для нас месте. Из точек **D,E,F,K,N,M** проводим линии связи перпендикулярно к оси $\bar{x}_1$, на которых откладываем (от оси $\bar{x}_1$) координаты $\bar{y}$ каждой точки, взятой с плана (рис. 5), причем точки E_1, K_1, N_1 имеют отрицательные координаты. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией и получаем натуральную величину фигуры сечения.

Задача 1.4 Построение развертки боковой поверхности пирамиды

Для построения развертки строим натуральную величину ребра правильной пирамиды на профиле (рис. 7) методом прямоугольного треугольника - одним катетом которого является ребро **S III** (**S YI**), другим катетом прямого угла, который совпадает с основанием пирамиды, является разность координат $\Delta \bar{y}$ концов отрезка, взятых с плана (рис.5). Гипотенуза прямоугольного треугольника есть натуральная величина всех ребер пирамиды.

Для определения линии сечения на развертке, на натуральную величину ребра переносим (в пропорциональном отношении) точки сечения $D_0E_0F_0K_0M_0N_0$ (рис. 7).

На свободном поле чертежа выбираем произвольную точку **S** и проводим дугу окружности радиусом, равным натуральной величине ребра пмрамиды (рис. 8).

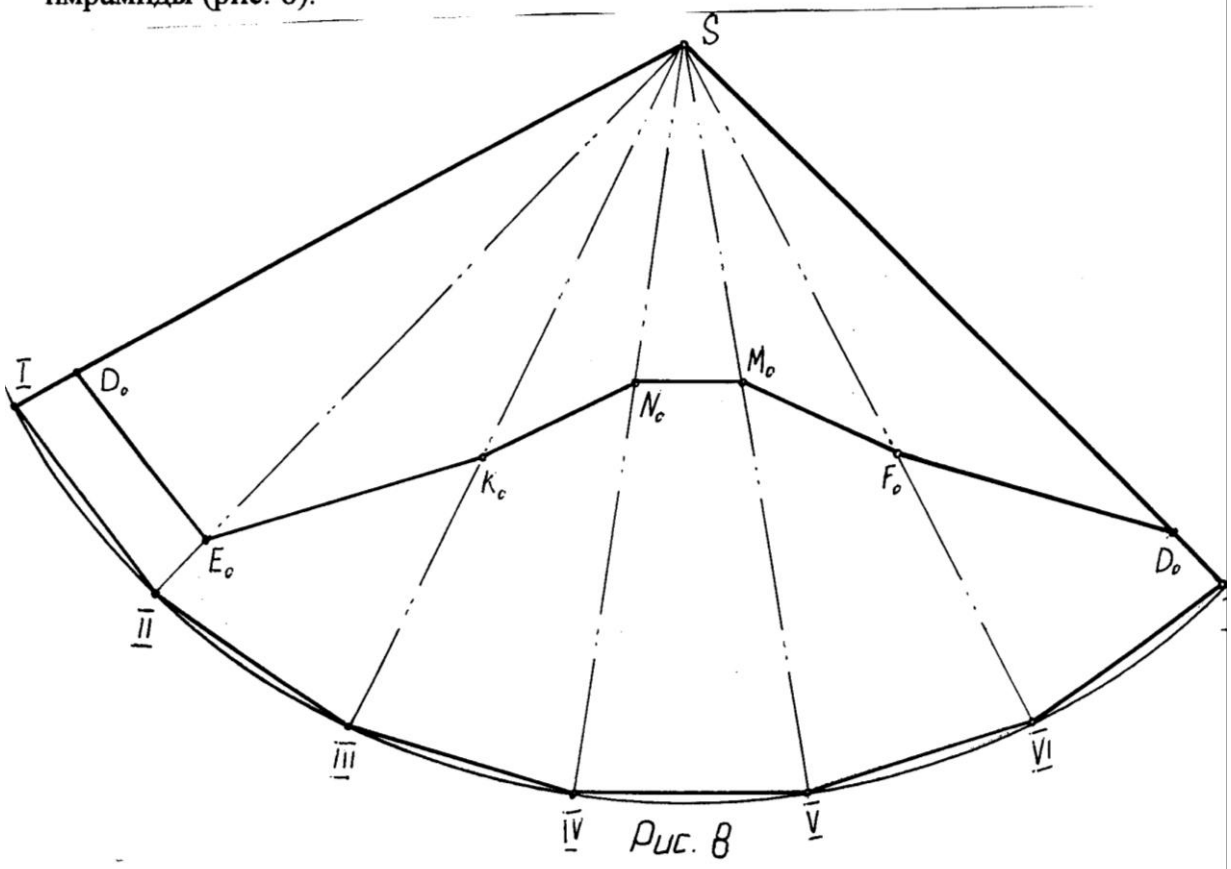


Рис. 8

На полученной дуге откладываем шесть одинаковых отрезков, равных стороне основания правильной пирамиды. Последовательно соединяем найденные точки и получаем развертку боковой поверхности пирамиды.

Для построения линии сечения на развертке переносим точки $\mathbf{D_0\ E_0\ F_0\ K_0\ N_0\ M_0}$, взятые с профиля натуральной величины (рис. 7), на соответствующие ребра развертки пирамиды. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией. Построение развертки боковой поверхности пирамиды осуществляется таким образом, так как у правильной пирамиды все боковые ребра одинаковые.

Пример 2

Задание:

В проекциях с числовыми отметками:

1.Построить трехгранную призму, основание которой принадлежит плоскости **ОАВ**. Точка **О** - центр описанной окружности правильного треугольника нижнего основания, одна сторона которого параллельна основной плоскости проекций H_0. Радиус описанной окружности **R**=50.

Точка **О′** - центр описанной окружности правильного треугольника (тяжести) верхнего основания. Координаты точек:

точка **О** (150; 90; 60);

точка **О′** (100; 120; 190);

точка **А** (100; 0; 80);

точка **В** (25; 110; 20).

2.Построить сечение заданной призмы плоскостью Σ_i. Плоскость Σ_i проходит через точку **L** и перпендикулярна к боковым ребрам призмы. Точка **L** задана координатами: **L** (110; 160; 70).

3.Построить натуральную величину фигуры сечения призмы плоскостью Σ_i .

4.Построить развертку боковой поверхности призмы с нанесением линии сечения.

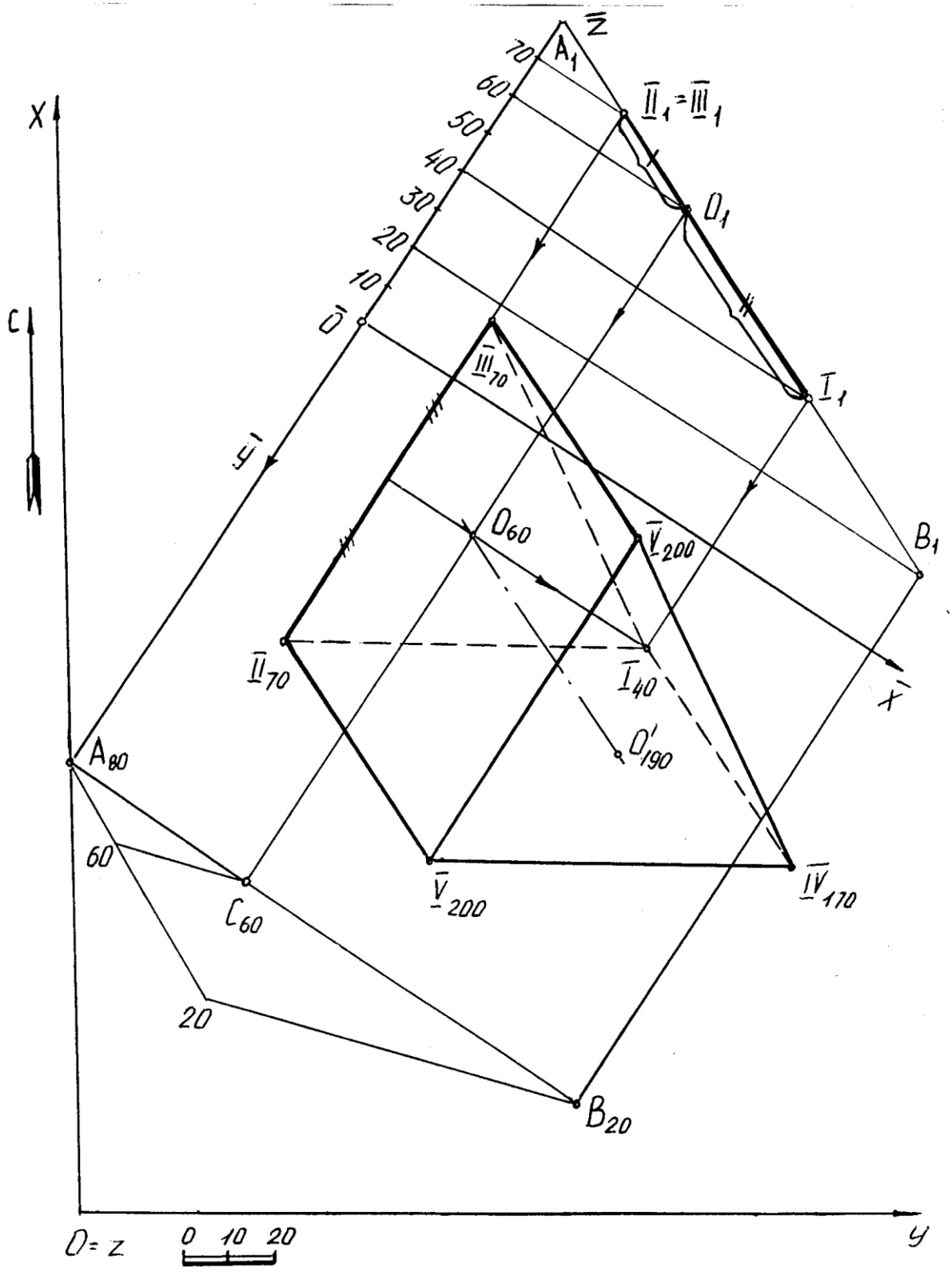
Задача 2.1 Построение призмы

По заданным координатам на плане строим точки **О**, **А**, **В**, **О′**. В плоскости **Δ ОАВ** находим горизонталь, проходящую через точку **О** (см. задачу 1.1).

Для построения нижнего основания призмы на плане строим профиль плоскости **ОАВ** методом замены плоскостей проекций (рис. 9) и натуральную величину правильного треугольника **I II III** (рис. 10).

На плане (рис. 9) наносим новую декартову систему координат $\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, где ось $\bar{x}$ перпендикулярна горизонтали плоскости $O_{60}C_{60}$ (выбирается в удобном для нас месте). Ось $\bar{y}$ перпендикулярна оси $\bar{x}$ и проходит через точку **А**.

В новой системе координат $\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, строим профиль плоскости нижнего основания, проходящие через точки $A_1O_1B_1$ (при правильном построении эти точки лежат на одной прямой). На построенном профиле находим нижнее основание призмы (рис. 9). Причем, сторона II_1-III_1 на профиле проецируется в точку (по заданию). На профиле определяем высотные отметки точек нижнего основания. Полученные точки с помощью линий связи переносим на план (сторона **II-III** проецируется в натуральную величину, а вершина **I** находится на линии ската, которая проходит через точку O_{60}). Точки I_{40} II_{70} III_{70} определяют нижнее основание призмы.



X
C
Z
A1
70
60
50
40
30
20
10
O
II1 = III1
O1
I1
III70
y
O60
V200
B1
II70
I40
x
O'190
A80
60
C60
V200
IV170
20
B20
O = z
0 10 20
y

Рис 9

Строим центр описанной окружности (центр тяжести) верхнего основания призмы **O′** по заданным координатам. Соединяем точки **O** и **O′** прямой линией. Из точек **I II III** нижнего основания призмы проводим прямые, параллельные и равные оси призмы **OO′**. Найденные точки **IV V VI** определяют верхнее основание искомой призмы. Последовательно соединяем найденные точки ломаной линией и определяем видимость ребер построенной призмы.

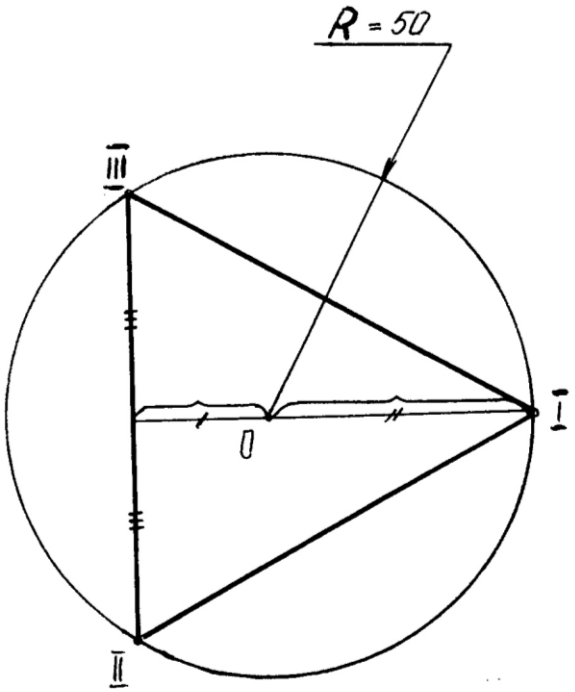


Рис 10

Задача 2.2. Сечение призмы плоскостью

По заданным координатам на плане строим точку L, через которую проходит плоскость Σi, перпендикулярная к боковым ребрам призмы (рис. 11).

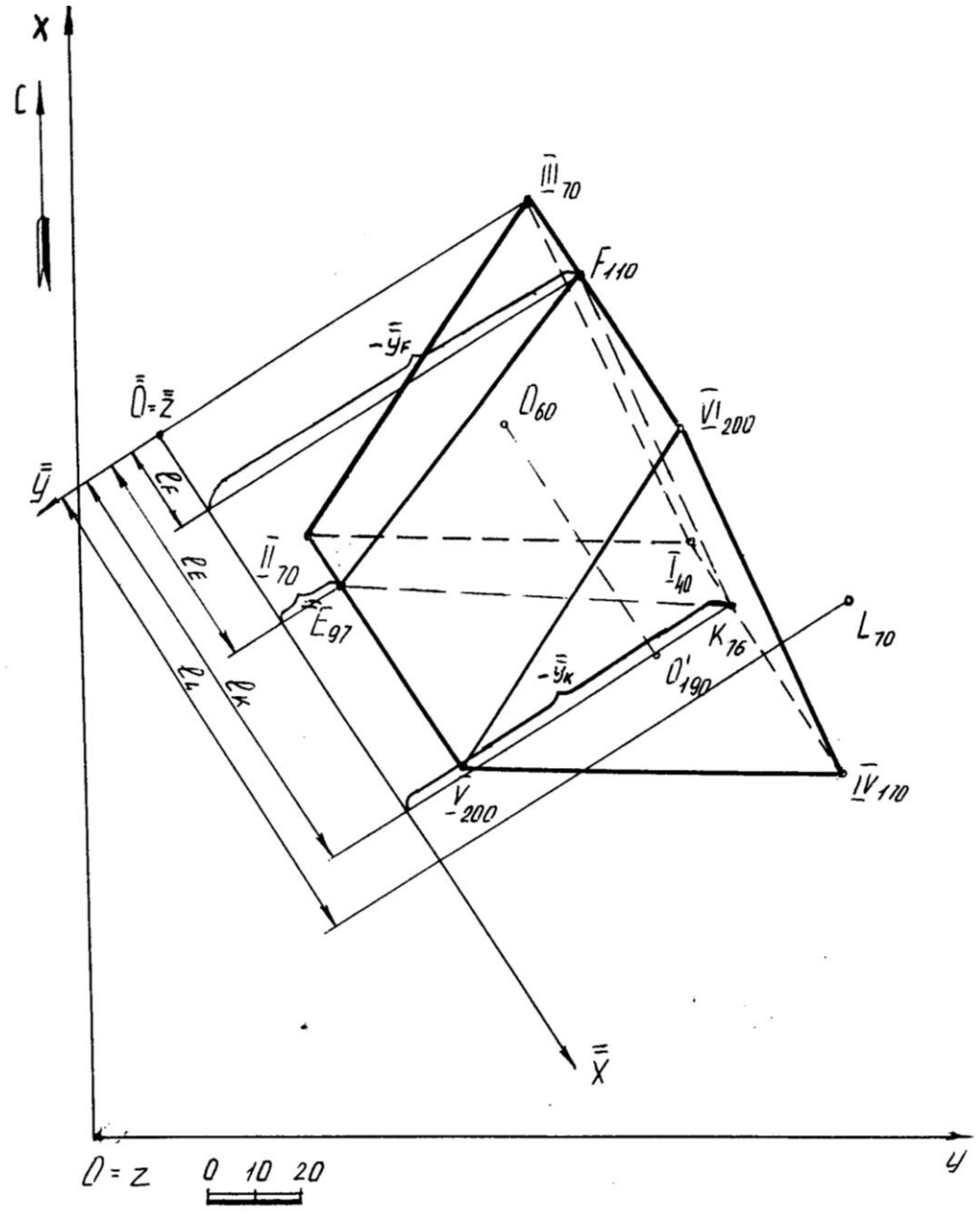


Рис. 11

Для нахождения плоскости Σ_i и сечения призмы этой плоскостью вводим новую декартову систему координат $\overline{\overline{Oxyz}}$ таким образом, чтобы боковые ребра призмы в этой системе (профиле) проецировались в натуральную величину. Следовательно, ось $\bar{\bar{x}}$ на плане проводим параллельно

боковым ребрам, ось $\bar{\bar{y}}$ перпендикулярна оси $\bar{\bar{x}}$ и проходит через точку $\mathbf{III_{70}}$. Ось $\bar{\bar{z}}$ совпадает с началом отсчета новой системы координат $\bar{\bar{O}}$ (рис. 11).

На свободном поле чертежа строим профиль призмы и секущей плоскости Σ_i в системе $\overline{\overline{Oxyz}}$ (рис. 12). Секущая плоскость Σ_i проходит через точку **L** и проецируется в виде прямой, перпендикулярной к боковым ребрам призмы (по заданию). Найденное сечение **FEK** переносим на план с помощью интервалов (l_F, l_E, l_K) и принадлежности. Определяют видимость сечения (если грань является видимой, то и линия, принадлежащая ей, видима).

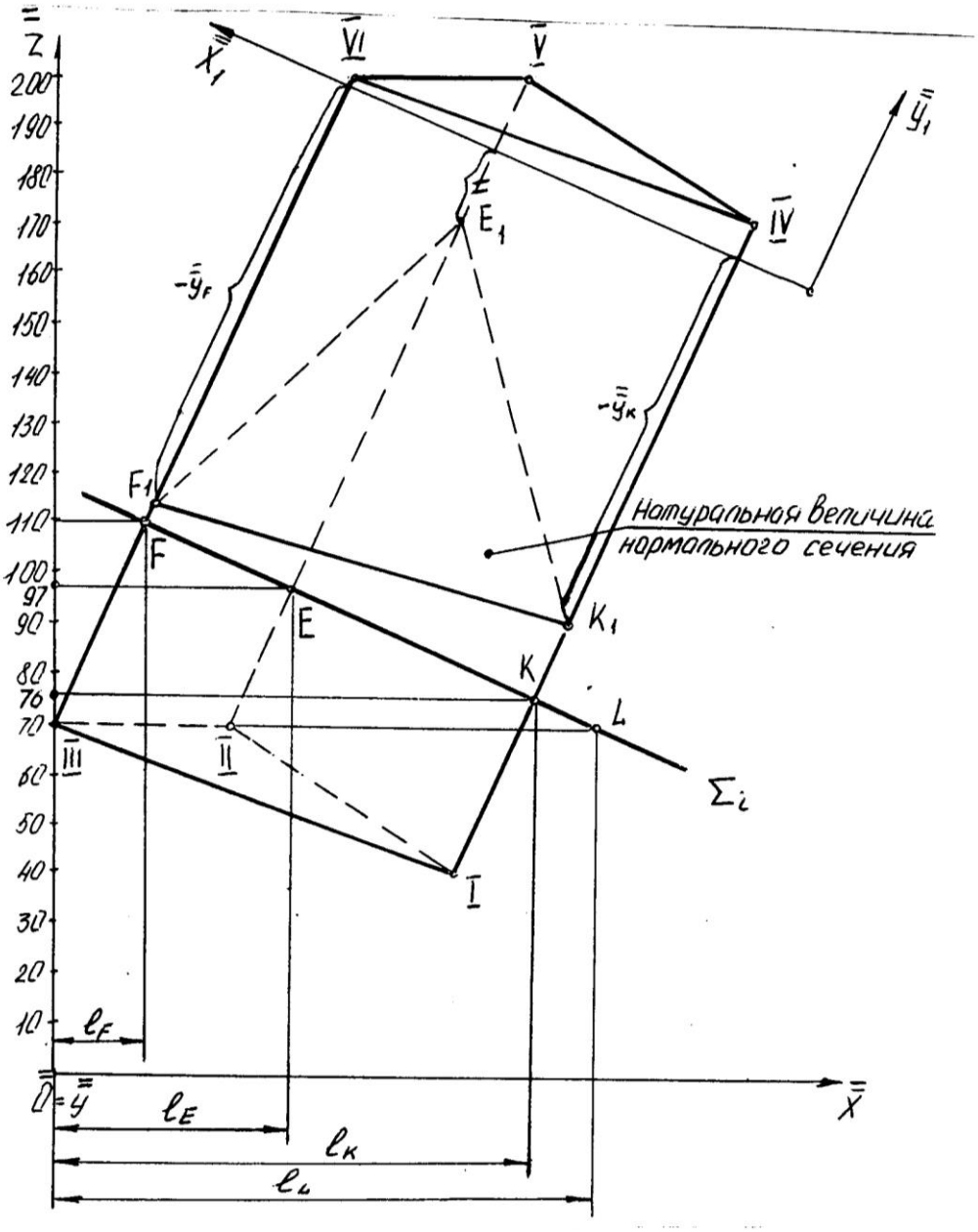


Рис. 12

Задача 2.3 Построение натуральной величины фигуры сечения (нормального сечения)

Для определения натуральной величины фигуры сечения воспользуемся методом замены плоскостей проекций на профиле (рис.12), т.к. сечение на этой проекции является проецирующим. Новую ось $\overline{\overline{x}}_1$ выбираем параллельно секущей плоскости Σ_i в удобном для нас месте. Из точек **F**, **E**, **K** проводим линии связи, перпендикулярные к $\overline{\overline{x}}_1$, на которых откладываем (от оси $\overline{\overline{x}}_1$) координаты $\overline{\overline{y}}$, взятые с плана (рис. 11). Причем, координаты $\overline{\overline{y}}$ точек являются отрицательными. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией и получаем натуральную величину фигуры сечения.

Задача 2.4 Построение развертки боковой поверхности призмы

Для построения развертки боковой поверхности призмы воспользуемся методом нормального сечения, т.к. плоскость Σ_i проходит перпендикулярно к боковым ребрам призмы, поэтому сечение **FEK** является нормальным. На свободном поле чертежа разворачиваем в прямую линию натуральную величину нормального сечения. Через точки **FEKF** проводим вертикальные линии и откладываем на них (от этих точек) расстояния, равные натуральной величине ребер до верхнего и нижнего основания призмы, взятые с профиля (рис. 13). Найденные точки последовательно соединяют ломаной линией.

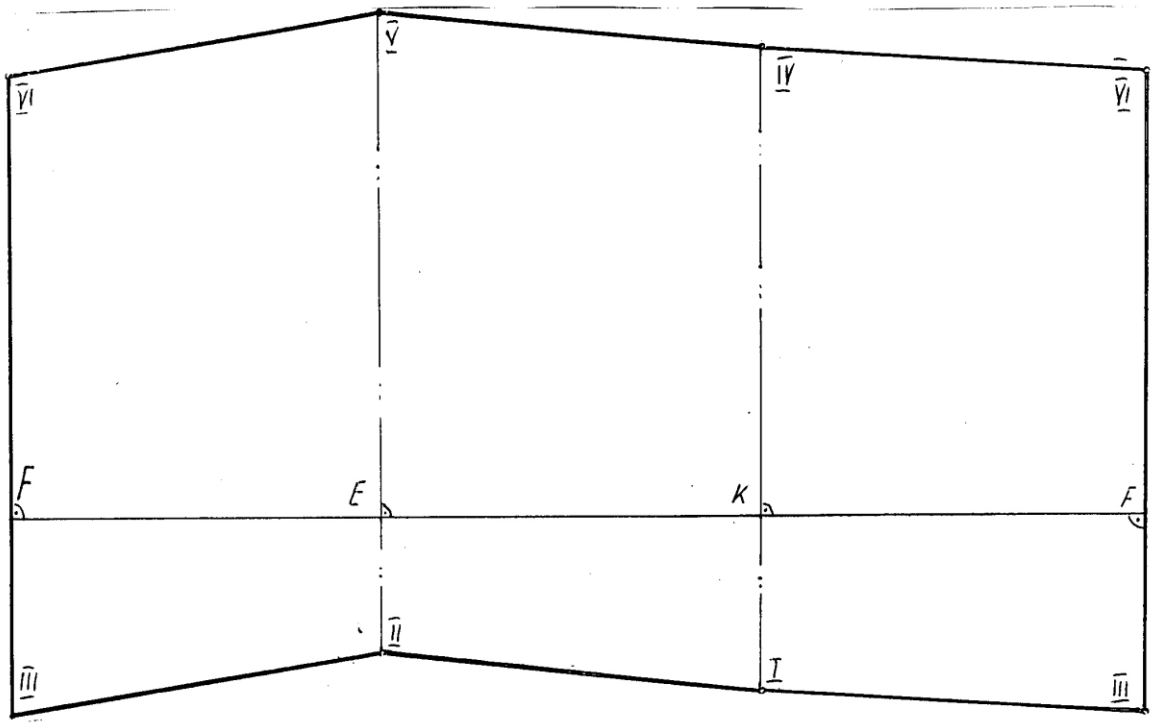


Рис. 13

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ТАБЛИЦА 1

Номер варианта	Секущая плоскость (угол падения) Σ_i	Пирамида		
		сторона основания (a)	высота (h)	Координаты точек A, B, O
1	30°	40	150	A: $x_A = 100$, $y_A = 0$, $z_A = 80$ B: $x_B = 25$, $y_B = 110$, $z_B = 20$ O: $x_O = 150$, $y_O = 90$, $z_O = 60$
3	25°	45	150	
5	20°	50	150	
7	15°	55	150	
9	10°	60	150	
11	0°	40	155	
13	5°	45	155	
15	10°	50	155	
17	15°	55	155	
19	20°	60	155	
21	5°	40	160	
23	10°	45	160	
25	15°	50	160	
27	20°	55	160	
29	25°	60	160	
31	30°	40	150	A: $x_A = 100$, $y_A = 0$, $z_A = 80$ B: $x_B = 30$, $y_B = 115$, $z_B = 250$ O: $x_O = 140$, $y_O = 80$, $z_O = 50$
33	25°	45	150	
35	20°	50	150	
37	15°	55	150	
39	10°	60	150	
41	0°	40	155	
43	5°	45	155	
45	10°	50	155	

Продолжение табл. 1

Номер варианта	Призма													Нормальная плоскость		
	R	O			O’			A			B			L		
		x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
2	40	100	50	50	65	125	180	150	30	100	100	130	30	30	110	50
4	40	100	55	50	65	130	185	150	35	100	100	125	30	35	110	55
6	45	100	60	60	65	140	190	150	40	100	100	120	30	30	110	60
8	45	100	65	65	65	145	180	150	20	100	100	115	30	30	110	65
10	50	100	70	70	65	150	170	150	15	100	100	110	30	30	110	65
12	50	150	90	60	95	115	195	110	0	70	20	120	25	105	155	75
14	55	145	85	60	110	120	190	100	0	80	25	110	20	110	160	75
16	45	155	85	60	95	115	195	105	0	80	15	105	20	100	150	80
18	50	110	50	45	50	130	160	160	5	110	110	105	40	30	100	50
20	45	110	55	50	50	135	165	160	10	110	110	110	40	25	100	45
22	40	110	60	55	50	140	170	160	15	110	110	115	40	20	100	55
24	35	110	65	60	50	145	175	160	20	110	110	120	40	35	100	60
26	50	110	70	65	50	150	180	160	25	110	110	125	40	30	100	45
28	40	95	40	60	120	130	160	170	0	120	120	100	50	80	130	60
30	35	95	45	65	120	135	165	170	5	120	120	105	50	85	135	65
32	40	95	50	70	120	140	170	170	10	120	120	110	50	90	140	70
34	40	95	55	75	120	145	175	170	15	120	120	115	50	80	130	70
36	35	95	60	80	120	150	180	170	20	120	120	120	50	85	135	60
38	35	80	30	55	130	135	185	140	10	90	90	110	20	80	150	70
40	30	80	35	60	130	140	190	140	15	90	90	115	20	85	150	75
42	35	80	30	65	130	145	195	140	20	90	90	120	20	80	150	70
44	40	80	35	70	130	150	100	140	25	90	90	125	20	85	150	75
46	40	80	40	75	130	150	105	140	30	90	90	130	20	90	150	80

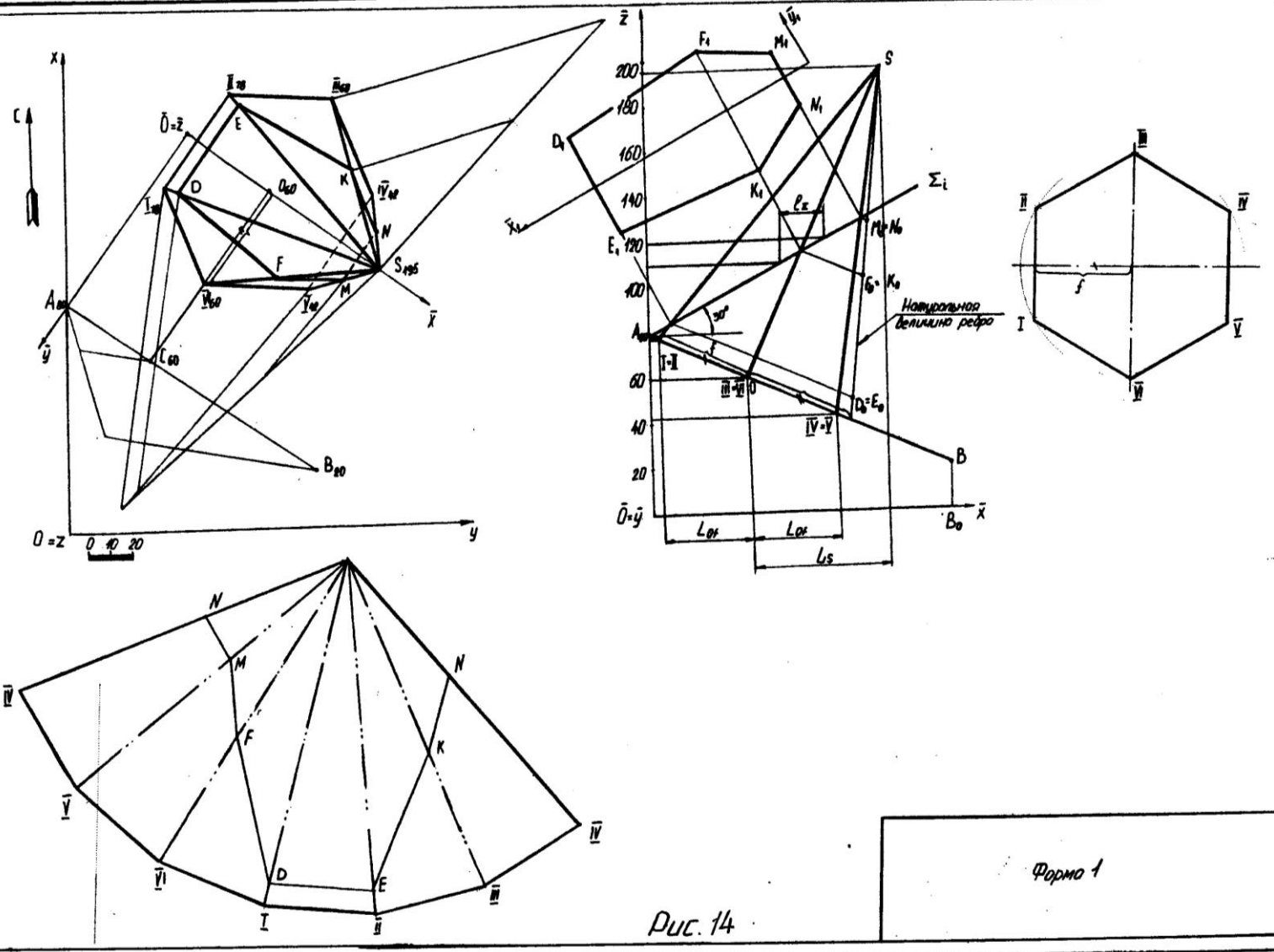


Рис. 14

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Эпюр № 2» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 1,6 Уч. - изд. 1,39. Тираж 150 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ 4
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА 4
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА 6
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 14
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 15

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие «Эпюр № 1выполнено на основе учебного пособия А. И. Образцова, изданного в 1953 году.

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

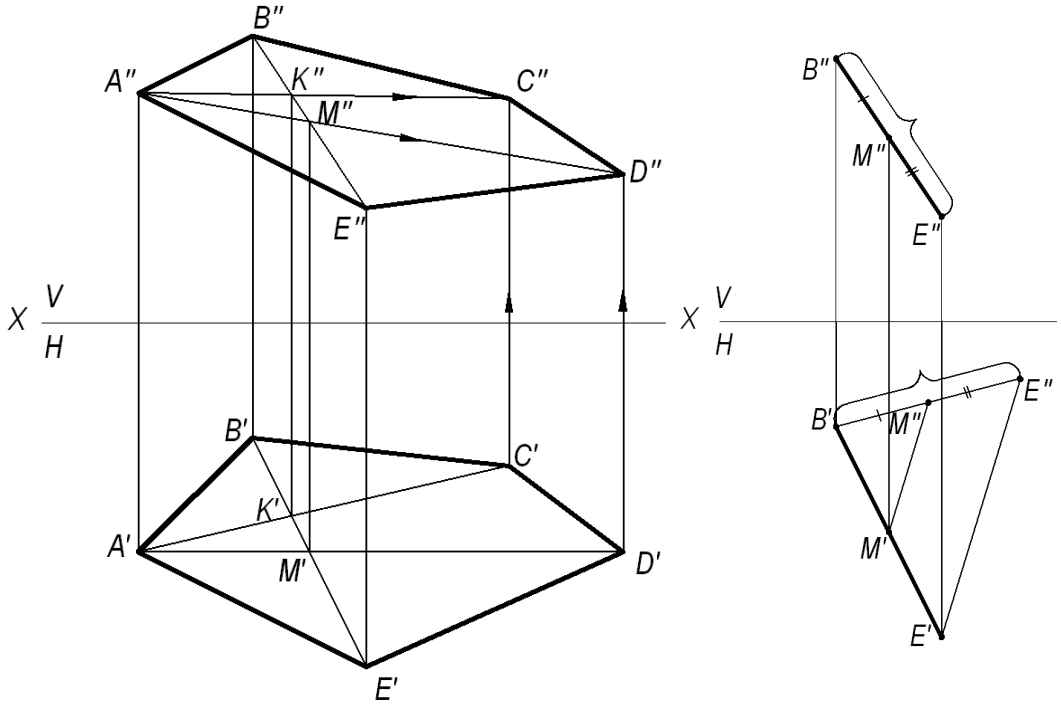
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

Задача 1. Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C, D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).



а) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

а- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

Задача 2. Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

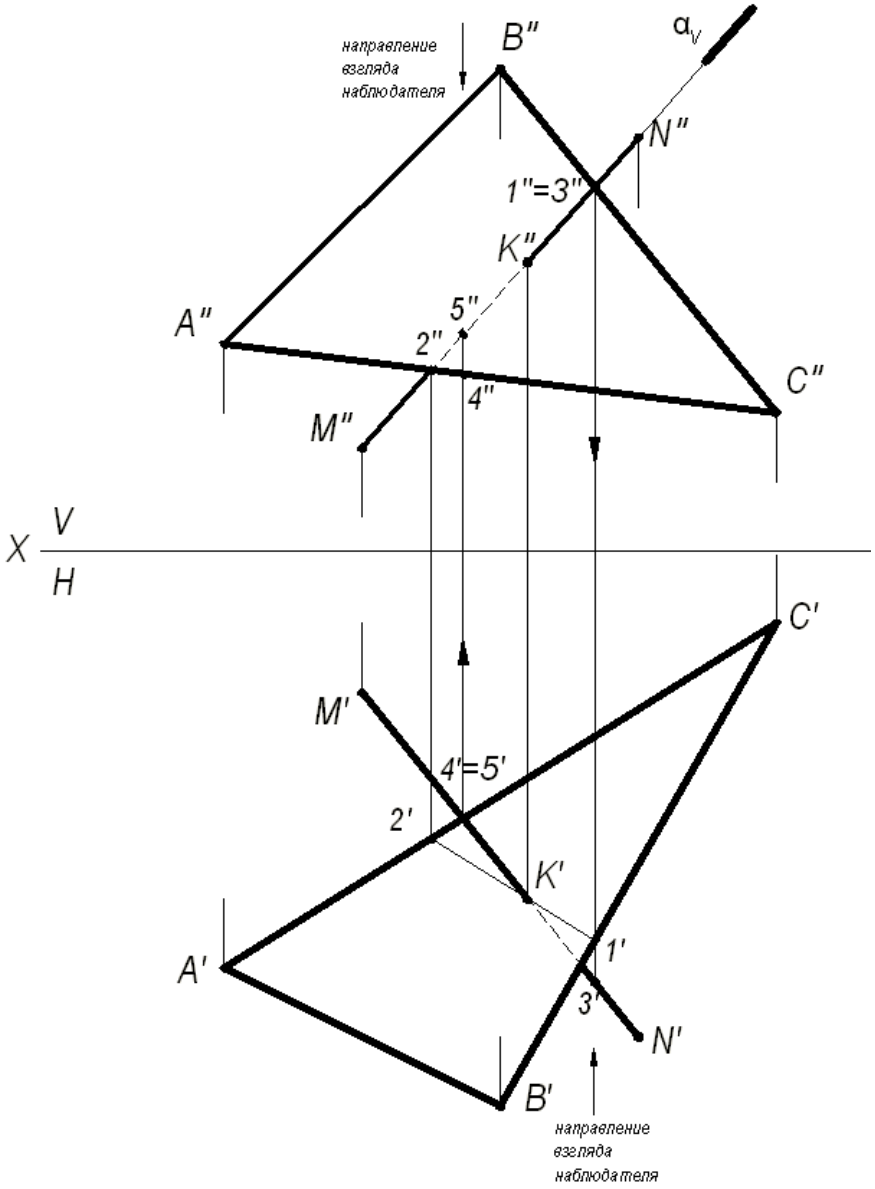


Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник α, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника α будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника α с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

Определение видимости на чертеже.

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K′*.

Задача 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость Δ*ABC* – плоскость общего положения, плоскость Δ*DEK* – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

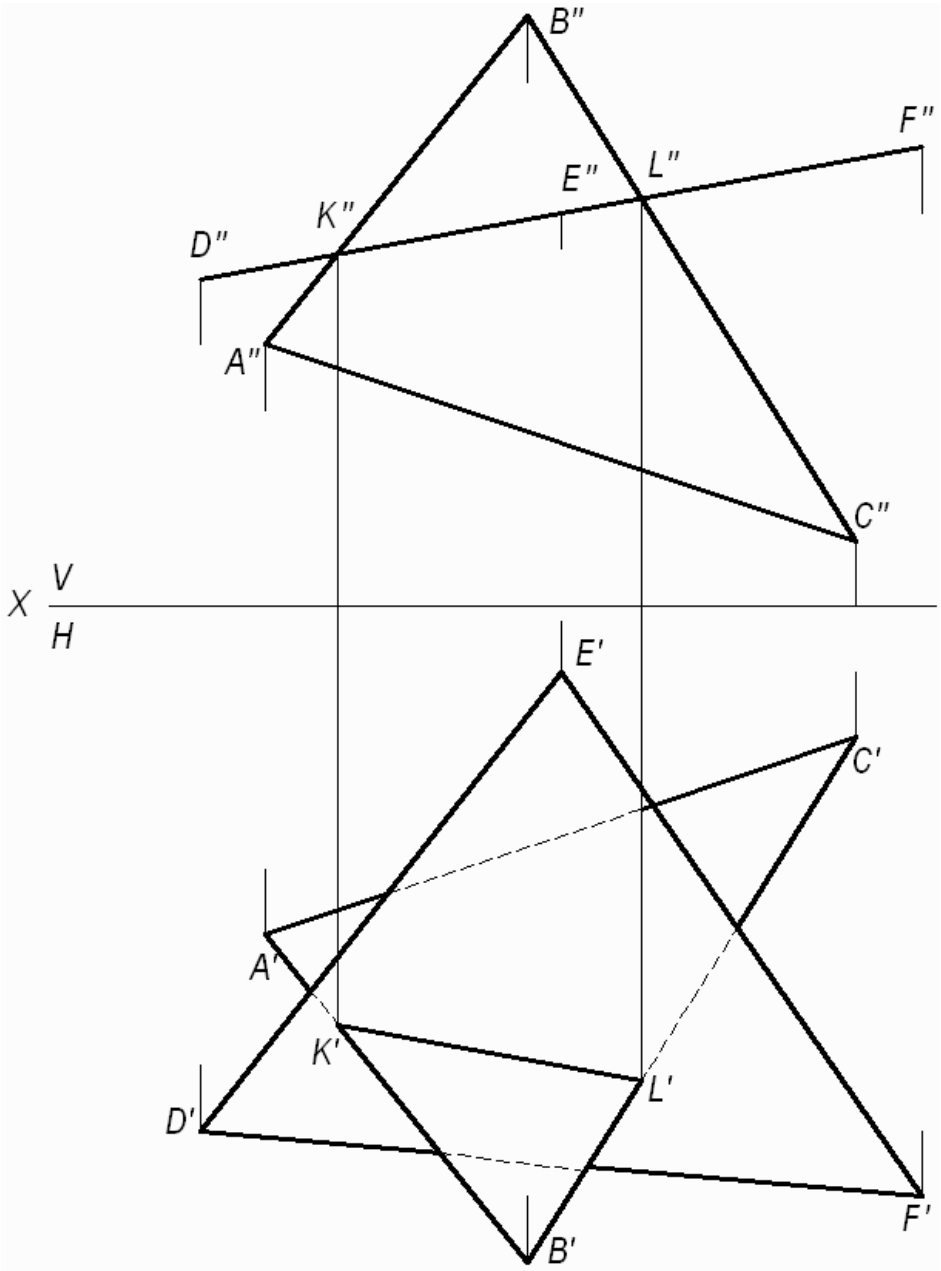


Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция ΔDEK совпадает с фронтальным следом плоскости и фронтальной проекцией линии пересечения треугольников.

(*KL*) - линия пересечения двух треугольников. Проекции этой линии пересечения – фронтальную и горизонтальную строят исходя из свойства принадлежности точек *K* и *L* сторонам (*AB*) и (*BC)*, соответственно. Видимость треугольников на горизонтальной плоскости проекций определяем методом конкурирующих точек, рассмотренном в задаче 2.

Задача 4. Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.

Даны две плоскости общего положения, заданные треугольниками *ABC* и *DEK*. Построить линию пересечения двух треугольников, определить видимость треугольников на проекциях.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, каждая из которых одновременно принадлежит обеим плоскостям. Общие точки определяются решением основной позиционной задачи начертательной геометрии – построение точки пересечения прямой с плоскостью (см. рис. 2).

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие плоскости). Решение задачи приведено на рис. 4.

Алгоритм решения задачи:

1. Определяют первую точку линии пересечения двух треугольников – точку *M*.

1.1. Фронтально-проецирующая плоскость α проведена через сторону *DK* и задана на чертеже фронтальным следом α_V.

1.2. Плоскость α пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой (1,2), на чертеже строят две проекции этой прямой.

1.3. Прямая (1,2) пересекает сторону *DK* в точке *M*, строят две проекции точки *M″* и *M′*.

2. Определяют вторую точку искомой линии пересечения двух треугольников – точку *N*.

2.1. Горизонтально-проецирующая плоскость β проведена через сторону *AB* и задана на чертеже горизонтальным следом β_H.

2.2. Плоскость β пересекает плоскость треугольника *DEK* по прямой (3,4), на чертеже строят две проекции этой прямой.

2.3. Прямая (3,4) пересекает *AB* в точке *N*, строят две проекции точки *N″* и *N′*.

Плоскости треугольников *ABC* и *DEK* пересекаются по прямой *MN*.

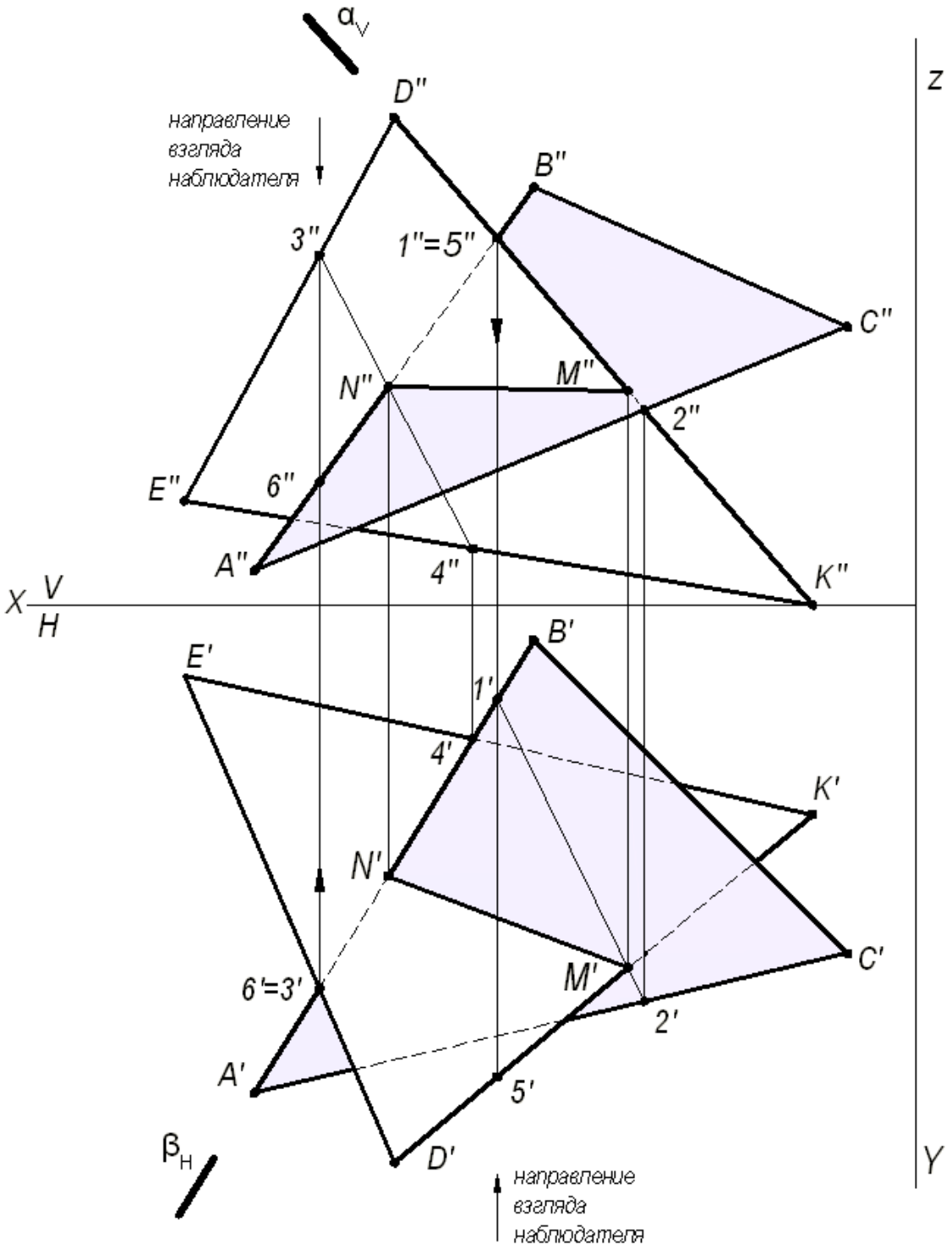


Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяют методом конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* выбираем две скрещивающиеся прямые *D″K″* и *A″B″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1″ и 5″. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 5′, лежащая на проекции прямой *D′K′*, будет закрывать про-

екцию точки 1′, лежащую на проекции прямой $A'B'$, т. к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на фронтальной плоскости проекция $D''K''$ будет закрывать проекцию $A''B''$. Границей видимости является проекция линии пересечения $M''N''$.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций H выбираем две скрещивающиеся прямые $A'B'$ и $D'E'$, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 3′ и 6′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 3″, лежащая на проекции прямой $D''E''$, будет закрывать проекцию точки 6″, лежащую на проекции прямой $A''B''$, т.к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекция $D'E'$ будет закрывать проекцию $A'B'$. Границей видимости является проекция линии пересечения $N'M'$.

Задача 5. Построить две проекции линии пересечения плоскости α - общего положения, заданной следами и плоскости β - общего положения, заданной параллельными прямыми a и b.

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (плоскости уровня), пересекающие заданные плоскости по прямым, недостающие проекции которых легко строятся и пересекаются в пределах чертежа.

Графическое решение задачи приведено на рис. 5.

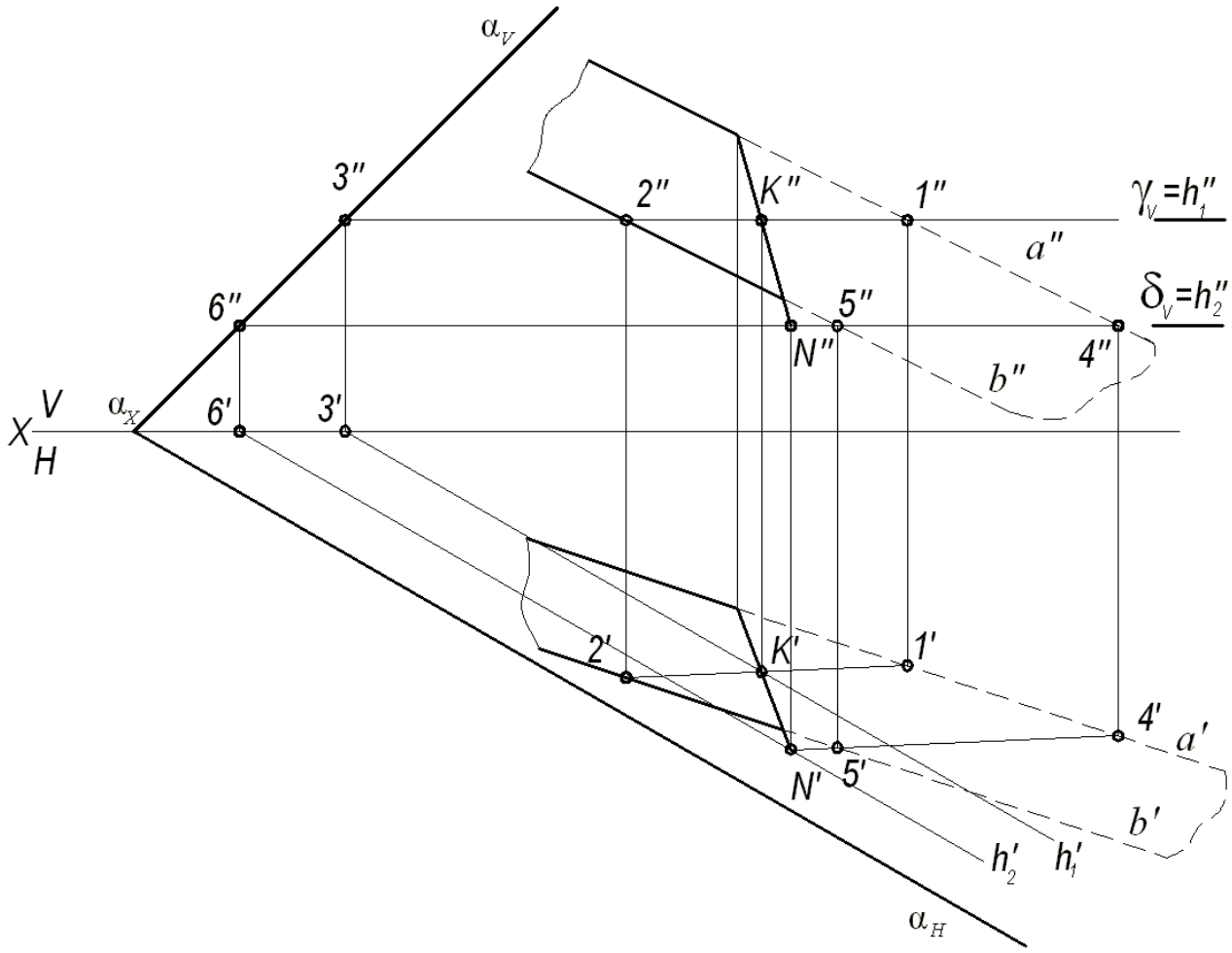
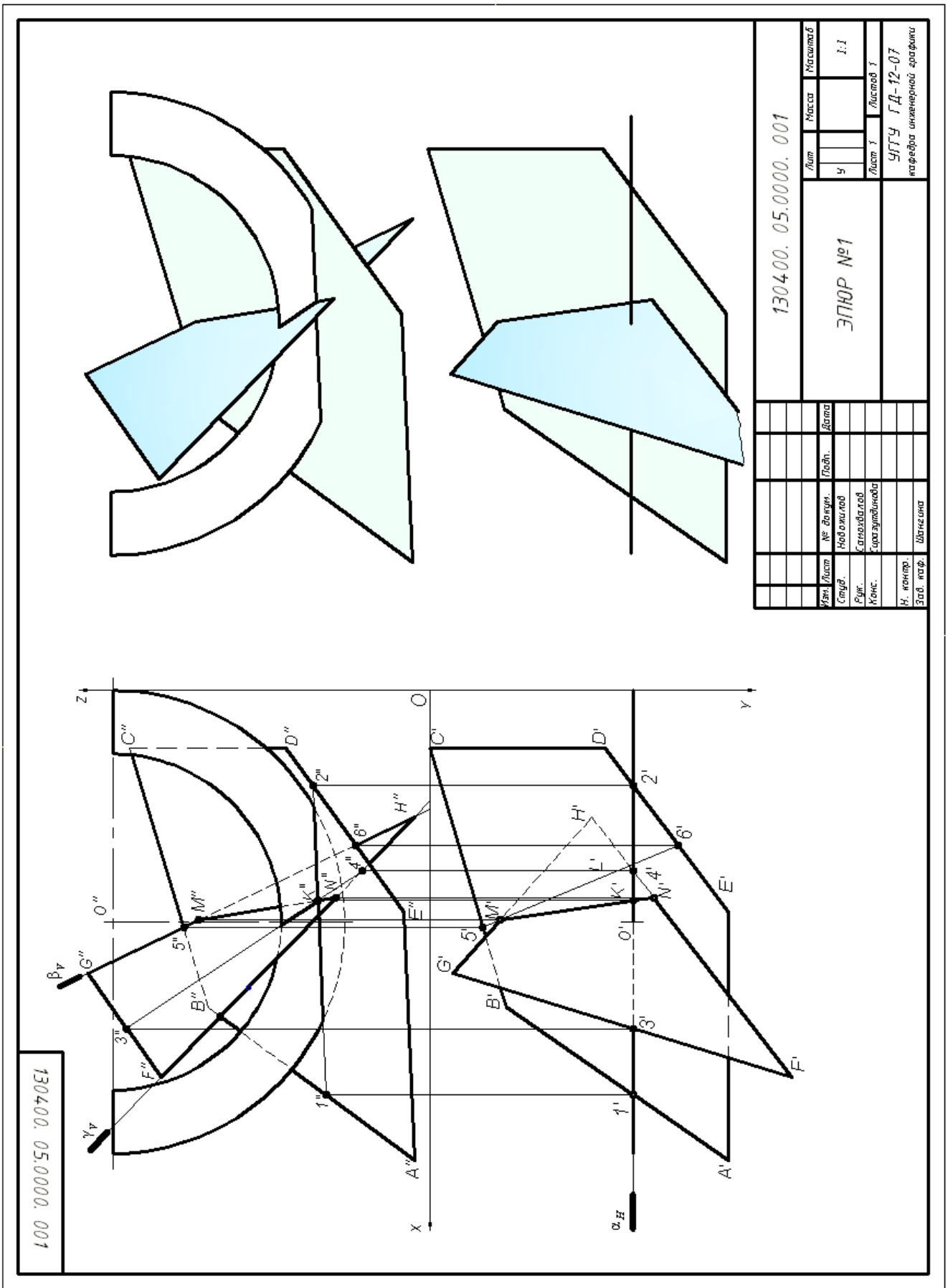


Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

Вспомогательная горизонтальная плоскость-посредник γ задана следом γ_V и пересекает плоскость α по горизонтали, проходящей через точку 3, а плоскость β по горизонтали (1, 2). Горизонтальные проекции этих горизонталей пересекаются в точке *K*. Строят фронтальную проекцию точки *K*, используя свойство принадлежности точки прямой линии. Точка *K* принадлежит обеим плоскостям α и β. Вторая точка *N*, общая для двух плоскостей α и β, определяется второй вспомогательной плоскостью-посредником частного положения δ (на чертеже задана следом δ_V). Искомая прямая (*KN*) является линией пересечения двух плоскостей α и β.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 2007.272 с.

2. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 121 с.

3. Самохвалов Ю. И., Шангина Е. И. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 96 с.



Минобрнауки Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов,
выполнению практических и контрольных работ

Екатеринбург
2019

Минобрнауки Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по УМК

_____доц. С. А. Упоров

«___»_____2019 г.

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов,
выполнению практических и контрольных работ

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

В 67

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от 19.12.2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета.

Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

В67 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов, выполнению практических и контрольных работ / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков, Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. 156 с.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Статика твердого тела. Равновесие произвольной плоской и пространственной систем сил», «Кинематика вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела», «Сложное движение точки», «Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки. Гармонические и вынужденные колебания точки. Применение теоремы об изменении кинетической энергии при исследовании движения точки», «Применение общих теорем динамики к исследованию движения механической системы», «Принципы механики. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы», «Уравнения Лагранжа II рода».

Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей очной формы обучения.

© Волков Е. Б., Казаков Ю. М., 2019
©Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА 4
1.1. Основные виды связей и их реакции 4
1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары 5
1.3. Условия равновесия систем сил 7
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел 8
1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил 17
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА 26
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки 26
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси 28
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела 29
2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях 32
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 38
2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 46
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ 57
3.1. Основные понятия сложного движения точки 57
3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении 60
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки 73
4.3. Колебания материальной точки 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы . 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 155

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел под действием системы сил.

1.1. Основные виды связей и их реакции

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей. При опоре углом, или на угол (рис. 1.1, *a*), реакция направлена по нормали к одной из поверхностей. **Гибкая связь**. Если на тело наложена связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса), то реакция связи $\vec{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

Цилиндрический шарнир (подшипник) создает соединение, при котором

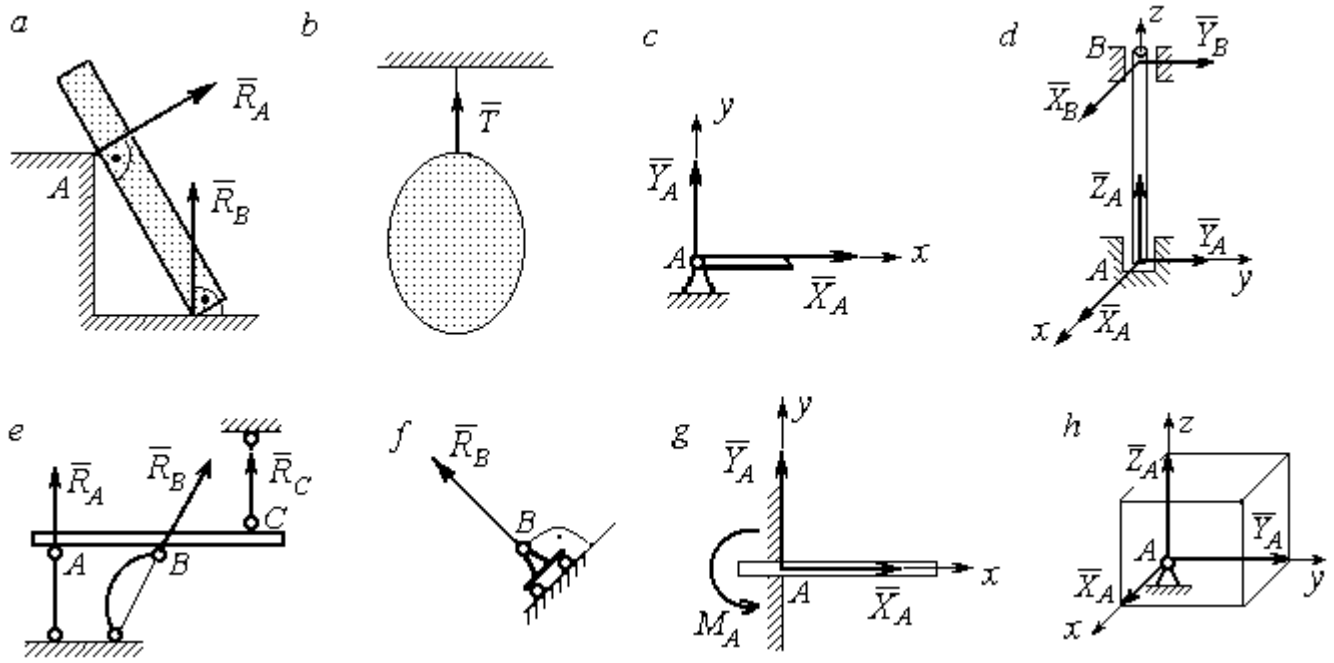


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой заделки; *h* – реакция пространственного шарнира

одно тело может вращаться по отношению к другому. Реакция цилиндрического шарнира лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач

реакцию цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Реакция подшипника $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими $\vec{X}_B$ и $\vec{Y}_B$, взятыми по направлениям координатных осей в плоскости, перпендикулярной оси вращения подшипника. Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. **Реакция прямолинейного невесомого стержня с шарнирными соединениями на краях** направлена вдоль самого стержня, а криволинейного – вдоль линии, соединяющей точки крепления стержня (рис. 1.1, *e*). **Реакция подвижной опоры** $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *f*) направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки опоры. **Жесткая заделка** (рис. 1.1, *g*) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей. Модуль реакции определяется по формуле $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Виды связей и их реакции показаны на рис. 1.1.

1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары

Алгебраическим моментом силы F относительно центра O $M_O(\vec{F})$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра *O*, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ на кратчайшее расстояние *h* от центра *O* до линии действия силы: $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$ (рис. 1.2, *a*).

Величину *h* называют **плечом силы**. Момент силы относительно центра считается положительным, если сила стремится повернуть тело вокруг центра против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

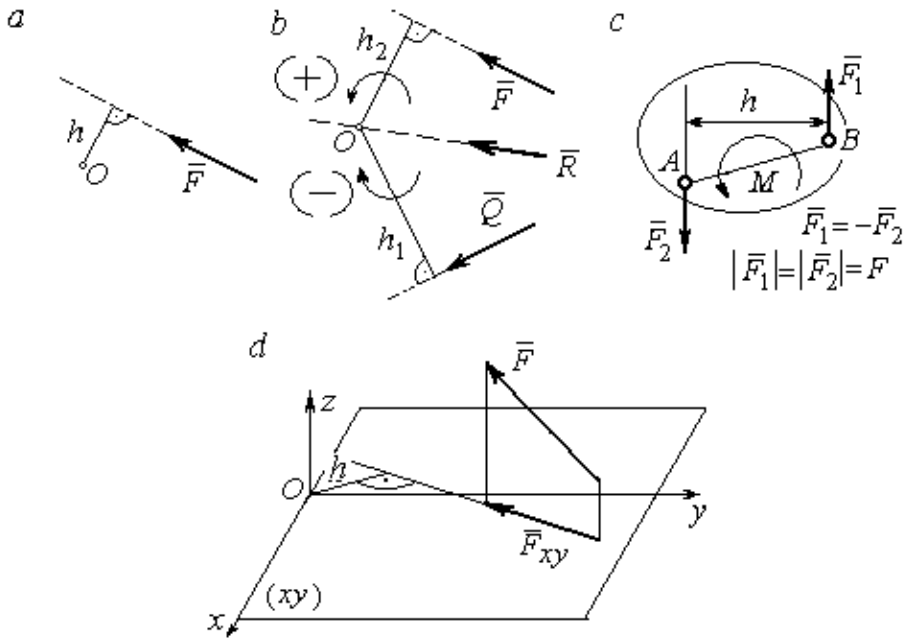


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\vec{F}$ относительно центра *O* положительный, а момент силы $\vec{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра *O* равен нулю, так как линия действия этой силы проходит через центр *O* и плечо силы равно нулю.

Парой сил, или просто парой (рис.1.2, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары на плечо пары – кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Правило знаков такое же, как и для момента силы. На рисунках пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. *M* на рис. 1.2, *c*).

Моментом силы относительно оси называют момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью. На рис. 1.2, *d* показано вычисление момента силы *F* относительно

оси z: $M_z(\vec{F}) = F_{xy}h$, где F_{xy} – проекция силы $\vec{F}$ на плоскость xy, перпендикулярную оси z, h – плечо проекции F_{xy} относительно центра O – точки пересечения оси z и плоскости xOy.

1.3. Условия равновесия систем сил

Плоской системой сил называется система сил, расположенных в одной плоскости.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, также была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}– проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Пространственной системой сил называется система сил, расположенных произвольно в пространстве.

Для **равновесия пространственной системы сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}– проекции всех сил на координатные оси x, y, z; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей.

Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называют **внутренними,** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию. Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию с внутренними связями, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. При этом в уравнения равновесия должны входить только силы, непосредственно приложенные к тому телу, равновесие которого рассматривается.

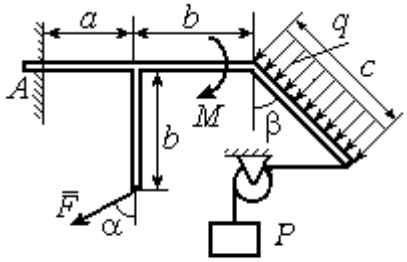
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

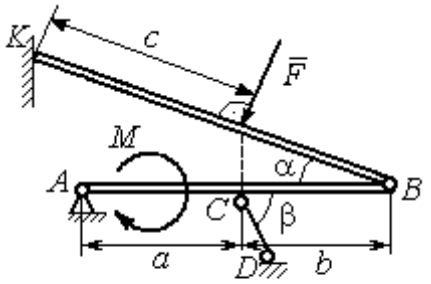
В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

Варианты заданий даны на рис. 1.3 – 1.6. Исходные данные приведены в табл. 1.1. Из таблицы исходных данных выбираются значения тех параметров, которые указаны на схемах.

Варианты № 1, 11, 21	
Задача 1	Задача 2



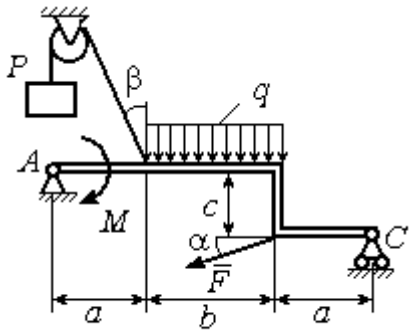
Найти реакцию жесткой заделки в точке A



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

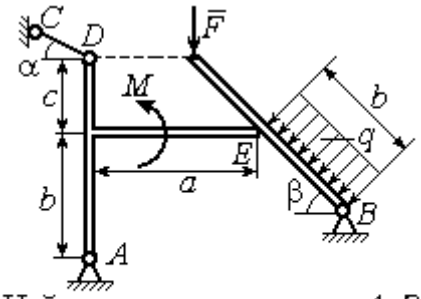
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

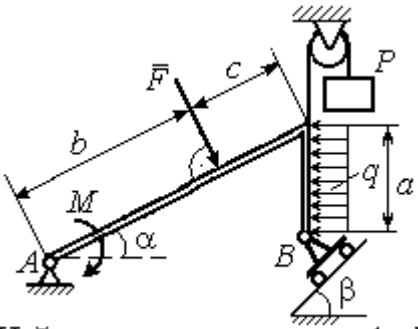
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

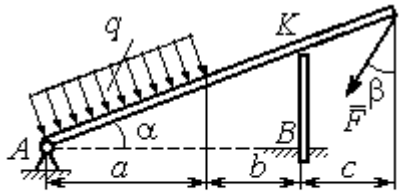
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

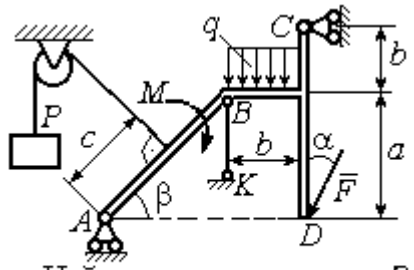


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

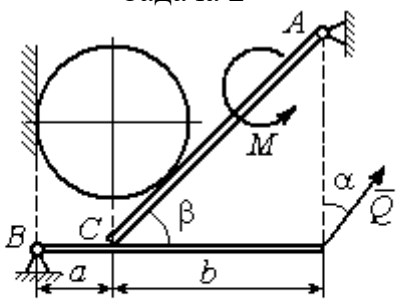
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

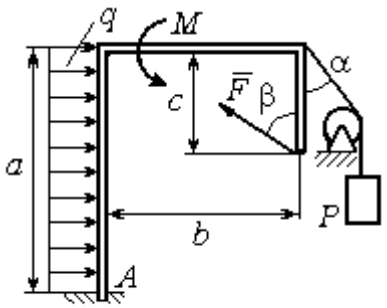
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

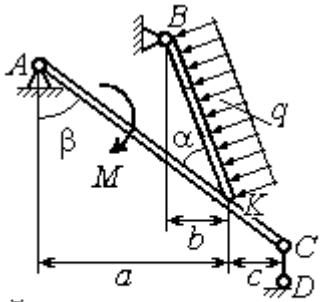
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

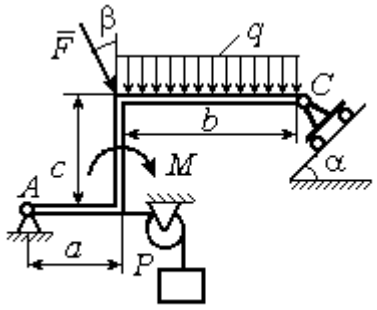
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

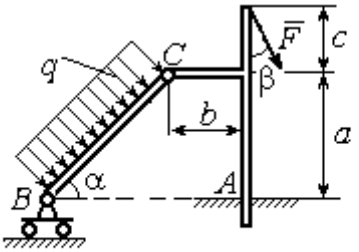
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

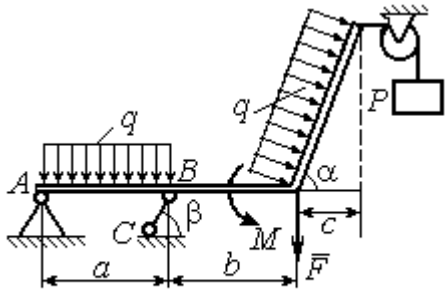


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

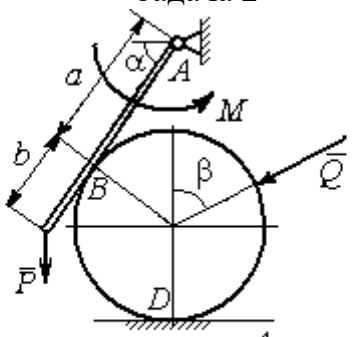
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

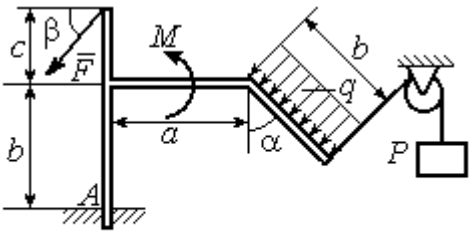
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

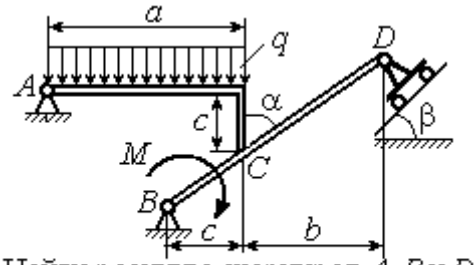
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

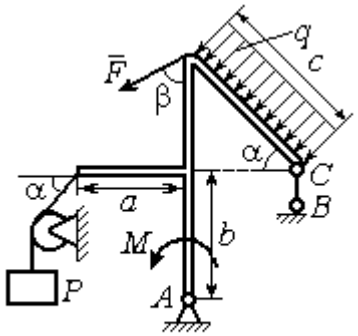
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

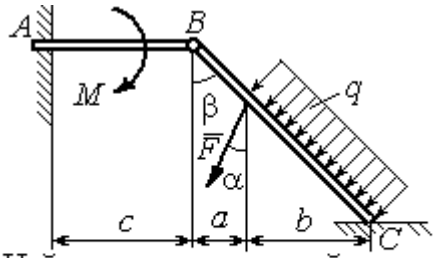
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2

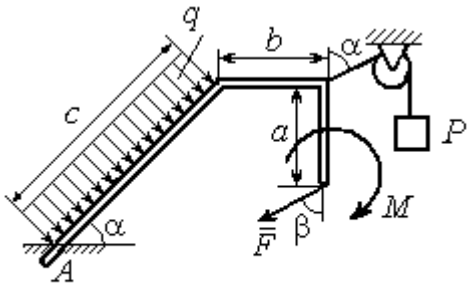


Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

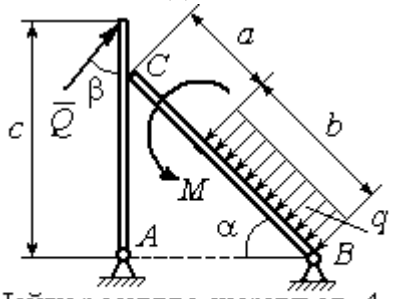
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию опоры в точке C и уравновешивающую силу Q

Рис. 1.6. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

Исходные данные задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P, кН	6	5	6	12	6	6	10	3	8	5	10	4	8	10	8
F, кН	12	6	10	5	12	8	6	5	6	2	12	8	12	6	10
q, кН/м	5	4	2	3	6	3	5	2	2	4	6	2	3	4	5
M, кН·м	12	8	6	8	12	5	12	8	4	6	8	12	10	6	10
α, град	45	60	30	60	30	30	45	60	30	30	45	30	60	45	60
β, град	60	30	45	30	60	90	60	60	30	45	30	45	30	60	30
a, м	3	4	3	4	3	4	3	4	1	2	2	3	2	3	4
b, м	3	3	4	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	2
c, м	4	2	2	2	3	2	2	1	5	4	4	2	1	2	2

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	8	10	6	4	6	12	10	5	6	8	6	8	4	6
F, кН	6	12	12	8	3	14	10	8	15	10	12	8	10	10	2
q, кН/м	5	3	4	3	2	3	2	5	4	2	3	4	5	2	4
M, кН·м	10	6	8	6	5	12	4	6	8	10	12	10	6	4	8
α, град	60	60	30	45	60	30	60	45	30	60	45	30	30	30	45
β, град	45	30	30	60	60	45	30	60	30	45	90	30	60	45	30
a, м	3	4	3	1	2	2	4	1	4	3	4	3	2	1	2
b, м	2	4	3	3	4	1	4	3	2	2	2	2	2	2	2
c, м	3	2	2	4	5	4	2	2	1	1	1	2	1	3	5

Пример выполнения задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Задача 1**.** Рама *ACE* (рис. 1.7) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара с моментом $M = 8$ Нм, сила $F = 10$ Н, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 2$ Н/м, приложенная на отрезке *AB*. В точке *E* под прямым углом к участку балки *CE* прикреплен трос, несущий груз $P = 20$ Н. Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

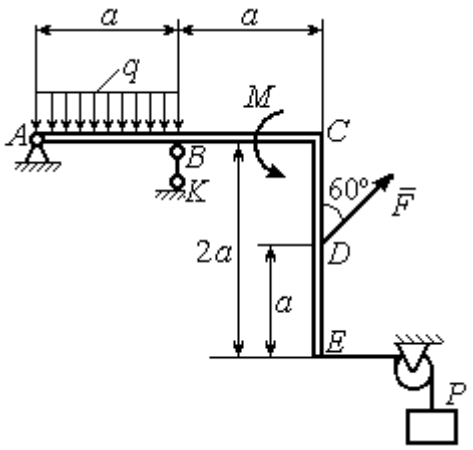


Рис. 1.7. Конструкция рамы

Решение

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и по модулю равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией $\vec{T}$, равной по величине весу груза.

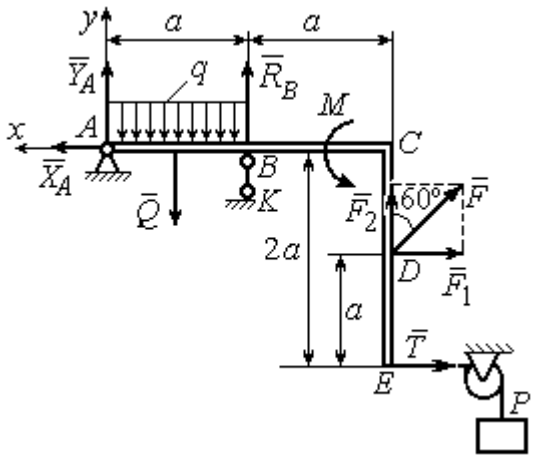


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *x*, *y*, и моменты сил относительно центра *A*, уравнения равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0.$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы $\vec{F}$ относительно центра A использована теорема Вариньона: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, где $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$ (см. рис. 1.8).

Подставляя в уравнения равновесия исходные данные задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B:

$$X_A - 28{,}66 = 0, \quad Y_A + R_B + 1 = 0, \quad R_B \cdot 2 + 121{,}32 = 0.$$

Решая систему, найдем X_A = 28,66 Н, Y_A = 59,66 Н, R_B = – 60,66 Н.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции R_B стержневой опоры BK противоположно направлению, показанному на рис. 1.8. Численное значение реакции шарнира

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18 \text{ Н}.$$

Задача 2. Балка *ABLC* с вертикальной частью *AB* и горизонтальной перекладиной *LC* закреплена в точке *A* с помощью жесткой заделки (рис. 1.9). Наклонная балка *EC* с углом наклона к горизонту 60° в точке *C* шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине *CL*, а в точке *E* закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках *BL* и *DE* нагрузка с одинаковой интенсивностью q = 2 кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке *D* перпендикулярно балке *EC* и равная по величине F = 10 кН, и пара сил с моментом M = 5 кН·м. Определить реакцию жесткой заделки *A* и реакции шарниров *C* и *E*, если a = 2 м.

Решение

Разделяем систему на две части по шарниру *C* и рассмотрим равновесие балок *ABLC* и *EC* отдельно. Изобразим обе балки и расставим внешние силы и реакции связей (рис. 1.10). Рассмотрим балку *ABLC* (рис. 1.10, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка *BL*, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a = 4$ кН. Кроме силы $\vec{Q}_1$ и пары сил с моментом *M* на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке *A*, имеющая своими составляющими силы $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и пару сил с моментом M_A, а также реакция шарнира *C*, разложенная на составляющие $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *a*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат *xAy*, как показано на рис. 1.10, *a*, и составим уравнения равновесия:

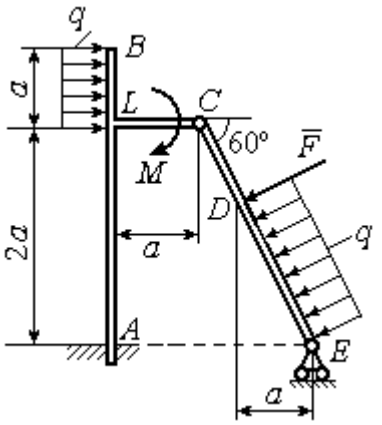


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0,$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

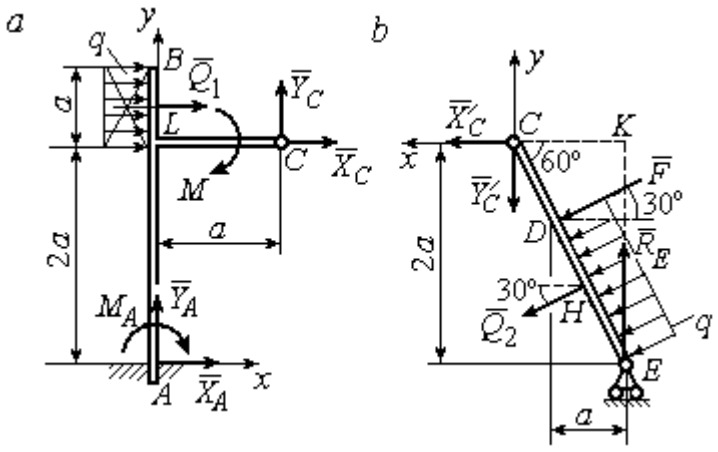


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку *ABLC*;
b - силы и реакции связей, действующие на балку *CE*

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0\,.$$

Рассмотрим равновесие балки *EC*. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED*, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8$ кН. На балку кроме сил $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$ действуют реакции связей: $\vec{R}_E$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке

E и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – составляющие реакции шарнира *C*. Силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю $X_C = X'_C$, $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.10, *a*, *b*). Действующие на балку *EC* силы образуют плоскую уравновешенную систему сил. Выберем систему координат *xCy,* как показано на рис. 1.10, *b,* и составим уравнения равновесия. При этом центром, относительно которого будем считать моменты сил, выберем точку *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0,$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\mathrm{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины X'_C на X_C, а Y'_C на Y_C и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\ -Y_C + R_E - 9 = 0,\ 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = 11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН·м},$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = 2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки *A* и шарнира *C*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83 \text{ кН}.$$

1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил

В заданиях рассматривается равновесие однородной плиты или вала (прямого или с «ломаной» осью) с насаженным на него шкивом.

Вал закреплен подпятником и подшипником и удерживается в равновесии. На вал действуют сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и сила $\vec{P}$. На шкив вала намотана нить, к свободному концу которой, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом Q. Для вала определить реакции подшипника и подпятника и величину уравновешивающей силы Q (или момента M).

Плита весом P закреплена пространственным шарниром, подшипником и удерживается в заданном положении невесомым стержнем. На плиту действуют силы $\vec{F}$, $\vec{Q}$ и пара сил с моментом M. Для плиты найти реакции сферического и цилиндрического шарниров и реакцию стержня.

Варианты задания даны на рис. 1.11 – 1.13. Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 1.2.

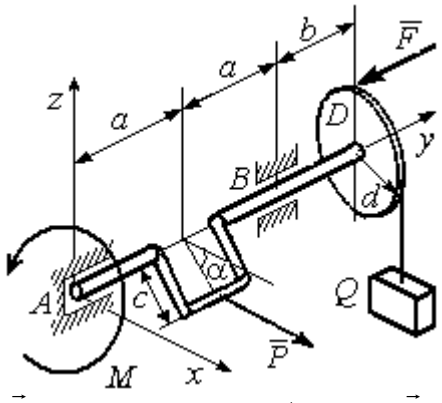
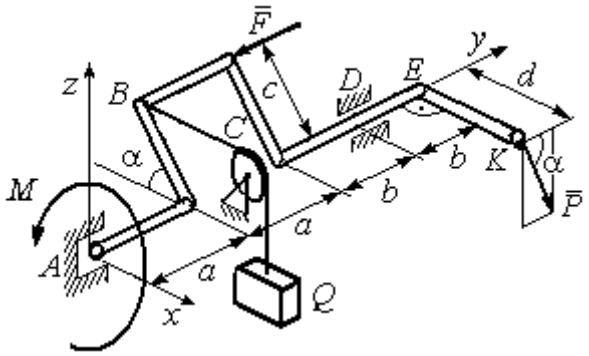
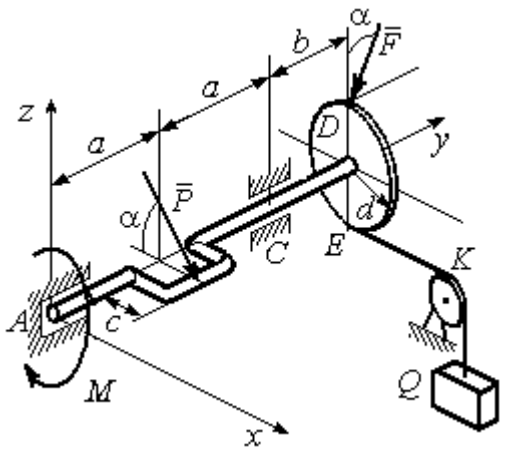
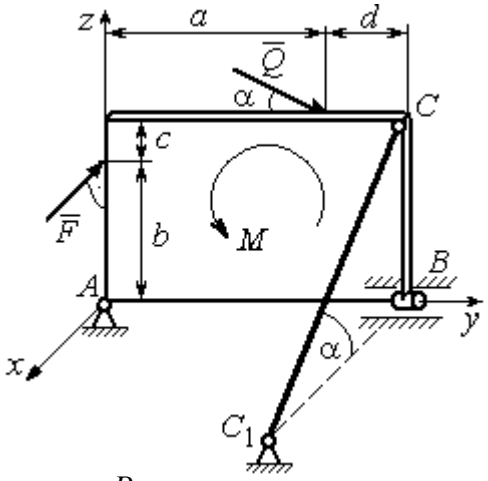
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ параллельна оси Ax; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего груза Q	Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAy; отрезок нити BC параллелен оси Ax; рукоять вала EK параллельна оси Ax. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и D и величину уравновешивающего момента M

Рис. 1.11. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 1 – 2, 11 – 12, 21 – 22

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Сила $\vec{F}$, лежит в плоскости zAy; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAx, отрезок нити EK параллелен оси Ax. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и C, а также величину уравновешивающего груза Q	Плита весом P расположена в плоскости zAy; пара сил с моментом M действует в плоскости плиты; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной zAx; сила $\vec{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ перпендикулярна плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1

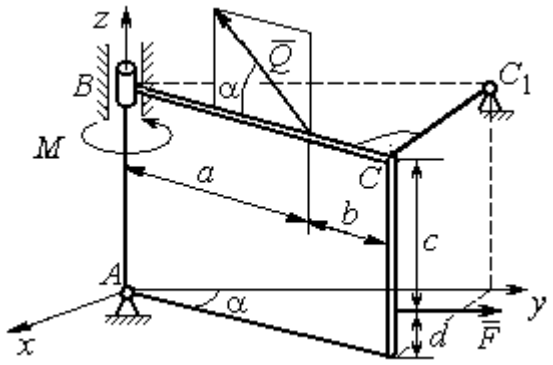
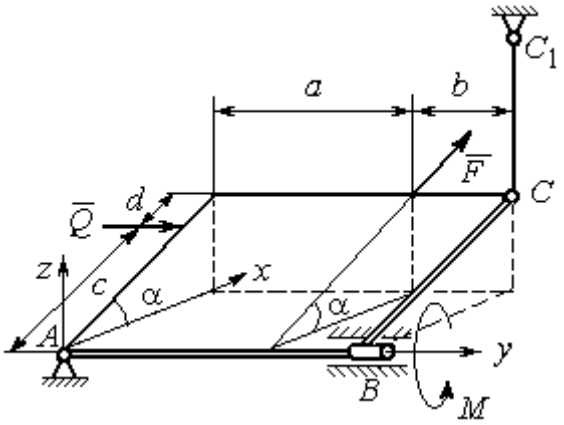
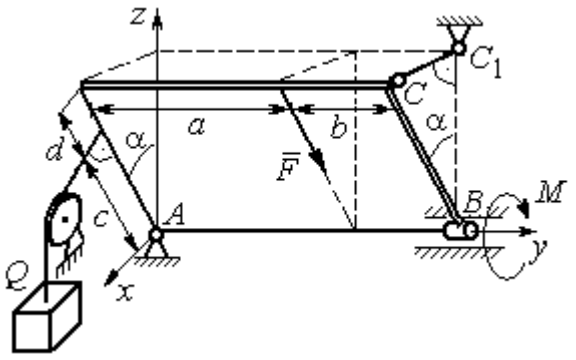
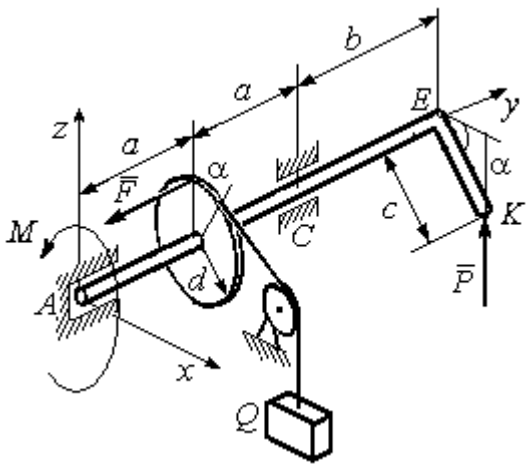
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Плита весом P отклонена на угол α от вертикальной плоскости zAy; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Плита весом P отклонена на угол α от горизонтальной плоскости xAy; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси Ay; сила $\vec{F}$ расположена в плоскости плиты и параллельна её боковым стенкам; стержень CC_1 параллелен оси Az. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1

Рис. 1.12. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 3 – 6, 13 – 16, 23 – 26

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	
Плита весом P отклонена на угол α от вертикальной плоскости zAy; нить, удерживающая груз Q, находится плоскости zAx, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\vec{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости zAy. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Рукоять EK перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости xAy; сила $\vec{P}$ параллельна оси Az; сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; нить, удерживающая груз Q, сходит со шкива по касательной. Найти реакции подпятника A, подшипника C, и величину уравновешивающего груза Q

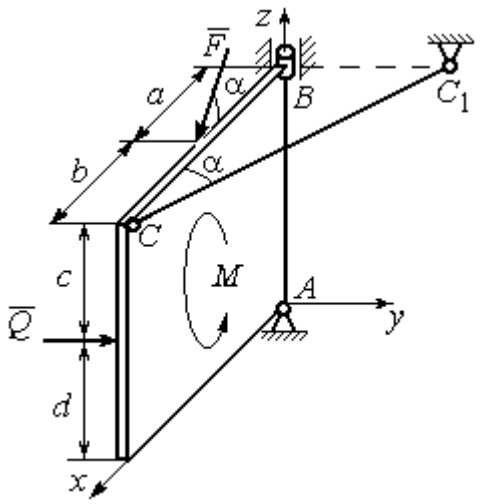
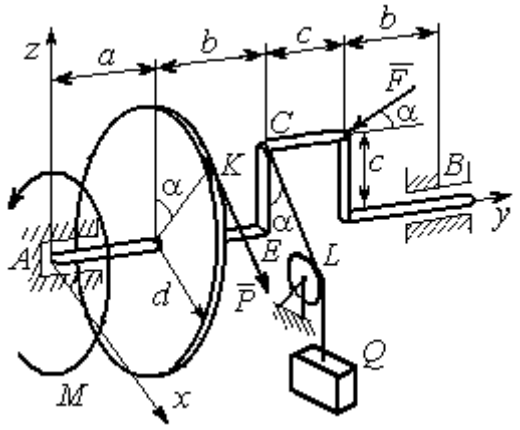
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	
Плита весом P находится в вертикальной плоскости zAx; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной xAy; пара сил с моментом M действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Сила $\vec{F}$ находится в плоскости zAy; стойка CE находится в плоскости zAy; отрезок CL нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной xAz; сила $\vec{P}$ находится в плоскости шкива и направлена по касательной к ободу в точке K. Найти реакции подпятника A, подшипника B и величину уравновешивающего момента M

Рис. 1.13. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 1.2

Исходные данные для задания С2.

Равновесие пространственной системы сил

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
P, кН	5	4	6	10	16	15	12	10	15	14
F, кН	8	6	12	6	10	10	8	12	12	10
Q, кН	–	12	–	12	8	12	10	–	10	12
M, кН·м	12	–	10	8	12	6	8	6	8	–
α, град	60	30	30	30	60	60	60	30	30	60
a, м	1,2	0,8	1,4	0,6	1,2	0,9	1,4	0,4	0,8	0,8
b, м	1,0	0,6	1,1	0,4	0,8	0,4	0,6	1,2	0,2	0,6
c, м	0,8	0,5	0,8	0,3	1,4	0,8	1,2	0,8	0,4	0,4
d, м	0,4	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6

Номер варианта задания	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
P, кН	8	10	10	15	14	10	16	9	10	12
F, кН	6	12	16	8	12	14	10	15	8	10
Q, кН	–	14	–	10	10	12	14	–	12	14
M, кН·м	10	–	12	12	12	8	10	10	10	–
α, град	30	60	60	60	30	30	30	60	60	30
a, м	0,8	1,3	0,9	0,5	1,3	1,2	1,6	0,6	0,9	1,2
b, м	0,6	1,1	0,6	0,4	0,9	0,6	0,8	1,2	0,3	0,8
c, м	0,4	0,8	0,5	0,2	1,5	0,9	1,2	0,4	0,6	0,6
d, м	0,2	0,4	0,4	0,1	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,8

Номер варианта задания	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	12	5	8	10	14	18	12	14	10
F, кН	12	8	15	10	12	8	10	15	9	8
Q, кН	–	10	–	12	14	10	16	–	12	6
M, кН·м	12	–	16	14	8	10	8	12	10	–
α, град	90	30	60	30	45	30	30	60	60	30
a, м	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	0,8	1,0	0,8	1,2	0,9
b, м	0,8	0,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,8	1,4	0,6	0,4
c, м	0,4	1,2	0,8	0,6	1,5	0,9	1,1	0,5	0,8	0,6
d, м	0,4	1,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5

Примеры решения задания С2. Равновесие пространственной системы сил

Задача 1. Горизонтальный вал (рис. 1.14) закреплен в подпятнике *C* и подшипнике *K*. Вал имеет шкив I радиуса *R* и шкив II радиуса *r*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*. Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива I по касательной вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*, закручивающая вал вокруг оси *Cy*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в точке *B* шкива II, определяемой центральным углом 30º, и направлена по касательной. Определить величину уравновешивающего момента *M* и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН, $F = 2$ кН, $Q = 3$ кН, $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}3$ м, $a = 0{,}8$ м, $b = 0{,}4$ м.

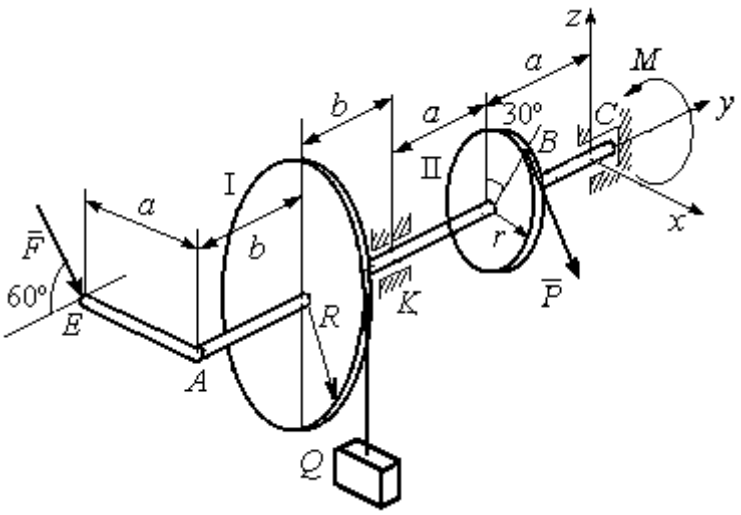


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом *Q*, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию подпятника *C* раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные

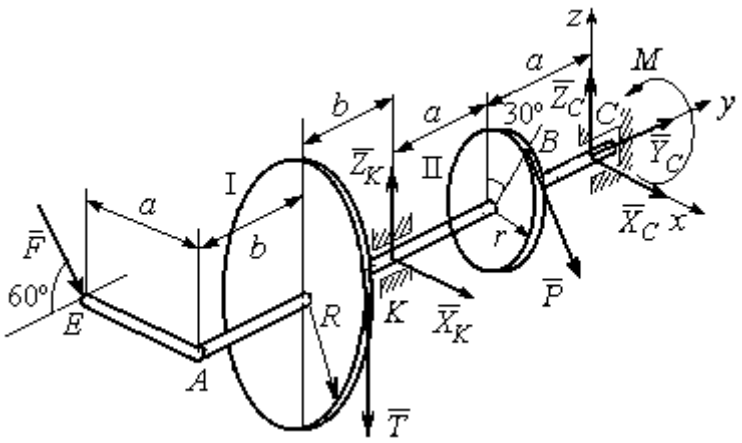


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

вдоль координатных осей. Реакция подшипника *K* лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *K* и по модулю равна весу груза. Действие на вал внешних сил и реакций связи показано на рис. 1.15.

Внешние силы, действующие на вал, и реакции связей составляют произвольную пространственную систему сил, эквивалентную нулю ($\vec{P}$, $\vec{F}$, $\vec{X}_K, \vec{Z}_K, \vec{T}$, $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C, \vec{Z}_C, M$) ∞ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

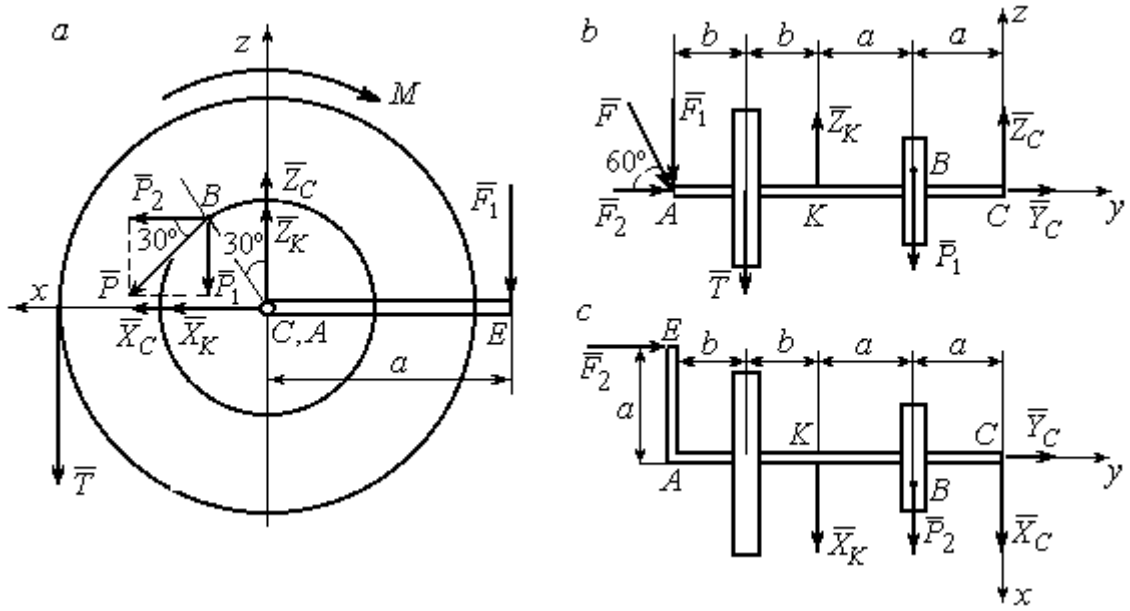


Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*.

На рис. 1.16, *а* показаны проекции всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций этих сил относительно точки *C*, получим значения моментов исходных сил относительно оси *y*.

Для вычисления моментов сил относительно оси *x* достаточно найти моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (см. рис. 1.16, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси z.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} = F_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = -P_1 + Z_K - T + Z_C - F_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a + b) + F_1(2a + 2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - F_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$F_1 = F\cos 30^\circ = 0{,}87F,\ F_2 = F\cos 60^\circ = 0{,}5F$$ (см. рис. 1.16 *а*, *b*),

получим систему уравнений:

$$0{,}87 \cdot 4 + X_K + X_C = 0,\ \ 2 \cdot 0{,}5 + Y_C = 0,\ -4 \cdot 0{,}5 + Z_K - 3 + Z_C - 2 \cdot 0{,}87 = 0,$$

$$0{,}5 \cdot 4 \cdot 0{,}8 - 1{,}6Z_K - 3 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 0{,}4) + 2 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}4) = 0,$$

$$-0{,}87 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 0{,}6 + 4 \cdot 0{,}3 - M = 0,\ 0{,}87 \cdot 4 \cdot 0{,}8 + 1{,}6 \cdot X_K - 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 = 0.$$

Решая систему, найдём: $X_C = -2{,}24$ кН, $Y_C = -1$ кН, $Z_C = 6{,}39$ кН, $X_K = -1{,}24$ кН, $Z_K = 0{,}35$ кН, $M = 2{,}3$ кН·м.

Окончательно, реакция подпятника $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 6{,}84$ кН,

реакция подшипника $R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 1{,}29$ кН.

Задача 2. Плита весом P расположена в вертикальной плоскости zAy. В точке А плита закреплена пространственным шарниром, а в точке B на оси y опирается на цилиндрический шарнир (подшипник). Плита удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня CC_1, прикреплённого шарниром к плите в её верхнем углу, в точке C перпендикулярно плоскости плиты (рис. 1.17).

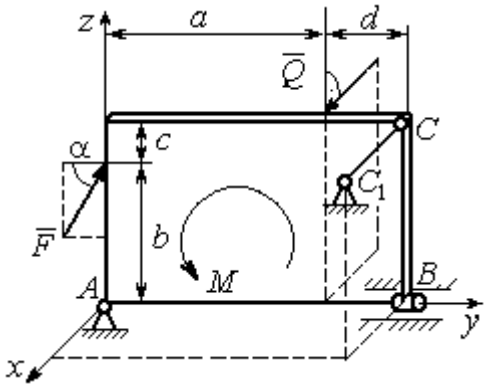


Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\vec{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\vec{F}$, лежащая в плоскости плиты и направленная под углом α к горизонту (см. рис. 1.17). Кроме того, в плоскости плиты на неё действует пара сил с моментом M. Найти реакции шарниров A и B и усилие в стержневой подпорке CC_1 при равновесии плиты, если параметры нагрузки: P = 1 кН, Q = 500 Н, F = 400 Н, M = 300 Н·м, $\alpha = 35^\circ$, a = 2 м, b = 1,5 м, c = 0,2 м, d = 0,4 м.

Решение

Заменим связи плиты их реакциями. Реакция шарнира A раскладывается на три составляющие: $\vec{X}_A$ $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника B лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция стержня $\vec{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис.1.18.

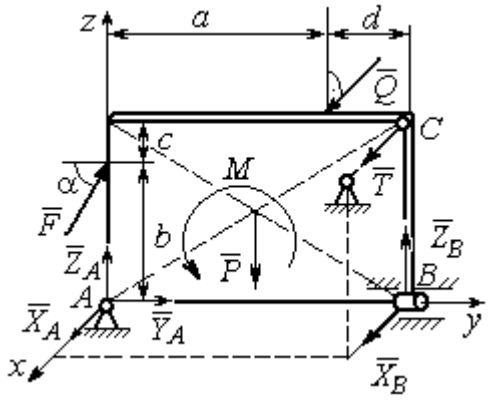


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: $(\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_B, \vec{Z}_B, \vec{T}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A, M) \infty 0$. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0\,,\ \sum F_{ky} = 0\,,\ \sum F_{kz} = 0\,,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k)=0,\ \sum M_y(\vec{F}_k)=0,\ \sum M_z(\vec{F}_k)=0.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила вращает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx}=0,\ X_A+Q+X_B+T=0,$$

$$\sum F_{ky}=0,\ Y_A+F\cos\alpha=0,$$

$$\sum F_{kz}=0,\ Z_A+F\sin\alpha-P+Z_B=0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k)=0,\ -F\cos\alpha\cdot b-P\cdot 0{,}5(a+d)+Z_B(a+d)+M=0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k)=0,\ Q\cdot(b+c)+T\cdot(b+c)=0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k)=0,\ -Q\cdot a-T\cdot(a+d)-X_B\cdot(a+d)=0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A+500+X_B+T=0,\ \ Y_A+400\cdot 0{,}82=0,\ Z_A+400\cdot 0{,}57-1000+Z_B=0,$$

$$-400\cdot 0{,}82\cdot 1{,}5-1000\cdot 0{,}5\cdot 2{,}4+Z_B\cdot 2{,}4+300=0,$$

$$500\cdot 1{,}7+T\cdot 1{,}7=0,\quad -500\cdot 2-T\cdot 2{,}4-X_B\cdot 2{,}4=0,$$

откуда находим значения составляющих реакций:

$$T=-500\text{ Н},\ X_B=83{,}33\text{ Н},\ Z_B=580\text{ Н},$$

$$X_A=-83{,}33\text{ Н},\ Y_A=-328\text{ Н},\ Z_A=192\text{ Н}.$$

Полные реакции пространственного шарнира A:

$$R_A=\sqrt{X_A^2+Y_A^2+Z_A^2}=389{,}09\text{ Н},$$

цилиндрического шарнира B: $R_B=\sqrt{X_B^2+Z_B^2}=585{,}95$ Н.

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Кинематикой называется раздел механики, в котором изучаются свойства движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Векторный способ основан на определении положения точки ее радиусом-вектором в виде векторного уравнения $\vec{r} = \vec{r}(t)$. При **координатном способе** задания движения точки положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$. **Естественный способ** задания движения используется, если заранее известна траектория движения точки. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки O, принятой за начало отсчета.

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиуса-вектора точки: $\vec{V} = \dot{\vec{r}}$. Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$. При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau}$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги, $\vec{\tau}$ –единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону возрастающих расстояний.

Величина $V = |\dot{S}|$ называется алгебраической скоростью точки. При $\dot{S} > 0$ вектор скорости $\vec{V}$ направлен по единичному вектору $\vec{\tau}$ – в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\vec{\tau}$, т. е. в сторону убывающих расстояний.

Мгновенное ускорение, или ускорение точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \dot{\vec{V}} = \ddot{\vec{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\vec{a}$ на координатные оси – величины a_x, a_y, a_z – определяются равенствами: $a_x = \dot{V}_x = \ddot{x}$, $a_y = \dot{V}_y = \ddot{y}$, $a_z = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

При естественном способе задания движения вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$, параллельные осям n и τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина a_τ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от заданного закона изменения длины дуги: $a_\tau = |\ddot{S}|$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги. Направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$

вектор $\vec{a}_\tau$ в направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$, при $\ddot{S} < 0$ – в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору $\vec{\tau}$). Вектор полного ускорения $\vec{a}$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси

Движение тела, при котором все точки некоторой его прямой остаются неподвижными, называется **вращательным**, а указанная прямая называется осью вращения. Вращение тела задается углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ подвижной плоскости, связанной с телом, относительно некоторого ее начального положения. Направление вращения с возрастанием угла поворота считается положительным.

Величина **угловой скорости** вращения тела равна модулю производной от угла поворота тела по времени: $\omega = |\dot{\varphi}|$. Направление угловой скорости вращения тела зависит от знака производной $\dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ вращение происходит в положительном направлении, в сторону возрастания угла поворота, при $\dot{\varphi} < 0$ – в отрицательном. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки.

Величина **углового ускорения** при вращении тела равна модулю второй производной от угла поворота тела по времени: $\varepsilon = |\ddot{\varphi}|$. Если $\ddot{\varphi}$ одного знака с $\dot{\varphi}$, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела (**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – величина угловой скорости тела; h

– расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости описываемой точкой окружности и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; h – расстояние от точки до оси вращения.

2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела

Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

Скорость любой точки M плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки M при вращении тела вокруг этого полюса: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки M; $\vec{V}_A$ – скорость полюса A; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; MA – расстояние между полюсом A и точкой M.

Мгновенным центром скоростей называется такая точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры

находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек *A* и *B* плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

2. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек *A* и *B* плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия *AB* перпендикулярна $\vec{V}_A$ (и, конечно, $\vec{V}_B$), то мгновенный центр скоростей определяется как точка пересечения линий, проведенных через основания и вершины векторов скоростей (построение показано на рис. 2.1, *b*, *c*).

3. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек *A* и *B* параллельны друг другу, но линия *AB*, соединяющая эти точки, не перпендикулярна векторам скоростей (рис. 2.1, *d*), то мгновенная угловая скорость тела равна нулю и движение тела в данный момент времени является мгновенным поступательным. В этом случае скорости всех точек равны по величине и направлению.

4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный

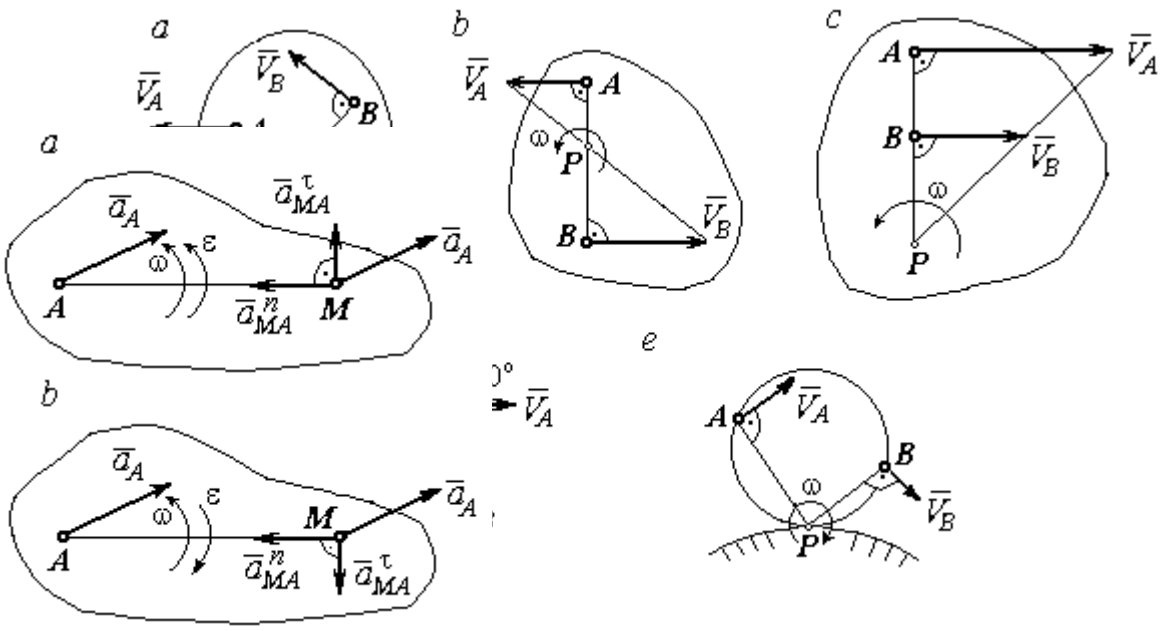


Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

центр скоростей расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью (рис. 2.1, *e*).

Ускорение любой точки *M* плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов – ускорения полюса и ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса. Учитывая, что ускорение точки вращающегося тела представляется как сумма нормального и касательного ускорений, получим:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса *A*; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса *A*.

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{MA}$ всегда направлен от точки *M* к полюсу *A*. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку *AM* в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно

замедленное (рис. 2.2, *b*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки *M* определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM \ , \ \ a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM \ ,$$

где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки *M* до полюса *A* (см. рис. 2.2).

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса *A* и точки *M*, то для определения ускорения точки *M* используется векторное равенство

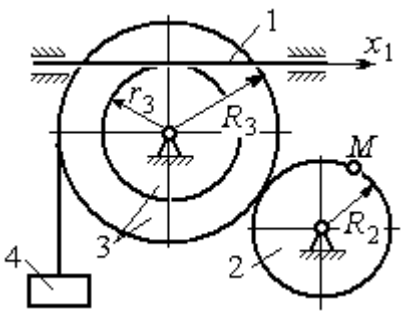
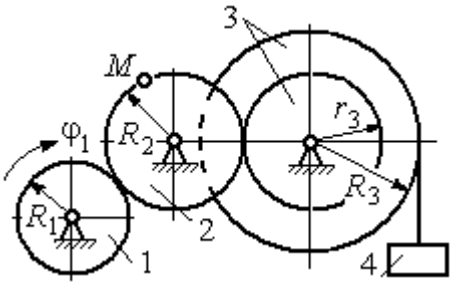
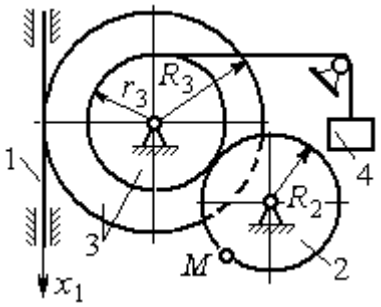
$$\vec{a}^{\tau}_{M} + \vec{a}^{n}_{M} = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

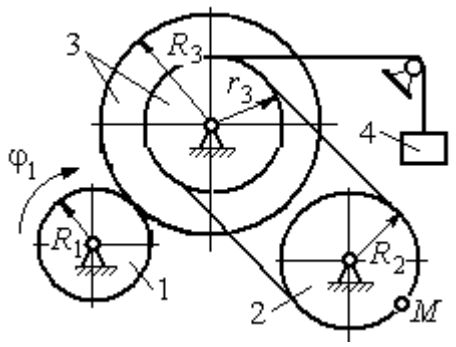
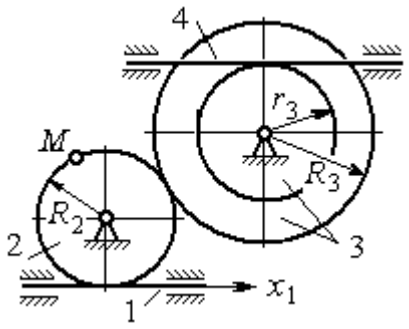
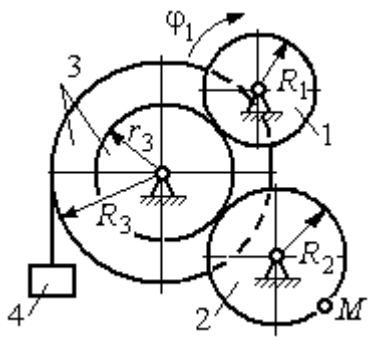
где $\vec{a}^{\tau}_{M}$, $\vec{a}^{n}_{M}$, $\vec{a}^{\tau}_{A}$, $\vec{a}^{n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *M* и полюса *A* при движении их по заданным траекториям.

2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

По заданному движению одного из звеньев механизма $x_1 = x_1(t)$ (варианты 1, 3, 5, 7, 9) или $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (варианты 2, 4, 6, 8, 10) найти в момент времени t_1 скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки *M* звена механизма, совершающего вращательное движение, а также скорость и ускорение звена 4, совершающего поступательное движение.

Варианты заданий даны на рис. 2.3, 2.4. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**	**Варианты № 3, 13, 23**
		

Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
		

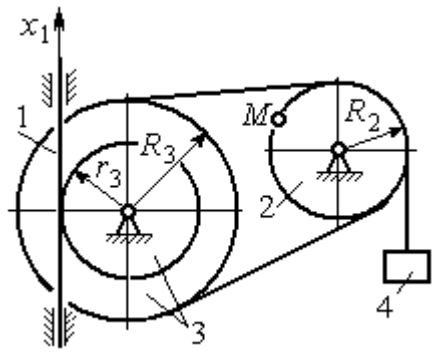
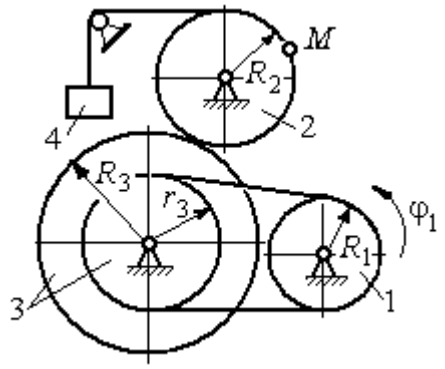
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

Рис. 2.3. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

Окончание вариантов задания К1

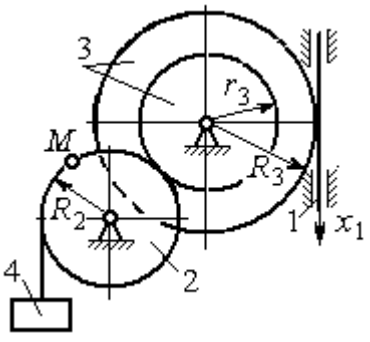
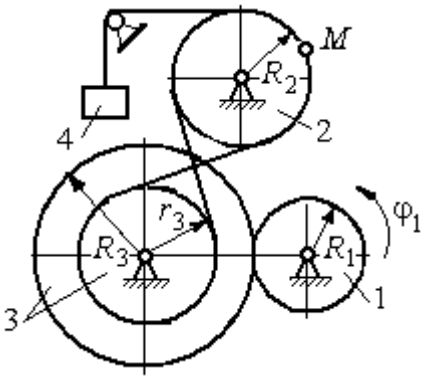
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

Рис. 2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 2.1

Исходные данные вариантов задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
1	–	40	45	35	$x_1(t) = (3t-1)^2$	2
2	10	20	38	18	$\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$	3
3	–	30	42	18	$x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$	1
4	15	30	45	20	$\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$	2
5	–	30	40	20	$x_1(t) = 6t - \cos(\pi t/3)$	3
6	10	20	30	10	$\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$	1
7	–	30	40	30	$x_1(t) = 2\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$	2
8	8	10	30	25	$\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$	2
9	–	18	30	18	$x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$	3
10	15	30	50	20	$\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$	2
11	–	30	40	25	$x_1(t) = (t^2 - 3t)$	2
12	12	20	40	28	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$	3
13	–	25	60	42	$x_1(t) = 2t^2 + \cos(\pi t/2)$	1
14	10	30	45	30	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	2

Окончание табл. 2.1

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
15	–	20	30	20	$x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$	3
16	12	18	40	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$	1
27	–	15	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	1
28	10	12	40	25	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/2)$	1
29	–	35	50	10	$x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$	1
30	10	20	40	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$	4

Пример выполнения задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

По заданному уравнению движения звена 1 механизма (рис. 2.5, *а*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки M на момент времени t_1, а также скорость и ускорение звена 4, если значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2=20$ см, $r_2=5$ см, $R_3=8$ см, $r_3=4$ см, $x_1=2t^2-5t$ см, $t_1=1$ с.

Решение

Отметим на схеме положительные направления отсчета углов поворота дисков 2 и 3, соответствующие заданному положительному направлению движения звена 1.

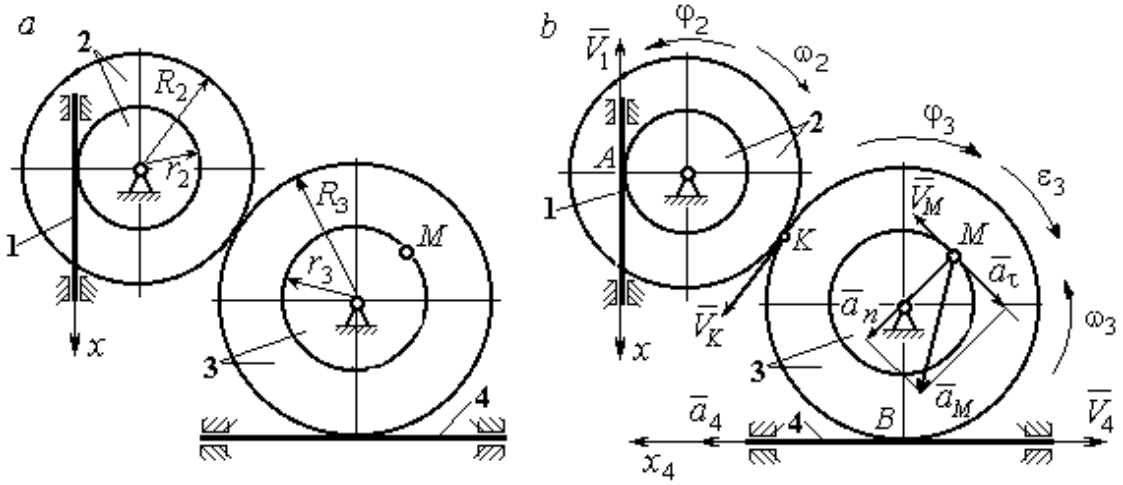


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

Направления показаны на рис 2.5, *b* дуговыми стрелками φ_2, φ_3, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси x_4.

Звено 1 движется поступательно. Движение задано координатным способом в виде закона изменения координаты x. Дифференцируем по времени уравнение движения: $\dot{x} = 4t - 5$ см/с. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной: $\dot{x}(1)$ = –1 см/с. Отрицательное значение производной $\dot{x}$ показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в отрицательном направлении оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной: $V_1 = |\dot{x}|$. На рис. 2.5, *b* направление движения звена 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано вектором скорости $\vec{V}_1$, направленным в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Эту же скорость будет иметь точка *A* – точка контакта звена 1 с диском 2, лежащая на расстоянии r_2 от оси вращения диска. Следовательно, $V_1 = V_A = \omega_2 r_2$, где ω_2 – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость диска: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r_2} = \dfrac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ рад/с.

При $t_1 = 1$ с значение производной отрицательно: $\dot{\varphi}_2(1)$ = – 0,2 рад/с. Это означает, что в заданный момент времени вращение диска 2 с угловой скоростью

$\omega_2(1)=|\dot{\varphi}_2(1)|$ = 0,2 рад/с происходит в отрицательном для диска 2 направлении. На рис. 2.5, *b* направление вращения диска 2 показано дуговой стрелкой ω_2 в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_2. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3}=\frac{R_3}{R_2}$. Тогда, угловая скорость диска 3 $\omega_3=\omega_2\frac{R_2}{R_3}=|2t-2{,}5|$ = $|\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1=1$с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1)=$ – 0,5 рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1)$ = $|\dot{\varphi}_3(1)|$ = 0,5 рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_3, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M=\omega_3 r_3$. В момент времени $t_1=1$ с модуль скорости $V_M(1)=2$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки *M* (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4=V_B=\omega_3 R_3$ = $|2t-2{,}5|\cdot 8$ = $|\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1=1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1)=-4$ см/с. В результате, вектор скорости $\vec{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1)$ = 4 см/с, направлен вдоль оси x_4 в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t)=|\dot{\omega}_3|=|\ddot{\varphi}_3|$ = 2 рад/с^2. Из того, что угловая скорость ω_3 и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота φ_3, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение a_τ точки *M* рассчитывается по формуле $a_\tau=\varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1=1$ с: $a_\tau=8$ см/с^2. Так как вращение диска 3 замедленное,

вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5, *b*). Нормальное ускорение a_n точки M рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1)$ = 1 см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5, *b*). Полное ускорение точки M в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)}$ = 8,06 см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

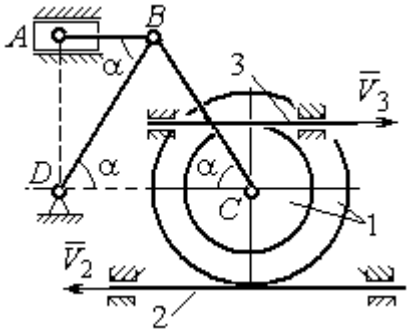
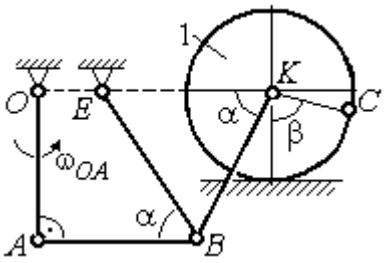
Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: a_4 = 16 см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

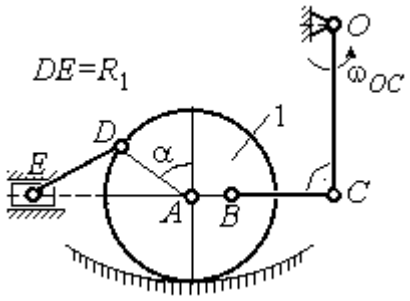
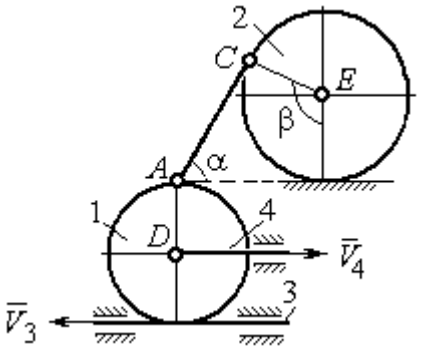
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить скорости точек и угловые скорости звеньев механизма.

Варианты заданий показаны на рис. 2.6 – 2.8. Исходные данные вариантов заданий выбираются из таблиц, приведённых на рисунках схем механизмов.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$	 Найти: V_A, V_B, V_K, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, ω_{BE}, ω_{BK}

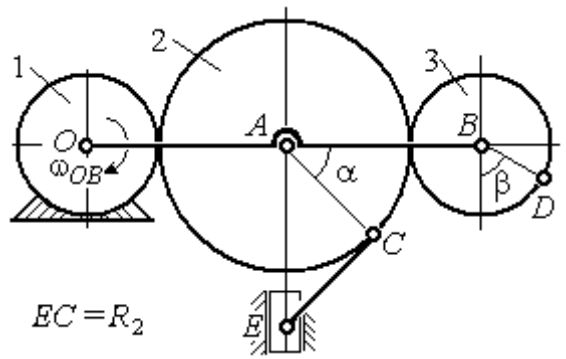
Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_C, см/с
1	10	5	20	30	8	10	**2**	3	5	4	30	60	10
11	12	8	25	45	10	4	**12**	4	8	6	45	90	8
21	10	6	15	60	5	5	**22**	5	12	2	60	120	12

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$	 Найти: V_A, V_C, V_E, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OC, см	AB, см	BC, см	α, град	ω_{OC}, рад/с	Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	α, град	β, град	V_3, см/с	V_4, см/с
3	12	18	10	35	60	4	**4**	10	15	30	60	8	4
13	10	15	10	25	90	8	**14**	6	10	45	90	4	6
23	15	20	5	20	120	6	**24**	10	12	60	120	3	3

Рис. 2.6. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

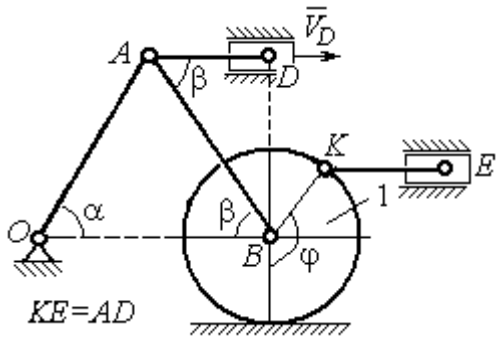
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{EC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_{OB}, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

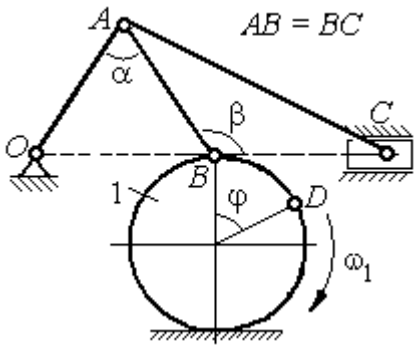
Варианты № 6, 16, 26



Найти: V_A, V_B, V_K, V_E, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}, ω_{KE}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

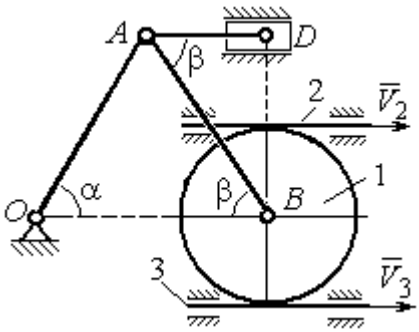
Варианты № 7, 17, 27



Найти: V_A, V_B, V_C, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AC}

Номер варианта задания	R_1, см	AB, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
7	10	20	30	60	60	12
17	12	25	60	120	90	16
27	8	16	30	60	120	10

Варианты № 8, 18, 29

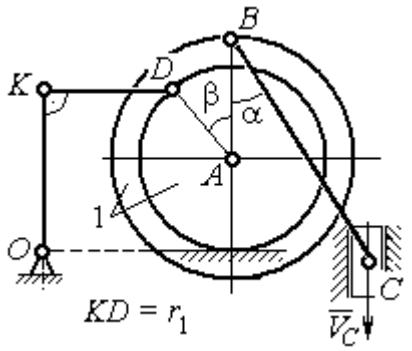
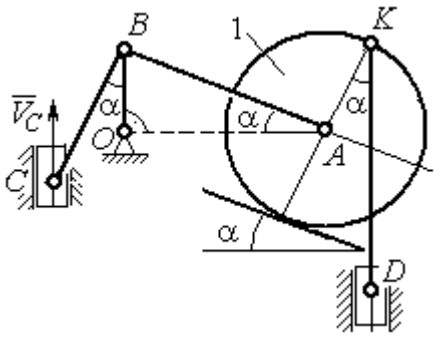


Найти: V_A, V_B, V_D, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	V_2, см/с	V_3, см/с
8	10	20	30	60	12	4
18	12	26	30	30	8	2
28	15	30	60	60	6	3

Рис. 2.7. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Окончание вариантов задания К2

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $\omega_{OK}, \omega_{KD}, \omega_{BC}, \omega_1,$ V_A, V_B, V_K, V_D	 Найти: $V_A, V_B, V_D, V_K, \omega_{CB}, \omega_1,$ $\omega_{OB}, \omega_{AB}, \omega_{KD}$

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	α, град	β, град	BC, см	V_C, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	CB, см	OB, см	KD, см	α, град	V_C, см/с
9	20	12	45	60	60	8	**10**	10	20	30	60	30	4
19	24	16	60	90	50	4	**20**	12	26	30	50	45	2
29	16	10	30	120	40	6	**30**	15	30	60	60	60	3

Рис. 2.8. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Пример выполнения задания К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Плоский механизм (рис. 2.9) состоит из стержня OC и подвижных дисков 2 и 3 радиусами r_2, r_3, шарнирно закрепленными на стержне, соответственно, в точках A и C. Стержень OC вращается вокруг неподвижного центра O с угловой скоростью ω_{OC}. Диск 2, увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом r_1. Диск 3, также увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по подвижному диску 2. В точке D, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен стержень 4, к которому в точке E шарнирно

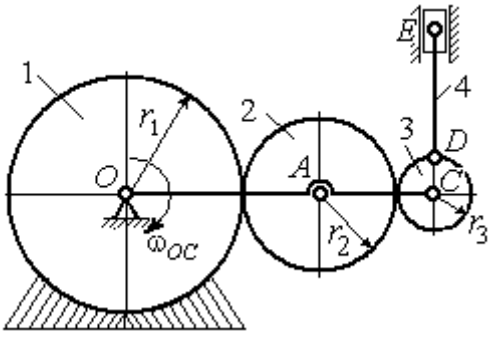


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

прикреплен поршень *E*, способный совершать только вертикальное перемещение. Для заданного положения механизма (см. рис. 2.9), когда стержень *OC* горизонтален, стержень *DE* направлен по линии вертикального диаметра диска 3, найти скорости точек *A*, *C*, *D*, *E*, угловые скорости дисков 2, 3 и стержня 4, если: r_1 = 6 см, r_2 = 4 см, r_3 = 2 см, *DE* = 10 см, ω_{OC} = 1 рад/с.

Решение

Определим скорость точки *A*, общей для стержня *OC* и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2)$ = 10 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ перпендикулярен стержню *OC* и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

Диск 2 катится по неподвижной поверхности диска 1. Точка касания диска 2 с неподвижным диском 1 является мгновенным центром скоростей диска 2. На рис. 2.10 центр скоростей диска 2 обозначен точкой P_2. В этом случае скорость точки *A* может быть определена через угловую скорость диска ω_2 следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как V_A = 10 см/с, получим ω_2 = 2,5 рад/с.

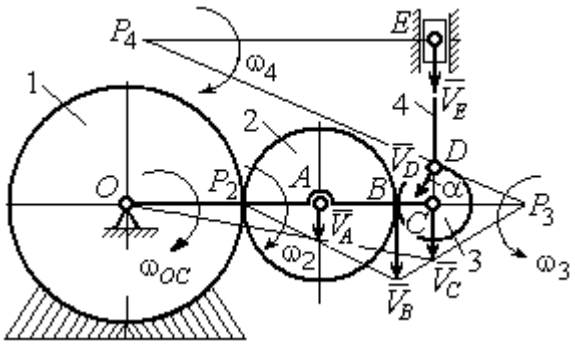


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Для того чтобы найти угловую скорость диска 3, необходимо определить положение его мгновенного центра скоростей. С этой целью вычислим скорости точек *B* и *C*. Скорость точки *B* может быть найдена через угловую скорость диска 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 20 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен отрезку BP_2 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 2 вокруг своего центра скоростей P_2.

Скорость точки *C* определяется через угловую скорость стержня *OC*: $V_C = \omega_{OC}(r_1 + 2r_2 + r_3)$ = 16 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен стержню *OC* и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей P_3 диска 3 по известным скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ показано на рис. 2.10. Его положение определяется из условия, что отношение скоростей двух точек тела, совершающего плоскопараллельное движение, равно отношению расстояний от этих точек до мгновенного центра скоростей: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{r_3 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины CP_3, получим: $CP_3 = 8$ см. Скорость точки *C* выражается через угловую скорость диска 3 $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Отсюда величина угловой скорости диска 3: $\omega_3 = \frac{V_C}{CP_3} =$ 2 рад/с. Направление мгновенного вращения диска 3 вокруг своего центра скоростей определяется известными направлениями скоростей точек *C* и *B*, принадлежащих диску 3 (см. рис. 2.10). Скорость точки *D* $V_D = \omega_3 \cdot DP_3 = = 2 \cdot \sqrt{2^2 + 8^2}$ = 16,5 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен отрезку DP_3 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 3 вокруг центра P_3.

Для определения скорости поршня *E* воспользуемся теоремой о проекциях скоростей точек плоской фигуры, согласно которой проекции скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. Проведем ось через точки *D* и *E*. По построению, угол α между вектором $\vec{V}_D$ и осью *DE* равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда, $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0{,}97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки *E*: V_E=16 см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 – точка P_4 – определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек *D* и *E* (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \frac{V_E}{EP_4}$, где EP_4 – расстояние от точки *E* до мгновенного центра скоростей звена 4,

$EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате, ω_4 = 0,4 рад/с. Направление мгновенного вращения звена 4 вокруг своего центра скоростей определяется направлением скорости точки *D*.

Задача 2. В плоском стержневом механизме (рис. 2.11) кривошипы *OA* и *ED* вращаются вокруг неподвижных центров *O* и *E*. В крайней точке *D* кривошипа *ED* к нему прикреплён шатун *DB*, второй конец которого в точке *B* прикреплён к кривошипу *OA*. Шатун *AC* прикреплён в точке *A* к кривошипу *AO*, а другим своим концом – к ползуну *C*, способному совершать только вертикальное движение. Все соединения шарнирные. В заданном положении механизма кривошип *OA* вертикален, шатун *DB* расположен горизонтально, кривошип *ED* наклонен под углом 60° к горизонтали, а шатун *AC* отклонён на угол 30° от вертикального положения кривошипа *AO*. Найти скорости всех отмеченных на схеме точек и угловые скорости всех звеньев, если линейные размеры звеньев механизма *AC* = 6 см, *AB* = 2 см, *BO* = 8 см, *DB* = 10 см и скорость ползуна в данный момент V_C = 4 см/с.

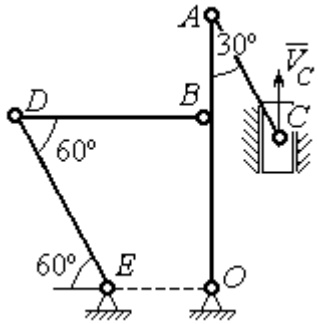


Рис. 2.11. Стержневой механизм

Решение

Кривошипы *OA* и *ED* совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек *A* и *B* перпендикулярны кривошипу *OA*, а скорость $\vec{V}_D$ точки *D* перпендикулярна кривошипу *ED*. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

Шатун AC совершает плоскопараллельное движение. Его мгновенный центр скоростей P_1 находится как точка пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$. Угловая скорость звена AC равна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{P_1C} = \dfrac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \dfrac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка A принадлежит шатуну AC, найдем её скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

Теперь, исходя из того, что точка A принадлежит как шатуну AC, так и кривошипу OA, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки B кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

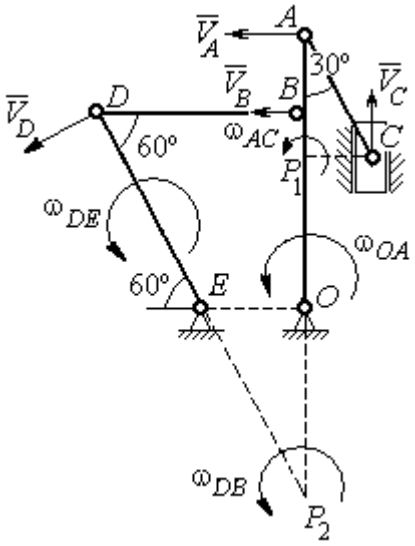


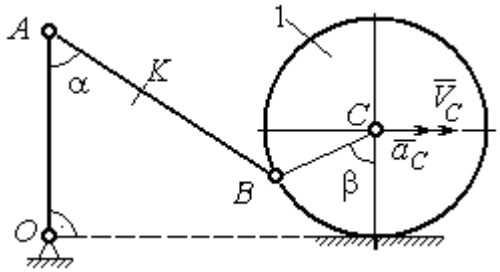
Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Шатун DB совершает плоскопараллельное движение. Зная направления скоростей точек B и D, построим мгновенный центр скоростей P_2 звена DB как точку пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда, угловая скорость шатуна DB $\omega_{DB} = \dfrac{V_B}{P_2B} = \dfrac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} =$ 0,32 рад/с. Скорость точки D $V_D = \omega_{DB} \cdot P_2D = 0{,}32 \dfrac{DB}{\sin 30^\circ}$ = 6,4 см/с. Угловая скорость кривошипа DE $\omega_{DE} = \dfrac{V_D}{DE} = \dfrac{6{,}4}{(OB / \sin 60^\circ)} = 0{,}69$ рад/с.

2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить ускорения точек звеньев механизма и угловые ускорения звеньев. Варианты заданий и исходные данные приведены на рис. 2.13 – 2.15.

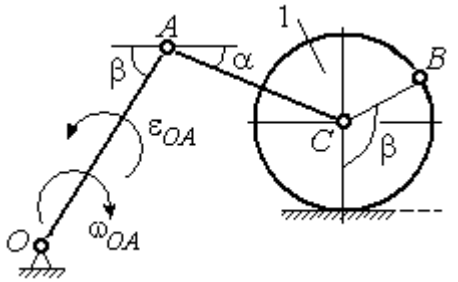
Варианты № 1, 11, 21



Найти: $a_A, a_K, \varepsilon_{AB}$

Номер варианта задания	AB, см	AK, см	α, град	β, град	R_1, см	V_C, см/с	a_C, см/с^2
1	16	10	60	120	10	12	6
11	20	16	30	60	8	10	8
21	18	10	60	180	6	8	4

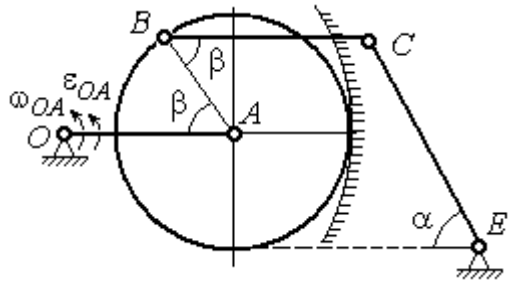
Варианты № 2, 12, 22



Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	AC, см	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
2	5	10	12	30	60	2	4
12	8	24	20	30	120	1	2
22	6	12	15	60	90	2	3

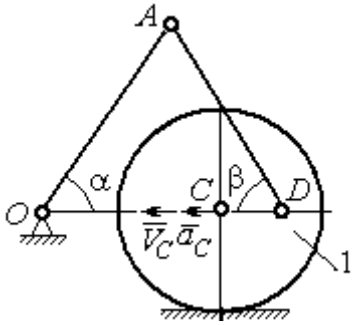
Варианты № 3, 13, 23



Найти: a_C, a_B, ε_{BC}

Номер варианта задания	BC, см	AO, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
3	16	15	60	90	10	2	3
13	18	12	90	60	8	3	2
23	14	12	30	120	10	2	4

Варианты № 4, 14, 24

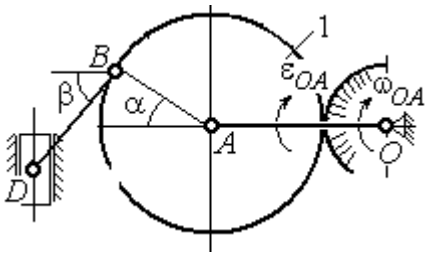


Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	DC, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
4	10	28	5,78	60	30	10	2
14	8	24	4,62	30	90	8	3
24	6	20	6	45	45	12	2

Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

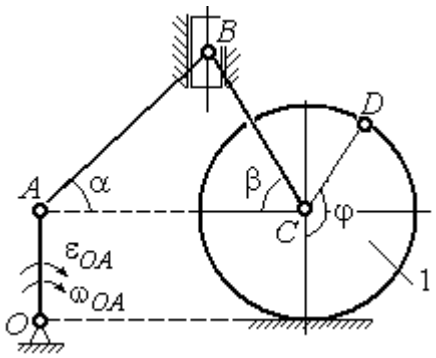
Варианты № 5, 15, 25



Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Номер варианта задания	OA, см	BD, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
5	16	10	60	30	10	4	3
15	18	8	90	45	12	2	4
25	14	12	30	60	8	3	2

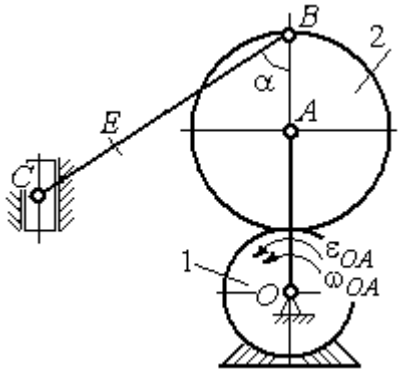
Варианты № 6, 16, 26



Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$

Номер варианта задания	R_1, см	AB, см	φ, град	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
6	6	18	60	30	30	2	3
16	8	20	90	60	30	2	4
26	5	16	120	30	60	3	4

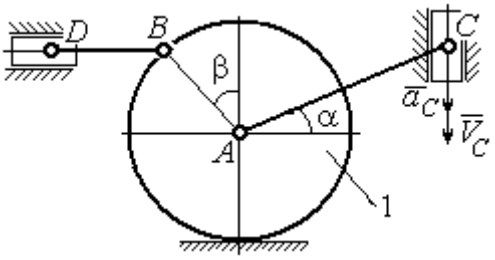
Варианты № 7, 17, 27



Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$

Номер варианта задания	BC, см	BE, см	α, град	R_1, см	R_2, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
7	22	10	60	2	10	2	3
17	28	15	30	3	6	3	4
27	20	8	45	4	8	2	2

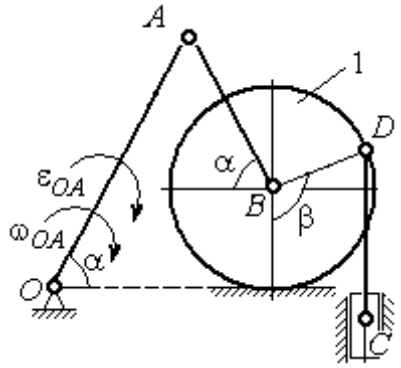
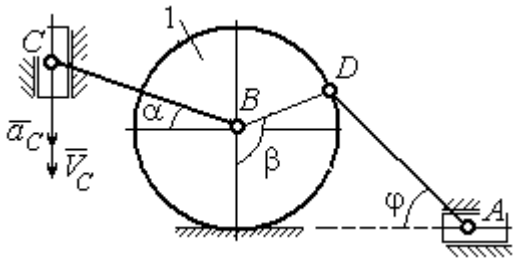
Варианты № 8, 18, 28



Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Номер варианта задания	R_1, см	BD, см	AC, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
8	4	5	12	60	60	12	5
18	6	10	16	45	90	10	8
28	8	8	16	30	120	8	6

Рис. 2.14. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AB}$	 Найти: $a_A, a_B, \varepsilon_{CB}$

Номер варианта задания	OA, см	DC, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	BC, см	φ, град	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
9	18	10	30	120	4	2	3	**10**	6	14	60	30	120	15	3
19	20	12	60	60	6	3	4	**20**	5	18	45	60	90	10	5
29	18	8	60	90	4	2	3	**30**	4	16	30	45	60	12	4

Рис. 2.15. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Примеры решения задания К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Ступенчатый барабан 1 с радиусами ступенек $R = 0{,}5$ м и $r = 0{,}3$ м катится окружностью малой ступеньки по горизонтальной поверхности без скольжения (рис. 2.16). Барабан приводится в движение шатуном AC, один конец которого соединён с центром барабана в точке A, а другой – с ползуном C, перемещающимся вертикально. В положении механизма, когда шатун AC отклонён от вертикали на угол 60°, найти ускорение точки B барабана, лежащей на его горизонтальном диаметре, если заданы скорость и ускорение ползуна C: $V_C = 9$м/с, $a_C = 4$ м/с^2.

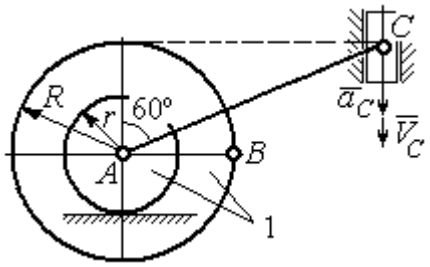


Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости ω_{AC}, ω_1 шатуна AC и барабана 1. Шатун совершает плоское движение. Его мгновенный центр скоростей P_2 находится на пересечении перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (рис. 2.17). По условию, скорость точки C направлена вертикально вниз. Точка A принадлежит как шатуну AC, так и барабану 1. При качении барабана по горизонтальной поверхности скорость его центра – точки A параллельна поверхности качения барабана.

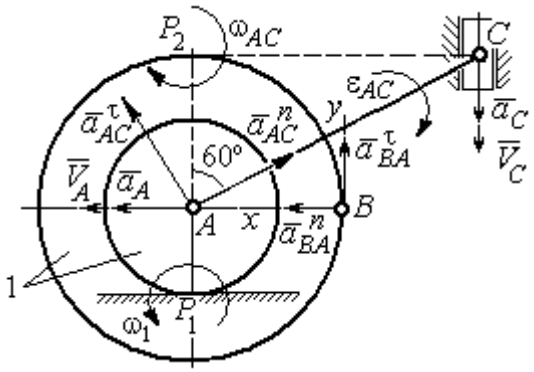


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\mathrm{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки A шатуна $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2 = 3\sqrt{3}$ м/с. Угловая скорость барабана 1 $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 10\sqrt{3}$ рад/с. При расчёте угловой скорости барабана учтено, что качение барабана по неподвижной поверхности представляет собой плоское движение, при котором мгновенный центр скоростей находится в точке касания с поверхностью (в точке P_1 на рис. 2.17).

Выразим ускорение $\vec{a}_A$ точки A через полюс C на основании векторного равенства: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}_{AC}^{\tau} + \vec{a}_{AC}^{n}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}_{AC}^{\tau}$, $\vec{a}_{AC}^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки A при вращении шатуна AC вокруг полюса C. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_{AC}^{n}$ направлен вдоль шатуна AC от точки A к полюсу C и равен по величине $a_{AC}^{n} = \omega_{AC}^2 \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с^2. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\tau}$, модуль которого вычисляется по формуле $a_{AC}^{\tau} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, направлен перпендикулярно отрезку AC.

На данном этапе величина вектора касательного ускорения не может быть вычислена, поскольку угловое ускорение шатуна AC ε_{AC} неизвестно. На рис. 2.17 направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\tau}$ выбрано из предположения, что

вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\vec{a}_A$ ускорения точки A определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\vec{a}_A$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

Выберем ось x вдоль линии AC (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\tau}_{AC} + \vec{a}^{n}_{AC}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AC}$ обращается в нуль. Получим $a_A \cos 30^\circ = a_C \cos 60^\circ - a^n_{AC}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_A = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C \cos 60^\circ - a^n_{AC}\right) = -122{,}4$ м/с^2. Отрицательное значение ускорения точки A означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\vec{a}_A$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\vec{a}_A$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_A$, и движение барабана замедленное.

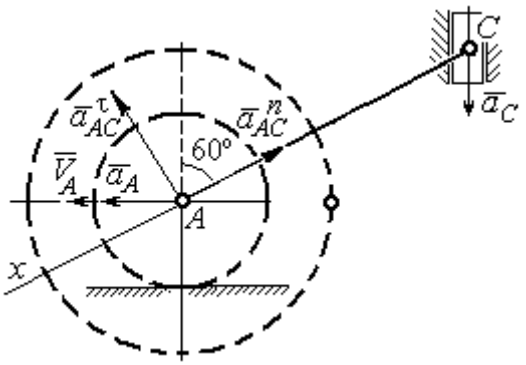


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Для того чтобы найти ускорение точки B, выразим его через полюс A на основании векторного равенства $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки A, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении барабана вокруг полюса A.

Модуль вектора нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{BA}$ равен по величине $a^n_{BA} = \omega_1^2 \cdot BA = (10\sqrt{3})^2 \cdot R = 150$ м/с^2. Вектор направлен вдоль радиуса барабана от точки B к полюсу A (см. рис. 2.17).

Модуль вектора касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_1 \cdot BA$, где ε_1 – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения ε_{AC} шатуна AC) может быть найдено. Расчёт основан на том, что при движении барабана расстояние AP_1 от точки A до центра скоростей барабана P_1 остаётся постоянным, равным r. Тогда выражение $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 \cdot r$ для расчёта скорости точки A можно продифференцировать. Получим $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. Так как точка A движется по прямой, производная от скорости точки равна её полному ускорению, а производная от угловой скорости барабана равна его угловому ускорению. Тогда имеем: $a_A = \varepsilon_1 \cdot r$, откуда находим угловое ускорение $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с^2, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ м/с^2.

Заметим, что для вычисления углового ускорения ε_{AC} шатуна AC подобные рассуждения неприменимы. Формулу $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2$ невозможно продифференцировать, так как при движении механизма расстояние AP_2 от точки A до центра скоростей P_2 шатуна AC является неизвестной функцией времени.

Выберем систему координат xBy как показано на рис. 2.17, и спроецируем на эти оси векторное равенство $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\vec{a}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки B: $a_{Bx} = a_A + a^{n}_{BA}$, $a_{By} = a^{\tau}_{BA}$. Подставляя значения ускорений, найдём $a_{By} = 20{,}4$ м/с^2, $a_{Bx} = -122{,}4 + 150 = 27{,}6$ м/с^2. Вектор полного ускорения точки B направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_{Bx}$, $\vec{a}_{By}$. Величина ускорения точки B: $a_B = \sqrt{a^2_{Bx} + a^2_{By}} = 34{,}32$ м/с^2.

Задача 2. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип *OA* вращается вокруг оси *O* с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. Диск 2, шарнирно присоединённый к кривошипу в точке *A*, катится без проскальзывания по неподвижному диску 1. Радиусы дисков R_1 и R_2. На краю диска 2 в точке *B* шарнирно прикреплен стержень *BC*, соединенный с центром *C* диска 3. Радиус диска 3 равен радиусу диска 2: $R_3 = R_2$. Диск 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности, по прямой. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить ускорение точки *D* и угловое ускорение стержня *BC*, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2, $R_1 = 4$ см, $R_2 = 8$ см. Длина стержня $BC = 20$ см.

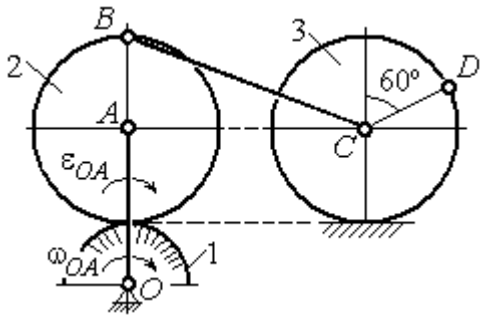


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

Решение

Определение угловых скоростей звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа *OA*. Скорость точки *A*: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу *OA* в сторону движения кривошипа (рис. 2.20).

При движении диска 2 точка P_2 соприкосновения второго диска с неподвижным первым является мгновенным центром скоростей диска 2. Угловая скорость диска 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = \dfrac{48}{8} = 6$ рад/с.

Скорость точки *B* диска 2: $V_B = \omega_2 BP_2 = 6 \cdot 16 = 96$ см/с.

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю: $\omega_{BC} = 0$, а стержень совершает мгновенное поступательное движение. В результате имеем: $V_C = V_B = 96$ см/с.

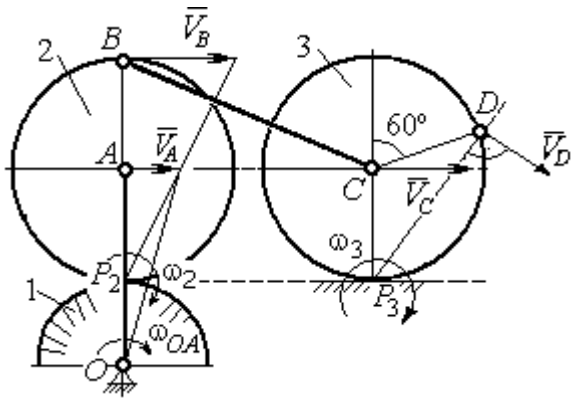


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей. Тогда угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Скорость точки D диска 3: $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$. Величину DP_3 находим из треугольника P_3DC. В результате $DP_3 = 2R_3\cos 30^\circ = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии DP_3 и (см. рис. 2.20).

Определение ускорений точек механизма.

Представим ускорение $\vec{a}_C$ точки C векторной суммой $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение точки B, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B, $a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB$, $a^\tau_{CB} = \varepsilon_{CB} \cdot CB$.

Нормальная составляющая ускорения точки C $a^n_{CB} = 0$, так как стержень CB совершает мгновенное поступательное движение и $\omega_{BC} = 0$.

Направление касательной составляющей $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ неизвестно, так как неизвестно направление углового ускорения стержня ε_{CB}. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня *BC* в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой ε_{CB}.

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня *BC* в сторону углового ускорения ε_{CB} (см. рис. 2.21).

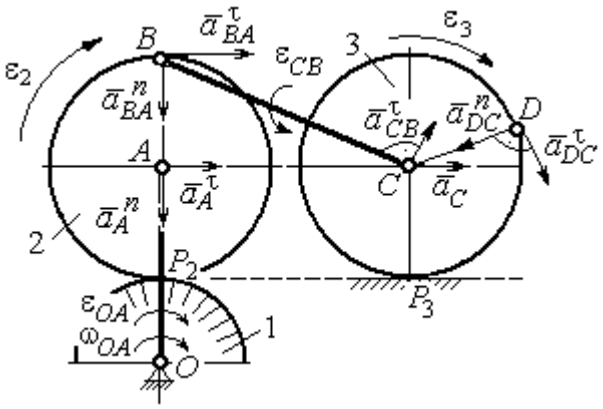


Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Выразим ускорение точки *B* через полюс *A*: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса *A*; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки *B* при вращении диска 2 вокруг полюса *A*. Величина нормальной составляющей ускорения точки *B* $a^{n}_{BA} = \omega_2^2 \cdot BA = 288$ см/с^2. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса *BA* от точки *B* к полюсу *A* (см. рис. 2.21). Касательное ускорение точки *B* при вращении диска 2 вокруг полюса *A* вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_2 \cdot BA$. Для определения углового ускорения ε_2 диска 2 заметим, что во время движения диска 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным R_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 R_2$, получим: $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \dfrac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

Для того чтобы найти величину a^{τ}_A, рассмотрим вращательное движение кривошипа *OA* вокруг неподвижной оси *O*. Ускорение точки *A* представляется в виде векторного равенства $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – известные нормальная и касательная составляющие ускорения точки *A* кривошипа *OA*:

$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 192$ см/с^2, $a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 24$ см/с^2. Направления векторов нормального ускорения $\vec{a}_A^{\,n}$ и касательного ускорения $\vec{a}_A^{\,\tau}$ показаны на рис. 2.21.

Теперь найдём величину углового ускорения диска 2 и модуль касательного ускорения a_{BA}^τ точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_A^\tau}{R_2} =$ $= 3$ рад/с^2, $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 24$ см/с^2.

Для определения ускорения точки C имеем векторное равенство $\vec{a}_C = \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n} + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{CB}^{\,\tau}$. Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

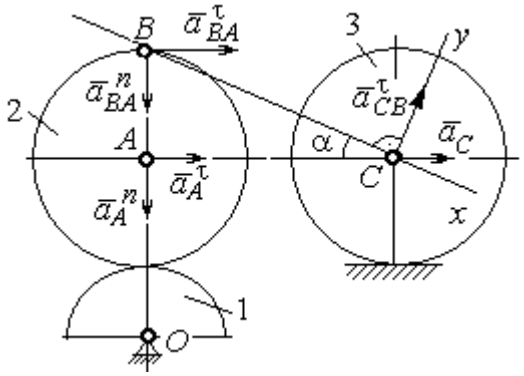


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC; $\sin\alpha = \dfrac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$. Решая систему, найдём: $a_C = 256{,}7$ см/с^2, $a_{CB}^\tau = -358{,}12$ см/с^2.

Модуль углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 17{,}9$ рад/с^2.

Знак «минус» величины a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^{\,\tau}$ на рис. 2.21 – 2.22 следует направить в противоположную сторону. Направление углового ускорения стержня BC, показанное на рис. 2.21 дуговой стрелкой ε_{CB}, также следует заменить на противоположное.

Выразим ускорение точки *D* через полюс *C*: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^n_{DC} + \vec{a}^\tau_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – известное ускорение точки *C*; $\vec{a}^n_{DC}$, $\vec{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки *D* при вращении диска 3 вокруг полюса *C*. Величина нормального ускорения точки *D*: $a^n_{DC} = \omega_3^2 \cdot DC = 1152$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}^n_{DC}$ направлен по радиусу от точки *D* к полюсу *C* (рис. 2.23).

Для расчёта касательной составляющей a^τ_{DC} ускорения точки *D* найдём угловое ускорение диска 3. Продифференцируем по времени равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 R_3$. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с^2. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки *D*: $a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с^2. Направление вектора $\vec{a}^\tau_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

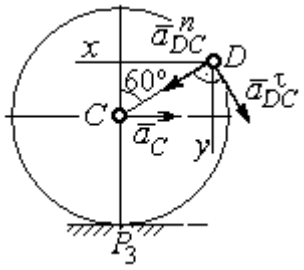


Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки *D*

Проведём оси *Dx* и *Dy*, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки *D* на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC}\cos 30^\circ - a^\tau_{DC}\cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC}\cos 60^\circ + a^\tau_{DC}\cos 30^\circ.$$

Решая систему, находим значения проекций модуля ускорения $a_{Dx} = 612{,}5$ см/с^2, $a_{Dy} = 798{,}3$ см/с^2. Величина ускорения точки *D*:

$$a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 1006{,}2 \text{ см/с}^2.$$

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия сложного движения точки

В неподвижной системе координат рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Траектория точки в её движении относительно тела называется **относительной траекторией.** Скорость точки в этом движении называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Траектория точки, перемещающейся вместе с телом, называется переносной траекторией точки, скорость точки при таком её движении – **переносной скоростью**, а ускорение – **переносным ускорением**.

Суммарное движение точки вместе с телом и относительно тела называется **сложным движением**. Траектория точки относительно неподвижной системы координат называется **абсолютной траекторией точки**, скорость и ускорение – **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **при сложном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

В случае, когда относительное движение точки задается естественным способом в виде закона изменения пути $S = S(t)$, величина относительной скорости точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right|$. Если переносное движение точки есть вращение тела вокруг неподвижной оси, скорость точки в переносном движении будет: $V_e = \omega_e h_e$, где ω_e – величина угловой скорости вращения тела; h_e – кратчайшее расстояние от места положения точки на теле до оси вращения тела.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **при сложном движении абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_к$ – вектор ускорения Кориолиса. (Иногда его называют поворотным ускорением.)

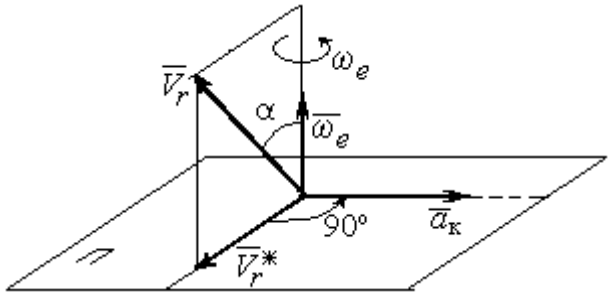


Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением $\vec{a}_к = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_к| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения и вектором относительной скорости точки (см. рис. 3.1). Направление вектора ускорения Кориолиса может быть получено по правилу построения вектора векторного произведения.

На рис. 3.1 показана последовательность выбора направления вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем: пусть имеется точка, движущаяся с относительной скоростью $\vec{V}_r$. Построим плоскость П, перпендикулярную вектору переносной угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроецируем вектор $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости П вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить

простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Относительное ускорение $\vec{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\vec{a}_r^{\tau}$ и относительного нормального $\vec{a}_r^{n}$ ускорений: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n}$. Переносное ускорение точки $\vec{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\vec{a}_e^{\tau}$ и переносное нормальное $\vec{a}_e^{n}$ ускорения так, что $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n}$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^{\tau} = \left|\dot{V}_r\right|$, $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны относительной траектории. При движении точки по окружности радиус кривизны равен радиусу окружности, при движении по прямой – бесконечности, и в этом случае $a_r^{n} = 0$.

При вращательном переносном движении точки значения переносного касательного и нормального ускорений вычисляются по формулам: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, $a_e^{n} = \omega_e^2 h_e$, где ε_e – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; h_e – расстояние от точки до оси вращения тела; ω_e – величина угловой скорости вращения тела.

Вектора ускорений строятся по общим правилам построения векторов нормального и касательного ускорений.

При поступательном переносном движении ускорение Кориолиса и переносное нормальное ускорение равны нулю: $a_{\text{к}} = 0$, $a_e^{n} = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau}$.

3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении

Задание включает две задачи с вращательным и поступательным видами переносного движения точки.

Задача 1. Вращение тела относительно неподвижной оси задается законом изменения угла поворота: $\varphi_e = \varphi_e(t)$ или законом изменения его угловой скорости: $\omega_e = \omega_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = S_r = S_r(t)$.

Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени t_1.

Задача 2. Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

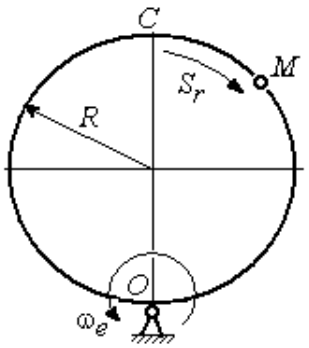
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени t_2, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схемеописаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

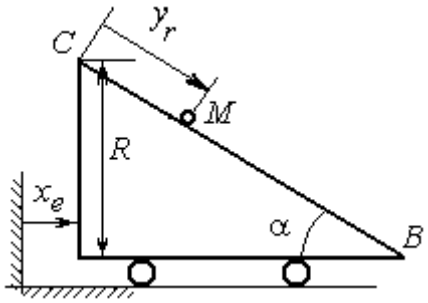
Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



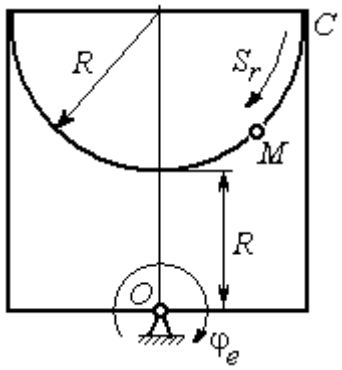
Задача 2



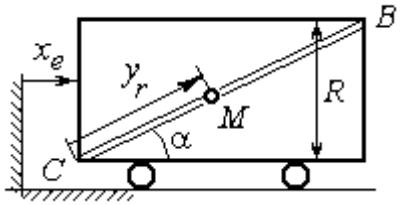
В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути CB

Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



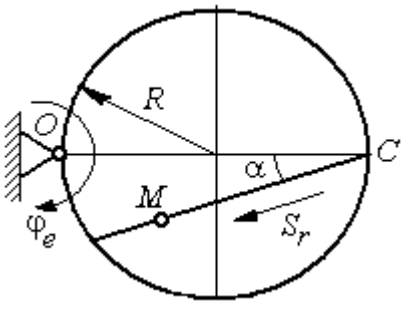
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла 2/3 пути CB

Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Задача 2

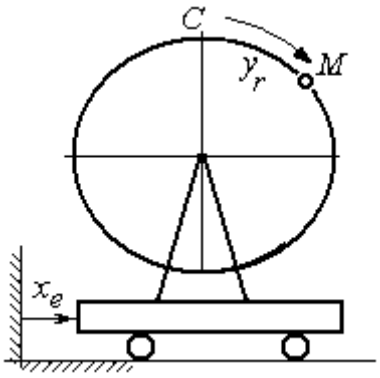
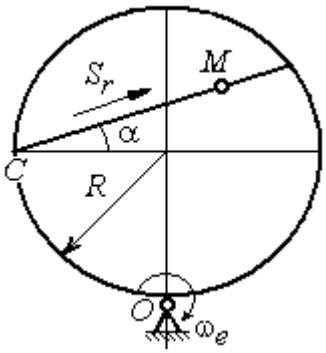


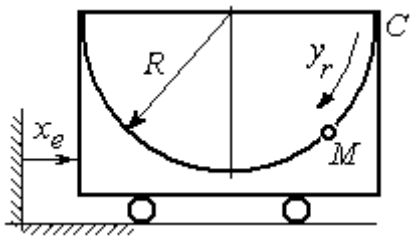
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1

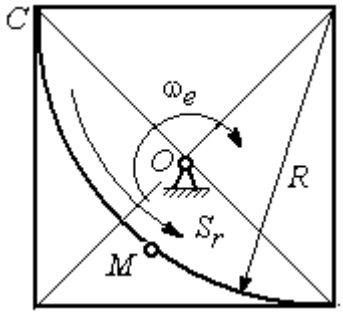


Задача 2

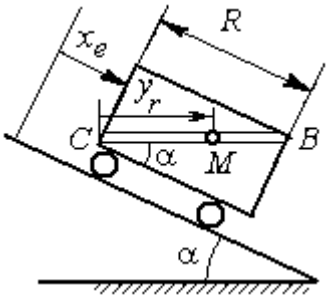


Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



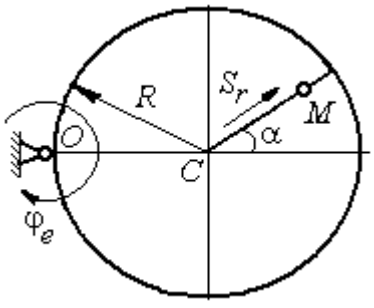
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка *M* прошла путь *CB*

Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Задача 2

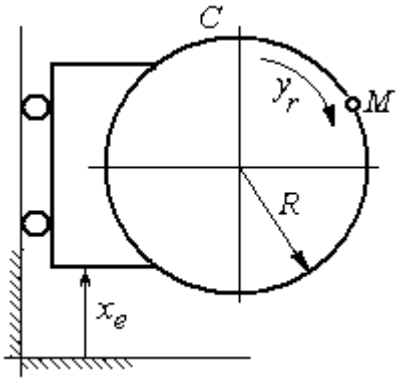
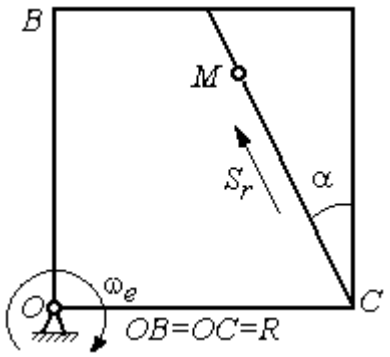


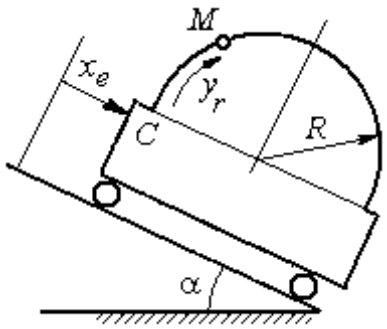
Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

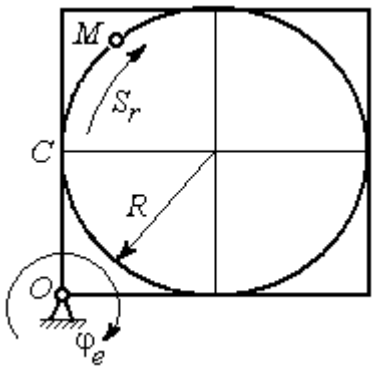


Задача 2

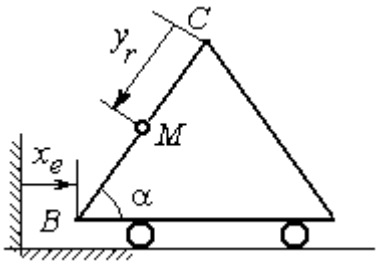


Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



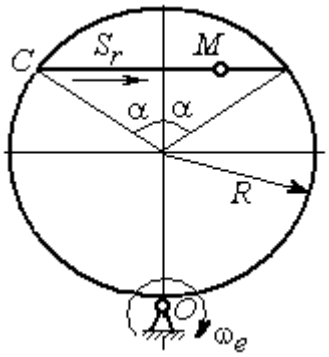
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Задача 2

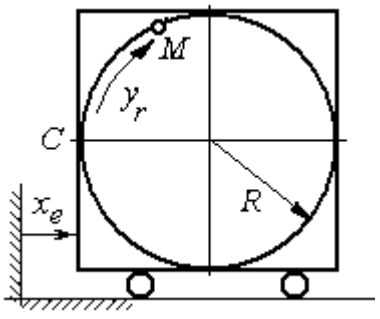


Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания К4

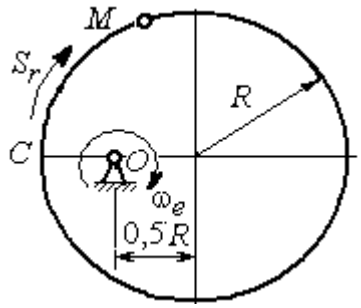
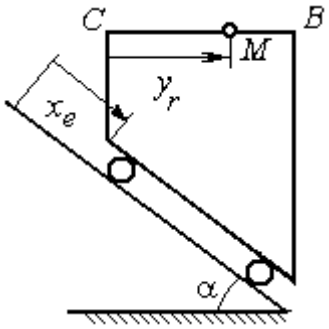
Варианты № 10, 20, 30	
Задача 1	Задача 2
	 В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Рис. 3.5. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 3.1

Исходные данные для заданий по сложному движению точки

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
1	1	3	–	$S_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 4t^2$	1
	2	4	30	$y_r = 4t^2$	$x_e = 2\cos(\pi t/6)$	–
2	1	2	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	3	60	$y_r = t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
3	1	4	30	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 4t - t^2$	1
	2	6	–	$y_r = \pi\left[2t + \sin\pi t\right]$	$x_e = 5t - t^2$	1
4	1	4	60	$S_r = 2(t^3 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	–	$y_r = \pi\left[2t + \cos(\pi t/2)\right]$	$x_e = t^3 - 4t$	1
5	1	6	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	2	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = t^2 - 4t$	–
6	1	6	60	$S_r = t + 10\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t^2 - 5t$	1
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = \left[1 - \cos(\pi t/4)\right]$	1
7	1	8	30	$S_r = 2(t^3 + 3t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	4	30	$y_r = 2\pi t^2$	$x_e = t^3 - 5t$	1

Продолжение табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
8	1	8	–	$S_r = 2\pi\left[t^2 + \sin\pi t\right]$	$\varphi_e = t^2 - 5t$	2
	2	6	30	$y_r = t(t+1)$	$x_e = \cos\pi t$	–
9	1	8	30	$S_r = 2t^2$	$\omega_e = \cos(\pi t/8)$	2
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$x_e = (3-2t)^2$	1
10	1	6	–	$S_r = \pi(2t^3 + \sin\pi t)$	$\omega_e = 5t - 2t^3$	1
	2	4	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = 1 + \cos\pi t$	–
11	1	6	–	$S_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	60	$y_r = 4\sin\pi t$	$x_e = t^2 - 2t$	–
12	1	18	–	$S_r = \pi(2t^2 + 2t)$	$\varphi_e(t) = 3t - t^2$	2
	2	6	30	$y_r = 2t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
13	1	10	60	$S_r = t^3 + t$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = t(t+1)$	1
14	1	4	30	$S_r = 8\sqrt{3}\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = (3-2t)^2$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = 2t^2 - 5t$	1
15	1	8	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	1
	2	5	60	$y_r = 5t + t^2$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	–
16	1	12	90	$S_r = 3\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 2t - 3t^2$	1
	2	15	–	$y_r = \pi(4t + t^2)$	$x_e = 6\sin(\pi t/3)$	1
17	1	6	45	$S_r = 3\sqrt{2}\left[t^2 + 2\sin\pi t\right]$	$\omega_e(t) = 4t^2 - 6$	1
	2	6	60	$y_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$x_e = \sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	2
18	1	8	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = 18t - 4t^2$	2
	2	8	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \sin\pi t$	–
19	1	8	60	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\omega_e = 5t - t^2$	1
	2	9	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	1
20	1	4	–	$S_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 3t - 5$	1
	2	6	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \pi\sin\pi t$	–
21	1	3	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = 6t - 14$	2
	2	8	45	$y_r = (t^2 + 3t)$	$x_e = t + 2\sin\pi t$	–

Окончание табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$CM = S_r(t)$, см $CM = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
22	1	4	–	$S_r = 2\pi(t^2 + 2t)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	9	60	$y_r = 8\sin\pi t$	$x_e = 5t - t^2$	–
23	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = t^2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi[t + \sin(\pi t/6)]$	$x_e = 5t - t^2$	1
24	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = \pi(t^2 + 2t)$	$x_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
25	1	6	–	$S_r = 2\pi t^2$	$\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$	1
	2	4	45	$y_r = 2t(t + 3t)$	$x_e = 2(t^3 - 3t)$	–
26	1	6	120	$S_r = t^2 + t$	$\varphi_e = 12\cos(\pi t/12)$	2
	2	9	–	$y_r = \pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 2(t^2 - 3t)$	1
27	1	10	60	$S_r = \sqrt{3}(t^2 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	9	30	$y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$	$x_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	1
28	1	2	–	$S_r = 6\pi\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t + \cos(\pi t/2)$	1
	2	6		$y_r = 2t + 3t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	–
29	1	8	30	$S_r = (t^2 + 2t)$	$\omega_e = 6\sin(\pi t/12)$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 5t - t^2$	1
30	1	2	–	$\pi(t^2 + 2t)$	$\omega_e(t) = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	60	$y_r = t + t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	–

Пример выполнения задания К4. Сложное движение точки

Задача 1. Фигура, состоящая из половины диска и равнобедренного треугольника (рис. 3.6), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину *A* треугольника. Вращательное движение задается законом изменения угла поворота фигуры $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад.

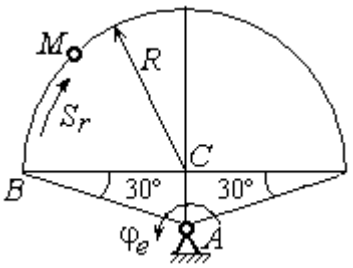


Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ_e. По ободу диска от точки *B* движется точка *M*. Движение точки относительно диска задается законом изменения длины дуги окружности: $\overset{\cup}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ см. Положительное направление движения точки *M* на рис. 3.6 показано дуговой стрелкой S_r. Радиус диска R = 9 см.

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки *M* в момент времени t_1 = 1с.

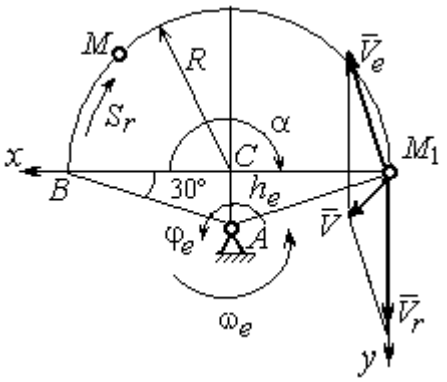


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Решение

Вращение фигуры будет для точки *M* переносным движением. Относительное движение точки *M* – её движение по окружности обода диска.

Для определения **положения точки** *M* на ободе диска вычислим расстояние, которое она прошла на заданный момент времени. Длина дуги окружности, пройденной точкой за 1 с: $S_r(1) = 9\pi$ см. Положение точки *M* определяется центральным углом $\alpha = \dfrac{S_r(1)}{R} = \dfrac{9\pi}{9} = \pi$. Положение точки в момент времени t_1 = 1 с отмечено на рис. 3.7 точкой M_1.

Для определения **скорости переносного движения** точки вычисляем значение производной: $\dot{\varphi}_e = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = |\dot{\varphi}_e|$. При t_1 = 1 с $\dot{\varphi}_e(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\dot{\varphi}_e(1)$ показывает,

что вращение фигуры в данный момент происходит в положительном направлении, что отмечено дуговой стрелкой ω_e на рис. 3.7.

В момент времени $t_1 = 1$ с точка M находится в положении M_1. Скорость V_e переносного движения точки в момент времени $t_1 = 1$ с $V_e(1) = \omega_e(1)h_e$, где расстояние от точки M_1 до оси вращения фигуры $h_e = AM_1 = \dfrac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен линии AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.7).

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги BM. В этом случае **скорость относительного движения** точки $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r(1) = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 18\pi = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r(1)$ указывает, что относительное движение точки в положении M_1 происходит в положительном направлении, указанном на рис. 3.7 дуговой стрелкой S_r. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен по касательной к траектории относительного движения в сторону положительного направления движения (см. рис. 3.7).

Абсолютную скорость точки находим по теореме сложения скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Направление вектора абсолютной скорости, полученное по правилу сложения векторов, показано на рис. 3.5. Для определения величины абсолютной скорости выбираем прямоугольные оси координат M_1xy (см. рис. 3.7) и проецируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси. Получим:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 3\sqrt{3} = 5{,}2 \text{ см/с};$$

$$V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = -6\sqrt{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + 56{,}5 = 29{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5{,}2^2 + 29{,}5^2} = 29{,}95$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяем по теореме Кориолиса, которая при вращательном переносном движении имеет вид:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Относительное касательное ускорение a_r^{τ} вычисляется по формуле: $a_r^{\tau} = \left|\ddot{S}_r\right|$. По условию задачи вторая производная $\ddot{S}_r = 18\pi$ = 56,5 см/с^2 – постоянная величина. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^{\tau}$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке M_1 в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой S_r.

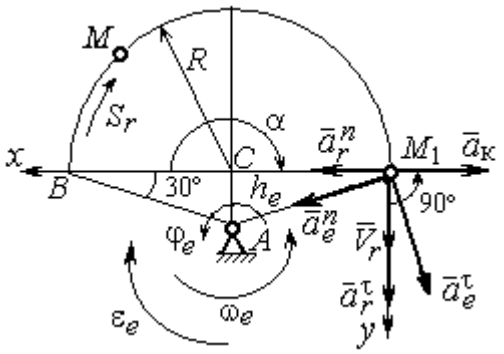


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Относительное нормальное ускорение точки вычисляется по формуле $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно: $a_r^{n}(1) = \dfrac{V_r^2(1)}{R} = \dfrac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^{n}$ направлен по радиусу диска к центру C (см. рис. 3.8).

Переносное касательное ускорение вычисляется по формуле: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, где угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2. Угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right| = 4$ рад/с^2 постоянно и не зависит от времени.

Отрицательное значение производной $\ddot{\varphi}_e < 0$ при условии, что расчетная величина угловой скорости положительна: $\dot{\varphi}_e > 0$, означает, что вращательное движение замедленное и переносное угловое ускорение ε_e направлено в сторону, противоположную направлению вращения.

Вектор $\vec{a}_e^{\tau}$ переносного касательного ускорения точки в её положении M_1 перпендикулярен линии AM_1 и направлен противоположно вектору переносной

скорости $\vec{V}_e$ (см. рис. 3.8). Модуль переносного касательного ускорения: $a_e^\tau = a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = 24\sqrt{3} = 41{,}6$ см/с^2.

Переносное нормальное ускорение a_e^n рассчитывается по формуле: $a_e^n = \omega_e^2 h_e$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $a_e^n(1) = \omega_e^2(1) h_e = 6\sqrt{3} = 10{,}4$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^{\,n}$ направлен по линии AM_1 к оси вращения (см. рис. 3.8).

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с^2.

Так как вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r \perp \vec{\omega}_e$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения вокруг оси, параллельной оси вращения и проходящей через точку M_1 (см. рис. 3.8). Для определения абсолютного ускорения спроецируем на прямоугольные оси xM_1y (см. рис. 3.8) векторное равенство $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$. Получим: $a_y = a_e^\tau \cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^\tau = 97{,}9$ см/с^2,

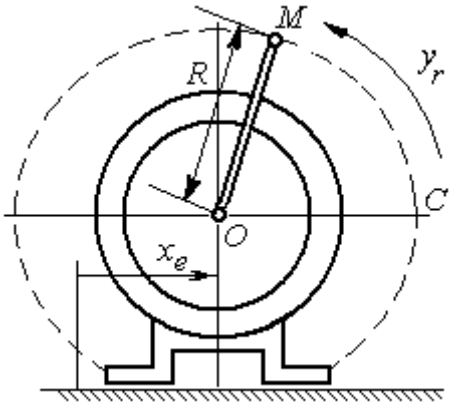


Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

$a_x = -a_e^\tau \cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 228{,}4$ см/с^2. Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с^2.

Задача 2. К вращающемуся валу электромотора прикреплён стержень OM длины $R = 6$ см. Во время работы электромотора точка M стержня из начального положения C перемещается по дуге окружности согласно уравнению $CM = y_r = \pi t^2$ см.

При этом электромотор, установленный без креплений, совершает горизонтальные гармонические колебания на фундаменте по закону $x_e = 5\sin(\pi t/3)$ см. Определить абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

Решение

Точка M совершает сложное движение – относительно электромотора и вместе с ним. Относительным движением точки будет её движение по дуге окружности радиуса R, переносным – поступательное горизонтальное, прямолинейное движение электромотора.

Найдём положение точки относительно электродвигателя в заданный момент времени. Угол α, отсчитываемый стержнем OM от начального положения OC, в момент времени $t_1 = 1$ с составляет $\alpha = \dfrac{y_r(t_1)}{R} = \dfrac{\pi}{6} = 30°$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.10 буквой M_1.

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги. Относительная скорость $V_r = \dot{y}_r = 2\pi t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_r = 6{,}28$ см/с. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню OM_1.

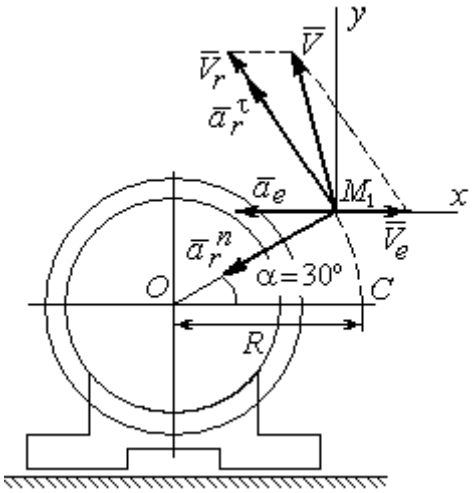


Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

Скорость точки в переносном движении – это скорость горизонтального движения электродвигателя:

$$V_e = \dot{x}_e = \frac{5\pi}{3}\cos(\pi t/3).$$

В момент времени $t_1 = 1$с $V_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60^\circ = 2{,}62$ см/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости точки M направлен параллельно линии движения электродвигателя (см. рис. 3.10).

Абсолютная скорость точки определяется на основании теоремы сложения скоростей при сложном движении: $\vec{V}_M = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти величину

абсолютной скорости, выберем оси xM_1y, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Mx} = V_e - V_r\cos 60^\circ$ = – 0,52 см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси x), $V_{My} = V_r\cos 30^\circ$ = 5,44 см/с. Модуль абсолютной скорости $V_M = \sqrt{V_{Mx}^2 + V_{My}^2}$ = 5,46 см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки ω_e = 0 и потому $a_к$ = 0. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$, направленные вдоль стержня OM и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_e^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\vec{a}_M = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^\tau = \dot{V}_r$, $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^\tau = \dot{V}_e$ = $-\dfrac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t/3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны a_r^τ = 6,28 см/с^2, a_r^n = 6,57 см/с^2, a_e = – 4,75 см/с^2. Направления векторов ускорений показаны на рис. 3.10. Для вычисления модуля абсолютного ускорения точки спроецируем векторное равенство сложения ускорений на оси выбранной ранее системы координат xM_1y. Получим:

$$a_{Mx} = -a_r^\tau\cos 60^\circ - a_r^n\cos 30^\circ - a_e = -4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = a_r^\tau\cos 30^\circ - a_r^n\cos 60^\circ = 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2}$ = 4,61 см/с^2.

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, …, $\vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:** $m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}$, $m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}$, $m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$ или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}$, где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

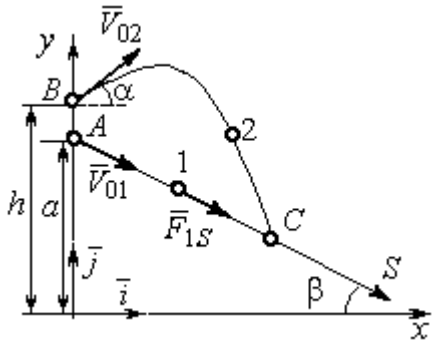
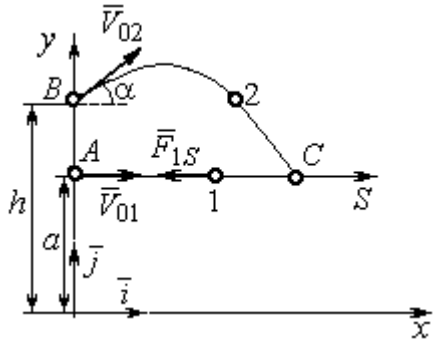
Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой m_1, получив в начальном положении *A* скорость V_{01}, движется вдоль гладкой оси *AS*, наклоненной под углом β к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_1$, направленная вдоль оси *AS*. Направление вектора проекции силы на ось $\vec{F}_{1S}$ показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой m_2 из положения *B* на оси *y*. На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_2$. Направление вектора силы $\vec{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ координатных осей *x*, *y*.

Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1 точки 1 и 2 встретились на оси AS в точке *C*.

Момент времени t_1 задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи.

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

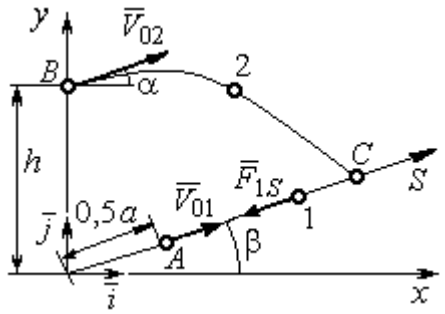
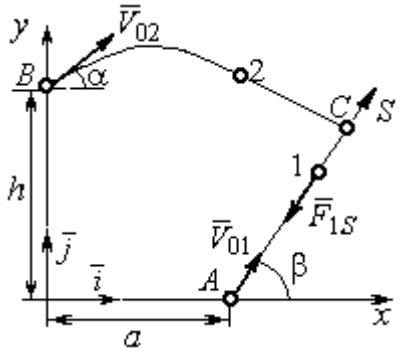
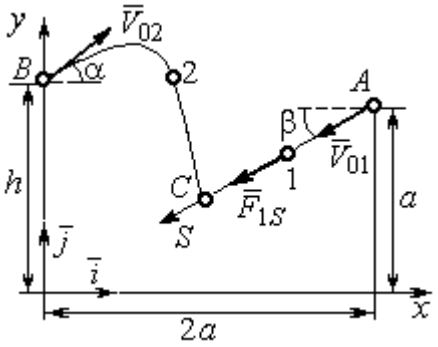
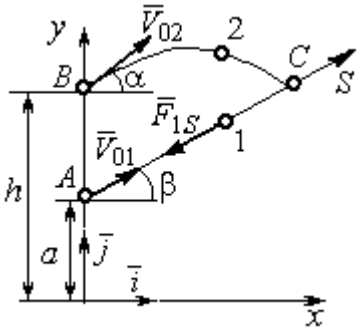
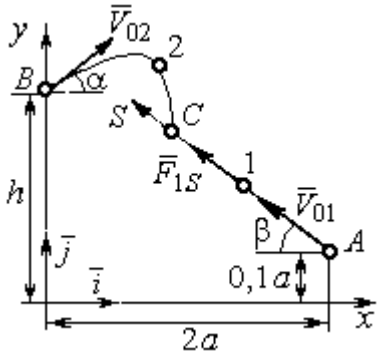
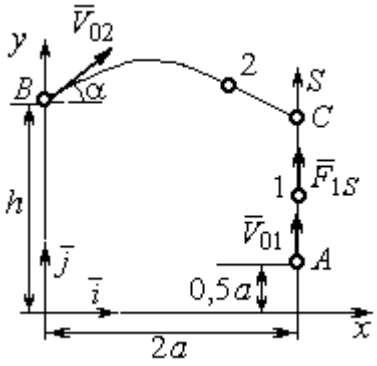
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Встреча в точке *C* в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	Встреча в точке *C*, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}4$ с	Встреча в точке *C* в момент максимального подъёма точки 1

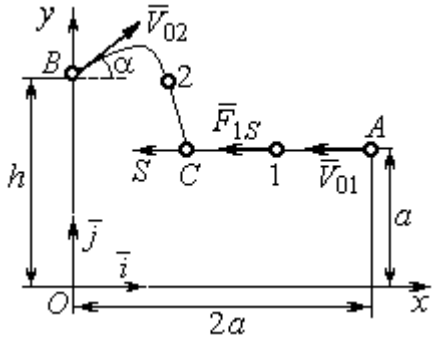
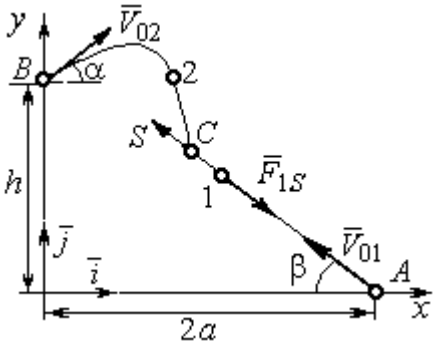
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с	Встреча в точке *C* в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки

Номер варианта задания	m_1, кг	F_{1S}, Н	V_{01}, м/с	β, град	m_2, кг	$\vec{F}_2$, Н	a, м	h, м
1	1	3	3	30	2	$7\vec{i}$	2	4
2	3	6	2	0	2	$4\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	1
3	2	5	4	35	1,5	$10\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\vec{i}+8\vec{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\vec{i}$	3	4,5
6	0,8	6	6	50	3	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	4
7	2	5	4,5	40	1	$10\vec{i}+2\vec{j}$	3	2,5
8	1	2	3,5	90	2	$6\vec{i}+8\vec{j}$	1,2	2
9	2	4	4	0	1	$3\vec{i}+2\vec{j}$	2	2,5
10	1	3	3	55	1,5	$4\vec{i}$	1	1,5
11	0,5	2	3	60	2	$3\vec{i}+8\vec{j}$	1,5	2,5
12	0,2	3	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1	2,5
13	1	2	6	50	1,5	$6\vec{i}-4\vec{j}$	0,8	2
14	0,5	6	4	35	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3	4
16	2	4	6	40	2	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1	1,5
17	1	6	5	60	1,5	$5\vec{i}+4\vec{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\vec{i}+10\vec{j}$	1	1,5
20	5	4	2	30	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	1,5
21	0,2	4	4	45	1	$6\vec{i}-2\vec{j}$	1	3
22	0,4	3	2	0	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1,5	2,5
23	1	3	8	60	2	$4\vec{i}+2\vec{j}$	1,2	1,5
24	0,5	8	3	30	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
25	2	4	4	60	1	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3,5	4
26	1	3	5	50	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	0,5	1,5
27	1,5	3	6	30	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
29	2	4	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	2
30	1	3	2,5	70	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1	1

Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой $m_1 = 2$ кг, получив в начальном положении *A* скорость $V_{01} = 4$ м/с, движется вдоль гладкой оси *AS* с углом наклона $\beta = 30^{\circ}$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\vec{P}_1$ и постоянная сила $\vec{F}_1$, проекция которой на ось *AS* равна $F_{1S} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\vec{F}_{1S}$ на ось *AS* показано на рис. 4.3.

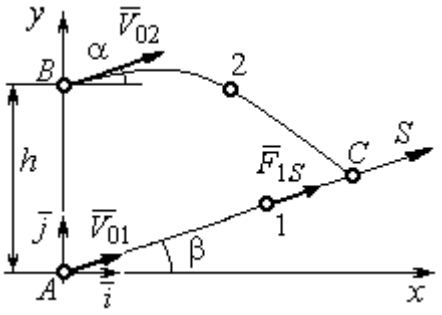


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения *B* на оси *y* высотой $h = 1$ м начинает движение точка 2 массой $m_2 = 1{,}2$ кг. На точку 2 действуют сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ осей *x*, *y* декартовой системы координат: $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, Н. Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси *AS* в точке *C*.

Решение

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести $\vec{P}_1$, нормальная реакция $\vec{N}_1$ наклонной оси *AS* и сила $\vec{F}_1$, величина проекции которой на ось *AS* равна F_{1S} (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1S}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2, дифференциальное уравнение движения точки 1 приводится к виду: $\dfrac{dV_{1S}}{dt} = -2{,}66$. Разделим

переменные, представив дифференциальное уравнение в виде $dV_{1S} = -2{,}66dt$. Проинтегрировав его, получим зависимость скорости точки 1 от времени: $V_{1S} = -2{,}66t + C_1$. Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты $V_{1S} = \dfrac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\dfrac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$, $S = 0$, $\dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$ м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим $C_2 = 0$. Подставим начальное значение скорости в уравнение $\dot{S} = -2{,}66t + C_1$, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим $C_1 = 4$. Таким образом, движение точки 1 вдоль оси AS описывается уравнением: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

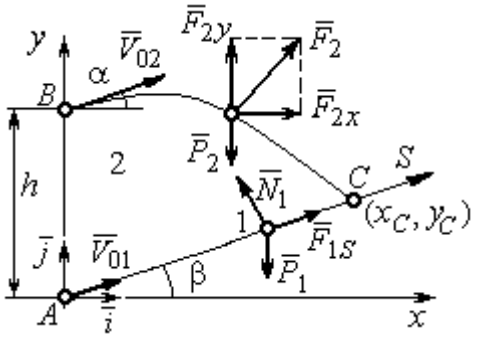


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени t_1, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \dfrac{V_{01}}{2} = 2$ м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим: $2 = -2{,}66t_1 + 4$, откуда найдём момент времени встречи $t_1 = 0{,}75$ с. Расстояние AC, пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время $t_1 = 0{,}75$ с, $AC = S(t_1) = -1{,}33 \cdot 0{,}75^2 + 4 \cdot 0{,}75 = 2{,}25$ м. Координаты точки встречи x_C, y_C определяются из равенств: $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1{,}95$ м; $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1{,}12$ м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, проекции которой на оси координат

$F_{2x} = 2{,}4$ Н, $F_{2y} = 4{,}5$ Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат *x*, *y* имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2{,}4, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2 g + 4{,}5,$$

или после подстановки исходных данных: $\ddot{x} = 2$, $\ddot{y} = -6{,}06$.

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось *x* как производную от соответствующей проекции скорости $\ddot{x} = \frac{dV_{2x}}{dt}$. После разделения переменных получим дифференциальное уравнение $dV_{2x} = 2dt$. Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени: $V_{2x} = 2t + C_3$. Заменим в этом уравнении проекцию скорости точки на ось *x* на производную от координаты $V_{2x} = \frac{dx}{dt}$. После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси *x*, $x = t^2 + C_3 t + C_4$. Для того чтобы найти постоянные C_3 и C_4, воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при $t = 0$, $x = 0$, а при $t_1 = 0{,}75$ с $x(t_1) = x_C = 1{,}95$ м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим $C_4 = 0$, $C_3 = 1{,}85$. Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси *x*: $x = t^2 + 1{,}85t$.

Закон движения точки 2 вдоль оси *y* находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде: $\frac{dV_{2y}}{dt} = -6{,}06$. После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось *y* от времени: $V_{2y} = -6{,}06t + C_5$. Заменив проекцию скорости точки 2 на ось *y* производной от координаты $V_{2y} = \frac{dy}{dt}$, вторично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси *y* описывается уравнением: $y = -3{,}03t^2 + C_5 t + C_6$. Для определения констант C_5 и C_6 используем граничные условия: при $t = 0$ $y(0) = h = 1$ м, а при $t_1 = 0{,}75$ с $y(t_1) = y_C = 1{,}12$ м. Получим $C_6 = 1$

, C_5 = 2,43. Таким образом, точка 2 движется вдоль оси y по закону: $y = -3{,}03t^2 + 2{,}43t + 1$.

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид: $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1{,}85$, $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6{,}06t + 2{,}43$. Значения проекций при $t = 0$: $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1{,}85$ м/с, $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2{,}43$ м/с. Величина начальной скорости: $V_{02} = \sqrt{V_{02x}{}^2 + V_{02y}{}^2} = 3{,}05$ м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства: $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64^\circ$.

4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины $F = c\Delta\ell$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; $\Delta\ell$ – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой m вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат; ω – угловая частота колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$. Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний** $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**: $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \frac{1}{T}$ определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки, $\vec{R} = -\mu\vec{V}$, где μ – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид $m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0$, или $\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0$, где n – коэффициент затухания, $n = \frac{\mu}{2m}$; ω – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \frac{c}{m}$.

При $n < \omega$ движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением $x = e^{-nt}(C_1\cos\omega_1 t + C_2\sin\omega_1 t) = Ae^{-nt}\sin(\omega_1 t + \alpha)$, где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования; ω_1 – угловая частота затухающих колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$; $A_1 = Ae^{-nt}$ – амплитуда затухающих колебаний, $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; α – начальная фаза колебаний, $\mathrm{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$, где $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$.

При $n = \omega$ движение точки происходит согласно уравнению $x = e^{-nt}(C_1 t + C_2)$.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.**

При действии гармонической возмущающей силы $F = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \frac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающей силы, $h = \frac{H}{m}$.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$, решение имеет вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае резонанса, когда $p = \omega$, – вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \frac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2 определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{\text{вын}} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$.

При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \dfrac{ht}{2p}$.

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону $S = a\sin pt$, где a, p – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид $\ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt$, где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \dfrac{ca}{m}$. Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалентной жесткости $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$, где $c_{\text{экв}}$ – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{\text{экв}} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$. Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

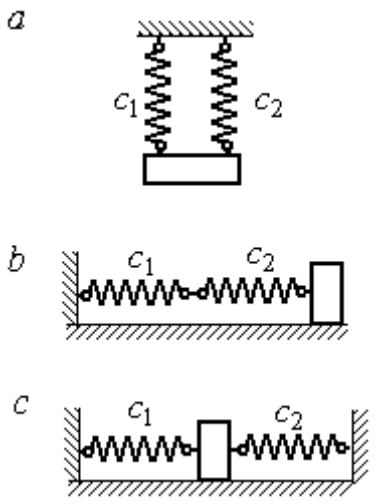


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
a – две параллельные пружины;
b – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи.

Задача 1. Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой m_1 (или одновременно двух грузов массой m_1 и m_2) на пружине жесткостью c_1 (или на двух пружинах жесткостью c_1 и c_2). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

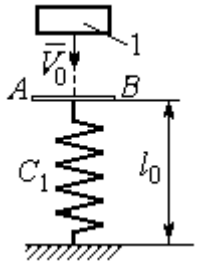
Задача 2. Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость пружин c_1 и c_2. Направление возмущающего усилия $F = F(t)$, приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин $S = S(t)$, а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле: $\vec{R} = -\mu\vec{V}$ Н, где μ – коэффициент сопротивления; V – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

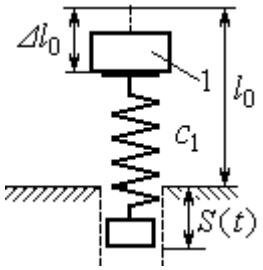
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Невесомая пластина AB укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость V_0, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

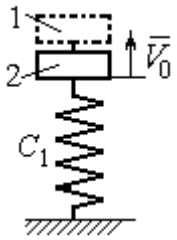
Задача 2



К верхнему концу пружины, сжатой на величину $\Delta\ell_0$, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

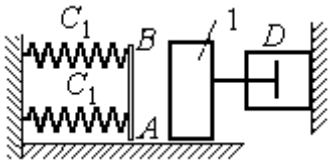
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость V_0, направленную вверх

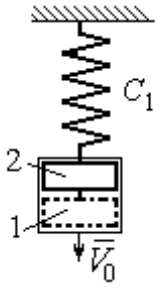
Задача 2



Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью V_0. Через 1 с груз упирается в площадку AB, укреплённую на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку AB и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером D

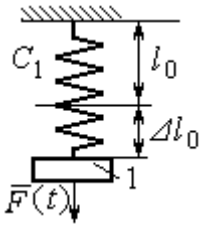
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укреплённого на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью V_0

Задача 2

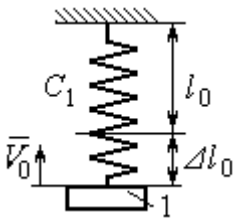


Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

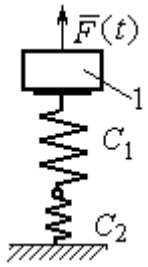
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



К недеформированной пружине подцепили груз 1, оттянули его вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вверх

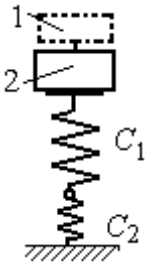
Задача 2



Грузу 1, укреплённому на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость V_0, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

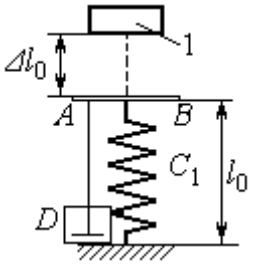
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

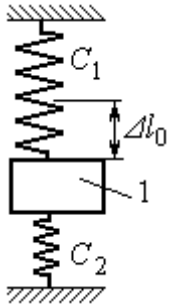
Задача 2



Груз 1 падает с высоты $\Delta\ell_0$ на площадку AB, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер D создаёт сопротивление движению груза на пружине

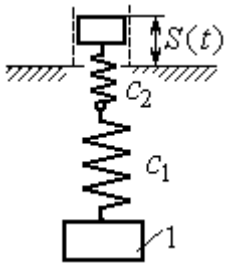
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости

Задача 2

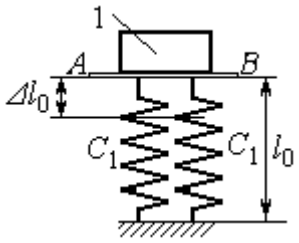


К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью V_0. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

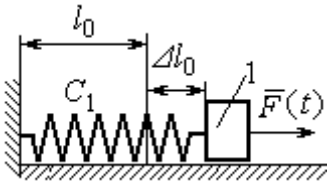
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вниз

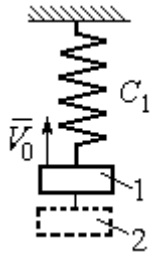
Задача 2



К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $\vec{F}(t)$

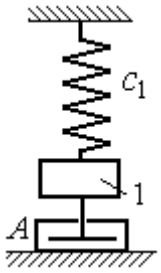
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость V_0, направленную вверх

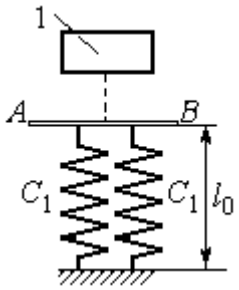
Задача 2



В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость V_0, направленную вниз. Демпфер A создаёт сопротивление движению груза

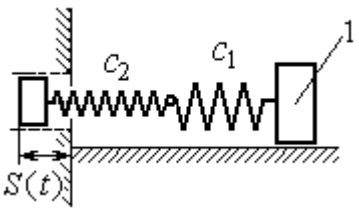
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины AB, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость V_0, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания Д2

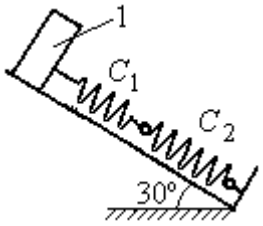
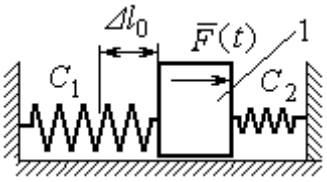
Варианты № 10, 20, 30	
Задача 1	Задача 2
 В положении статического равновесия груза 1, укреплённого на двух последовательно соединённых пружинах, сообщили скорость V_0, направленную вниз по наклонной плоскости	 Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его влево на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
1	1	2,5	–	2,0	200	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	210	–	0,1	–	–	0,02sin12t
2	1	1,5	2,0	4	250	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	4	220	–	–	1,0	–	–
3	1	2,0	1,5	3	250	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	–	200	–	0,14	–	12sin5t	–
4	1	2,0	–	3	180	–	0,1	–	–	–
	2	1,5	–	2	150	120	–	–	8sin12t	–
5	1	1,0	2,0	–	120	100	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	50	–	0,5	18	–	–
6	1	1,2	–	–	120	180	0,12	–	–	–
	2	1,4	–	2,4	120	180	–	–	–	0,03sin14t
7	1	1,6	–	3,2	140	–	0,15	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,12	–	12sin6t	–
8	1	1,0	2,0	3,0	150	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	3,5	120	–	–	15	–	–

Продолжение табл. 4.2

Номер вари-анта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
9	1	1,5	–	–	100	–	–	–	–	–
	2	1,4	–	2,0	100	110	–	–	–	0,015sin8t
10	1	2,5	–	2,5	110	100	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	110	52	0,08	–	5sin9t	–
11	1	2,0	–	4,0	300	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	200	–	0,12	–	–	0,01sin4t
12	1	1,8	2,4	4	220	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	5	240	–	–	0,6	–	–
13	1	1,5	1,5	2	200	–	–	–	–	–
	2	1,8	–	–	180	–	0,08	–	10sin10t	–
14	1	2,0	–	2	200	–	0,12	–	–	–
	2	2,0	–	2	150	120	–	–	10sin8t	–
15	1	1,5	2,0	–	120	250	–	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,4	4	–	–
16	1	2,0	–	–	150	75	0,1	–	–	–
	2	2,0	–	2,5	150	75	–	–	–	0,01sin5t
17	1	1,5	–	2,1	160	–	0,11	–	–	–
	2	1,8	–	–	150	–	0,1	–	8sin12t	–
18	1	2,0	1,0	2,5	80	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	2,5	50	–	–	21	–	–
19	1	1,6	–	–	120	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	2,0	85	120	–	–	–	0,015sin7t
20	1	2,0	–	2,0	90	100	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	100	90	0,12	–	6sin10t	–
21	1	2,0	–	1,6	220	–	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	250	–	0,14	–	–	0,01sin10t
22	1	2,2	1,5	3	180	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	4	280	–	–	0,8	–	–
23	1	2,2	1,2	2	220	–	–	–	–	–
	2	1,6	–	–	200	–	0,12	–	5sin7t	–

Окончание табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
24	1	1,6	–	2,4	160	–	0,13	–	–	–
	2	1,0	–	3	150	300	–	–	6sin10t	–
25	1	0,8	1,2	–	120	80	–	–	–	–
	2	0,8	–	–	180	–	0,4	12	–	–
26	1	1,4	–	–	100	120	0,15	–	–	–
	2	1,8	–	2,2	150	120	–	–	–	0,015sin8t
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	5sin9t	–
28	1	1,5	2,0	2,0	140	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	3,1	180	–	–	12	–	–
29	1	1,0	–	–	140	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	2,4	75	150	–	–	–	0,08sin5t
30	1	1,6	–	3	75	150	–	–	–	–
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	8sin10t	–

Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

Задача 1. Груз 1 весом $P = 20$ Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к недеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 30º, коэффициент жесткости пружины $c = 400$ Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

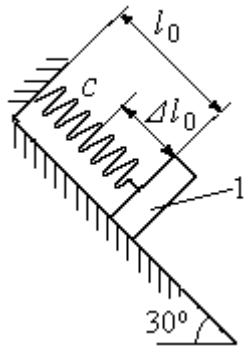


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11) В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены три силы: сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\vec{N}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение *x* относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

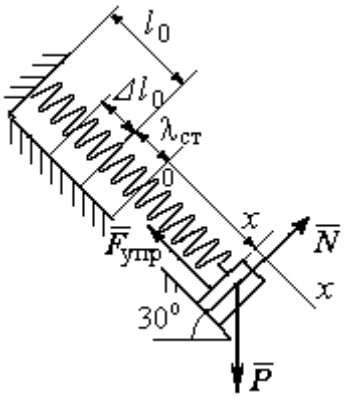


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось *x*: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$. Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где ω – угловая частота колебаний; $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}01$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси *Ox*.

Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \dfrac{P\sin 30^\circ}{c}$ = 0,025 м. Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты *x* выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!): $x_0 = -(\Delta\ell_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ м (см. рис. 4.11).

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим $C_1 = -0{,}125$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставим сюда начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0{,}125\cos 14{,}01t \text{ м}.$$

Амплитуда колебаний груза $A = 0{,}125$ м.

Задача 2. Груз 1 весом $P = 20$ Н подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины $c = 800$ Н/м. В начальный момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

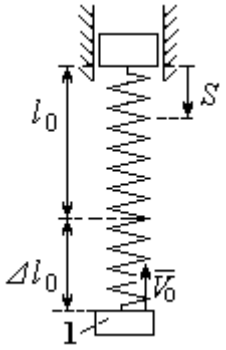


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $S = a\sin 10t$, где $a = 0{,}02$ м.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13, *c*, *d*). В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$.

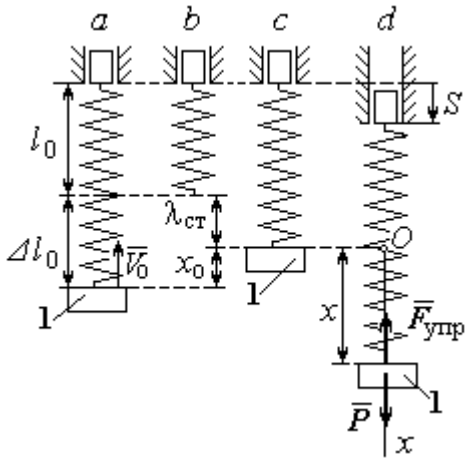


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*

$$F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где $\Delta\ell$ – удлинение пружины, включающее её растяжение *x* относительно начала координат, растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$, ω = 19,81 рад/с; h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{ca}{m}$ = 7,85 м/с^2; p – угловая частота вынужденных колебаний, p = 10 рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь $\omega \neq p$) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси Ox. Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, *b*) $x_0 = \Delta\ell_0 - \lambda_{ст}$. Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P}{c}$ = 0,02 м, тогда x_0 = 0,08 м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим: $C_1 = x_0$ = 0,08 м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2}\cos pt$. Проекция скорости груза в начальный момент на ось Ox $V_{0x} = -V_0$. Подставив начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$, получим: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)} = -0{,}11$ м.

Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0{,}08\cos 19{,}82t - 0{,}11\sin 19{,}82t - 0{,}03\sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$ = 0,03 м. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ = 0,14 м.

4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой $A(\vec{F})$ силы $\vec{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении S_1 точки приложения силы называется величина $A(\vec{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол α острый, работа силы положительна. Если угол α тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

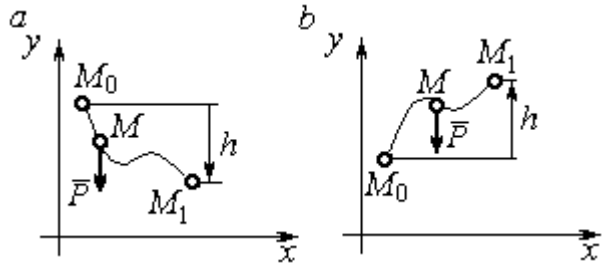


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы тяжести материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения M_0 в положение M_1 равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

Работа силы упругости пружины на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние h определяется формулой $A(F_{\text{упр}}) = -\dfrac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \dfrac{1}{2}mV^2$, где m – масса точки; V – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\dfrac{mV_1^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0, V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ

всех сил, действующих на точку, при её перемещении из положения M_0 в положение M_1.

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат; ρ – радиус кривизны траектории точки.

4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

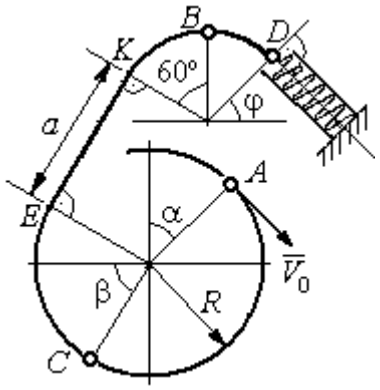
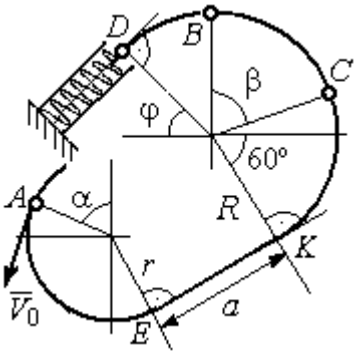
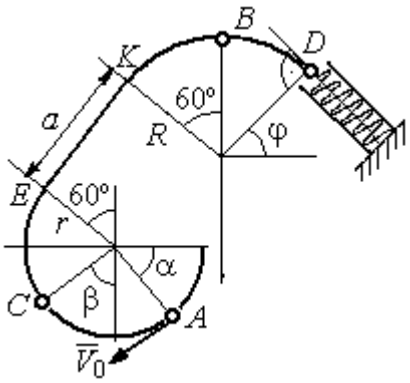
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой *m* расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами *r* и *R* = 2*r*, соединённых прямолинейным отрезком *EK*, сопряжённым с дугами окружностей в точках *E* и *K*. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка *EK* = *a*.

В точке *A*, положение которой на дуге окружности определяется углом α, шарику сообщают начальную скорость V_0. По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку *EK* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f*. На участках с вертикальным отрезком *EK* считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки *D*, шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью *c* и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки *D* определяется углом φ.

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положении траектории – точку B со скоростью $V_B = kV_0$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке C, положение которой на дуге определяется углом β.

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**	**Варианты № 3, 13, 23**
		

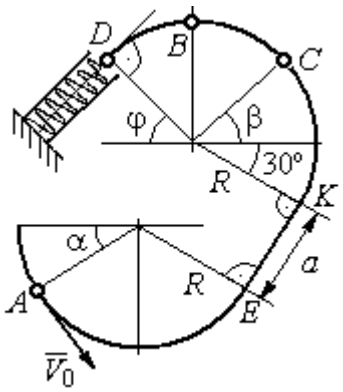
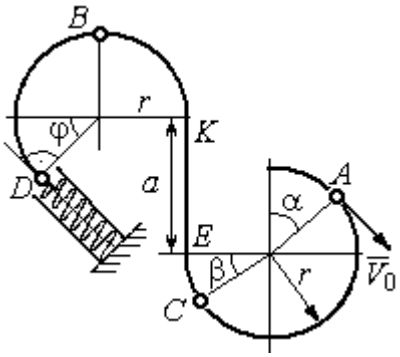
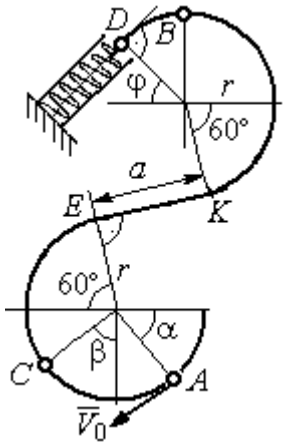
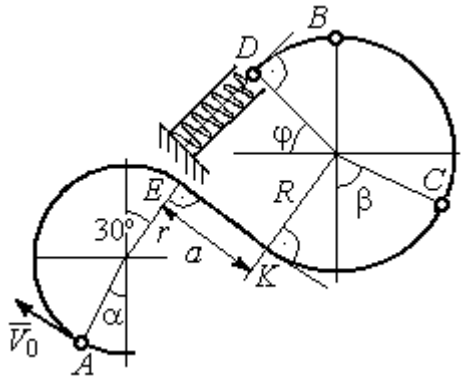
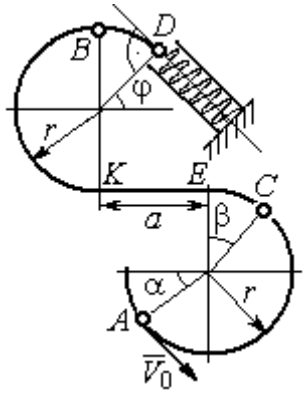
Варианты № 4, 14, 24	**Варианты № 5, 15, 25**	**Варианты № 6, 16, 26**
		

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д3

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

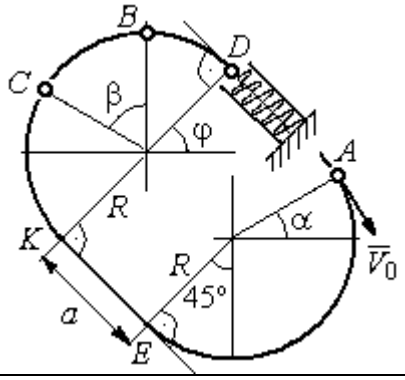
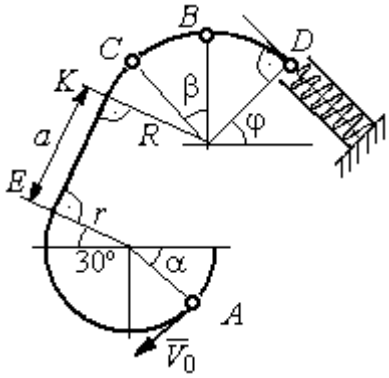
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 4.16. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

Исходные данные задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
m, кг	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,6	0,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3	1,0
α, град	30	45	0	30	30	0	0	45	30	0	60	30	30	45	60
β , град	60	30	60	0	60	30	60	60	30	45	30	60	60	30	30
φ, град	0	60	30	0	0	30	45	0	30	45	30	30	0	30	45
r, м	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8
a, м	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,5	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6
f	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
k	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
c, Н/м	100	80	90	80	120	100	90	80	60	80	90	60	80	60	110

Окончание табл. 4.3

Номер варианта задания	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
m, кг	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8
α, град	60	30	0	45	60	90	90	60	60	90	30	60	60	45	90
β, град	60	30	45	90	60	45	90	60	60	30	30	60	60	0	60
φ, град	45	60	60	60	30	90	0	90	45	60	60	90	30	60	0
r, м	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4
a, м	0,4	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,6	1,5	1,4	0,8	1,2	0,9	0,6	0,8	0,5
f	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
k	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
c, Н/м	80	60	90	60	100	90	80	110	80	60	60	80	60	80	100

Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках E и K с прямолинейным отрезком EK длиной $a = 0{,}6$ м (рис. 4.17). Радиусы окружностей $R = 1$ м и $r = 0{,}5$ м. Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках E и K, составляют с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик массой $m = 0{,}5$ кг. В точке A, положение которой на дуге радиуса R определяется углом $\alpha = 60°$ (см. рис. 4.17), шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой EK на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения $f = 0{,}2$. Достигнув точки D на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью $c = 100$ Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает её. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку B) шарик проходит со скоростью $V_B = kV_0$ при $k = 0{,}3$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке C, положение которой на дуге определяется углом $\beta = 90°$.

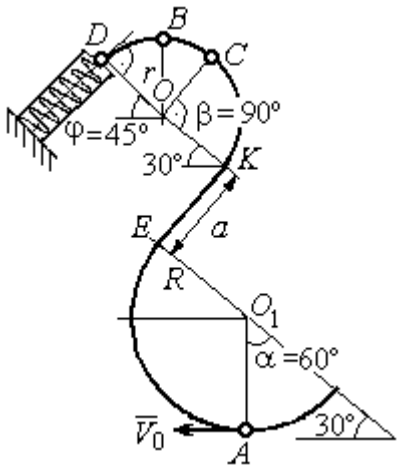


Рис. 4.17. Схема движения шарика

Решение

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения A в наивысшее положение – точку B.

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой EK на него действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}_{EK}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (рис. 4.18, b). Работу совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

Обозначим $h_{(AB)}$ – перепад высот точек A и B на траектории; V_A – начальная скорость шарика в точке A, $V_A = V_0$; V_B – его скорость в точке B, $V_B = 0{,}3V_0$. Для вычисления перепада высот точек A и B имеем выражение (рис. 4.18, a):

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} =$$

$$R(1+\sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ +$$

$$r(1+\sin 30^\circ).$$

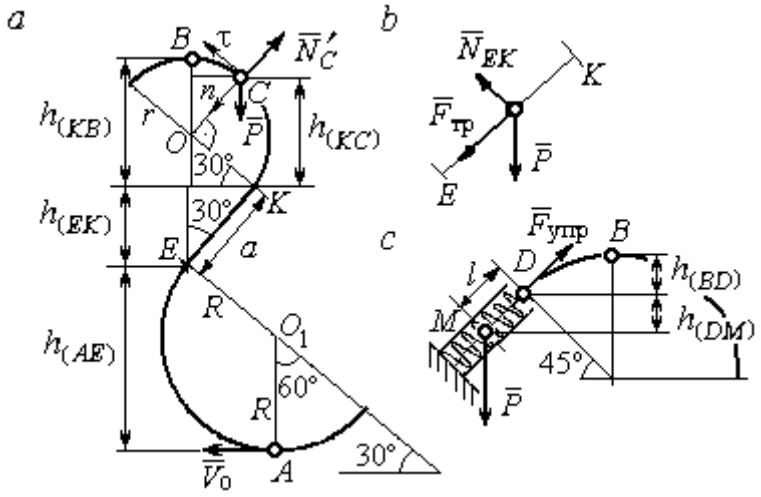


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения A в положение B, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{тр}})$, где $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$, $A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения AB и силы трения на отрезке EK. Сила трения равна $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (рис. 4.18, a, b).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения A в конечное положение B принимает

вид: $\frac{m(0{,}3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -\,mg\left[(R+r)(1+\sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f\cdot\cos 60^\circ)\right]$. После подстановки данных задачи, получим: $0{,}91V_0^2 = 55{,}517$, откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика: V_0 = 7,81 м/с.

Найдём давление шарика на стержень в точке *C*.

Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.18, *а*). Уравнение движения шарика в точке *C* в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N'_C$, где V_C – скорость шарика в точке *C*, N'_C – реакция стержня, приложенная к шарику. Направление реакции на рис. 4.18, *а* соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся тем, что скорость шарика в точке *B* уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения *C* в конечное положение *B*. На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где V_C, V_B – значения скорости шарика в точках *C* и *B*; $h_{(CB)}$ – перепад высот точек *C* и *B*; $h_{(CB)} = r(1-\sin 30^\circ)$ = 0,5*r* (см. рис. 4.18, *а*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$ или $V_C^2 = V_B^2 + gr$. Отсюда, при условии $V_B = 0{,}3V_0$ = 2,34 м/с, найдём V_C = 3,22 м/с.

Реакция опоры шарика: $N'_C = P\cos 30^\circ - m\frac{V_C^2}{r}$ = – 6,12 Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции $\vec{N}'_C$ в точке *C* (см. рис. 4.18, *а*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке *C* равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки *B* до положения максимально сжатой пружины – точки *M*. Движение на этом участке происходит по дуге окружности *BD* и по прямой *DM*. При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины $MD = l$.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *B* в *M* получим: $\frac{mV_M^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$, где V_M, V_B – скорость шарика в точках *M* и *B*. Работа силы тяжести $A(\vec{P}) = Ph_{(BM)} = $ $= P\left[h_{(BD)} + h_{(DM)}\right] = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right]$. Работа силы упругости на прямолинейном участке *DM* длиной *l*: $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{cl^2}{2}$. Условие максимального сжатия пружины означает, что в точке *M* скорость шарика обращается в нуль: $V_M = 0$, тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_B^2}{2} = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right] - \frac{cl^2}{2}$. Подставляя данные задачи и с учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке *B* найдена из предыдущих рассуждений $V_B = 2{,}34$ м/с, получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины $50l^2 - 3{,}468l - 2{,}085 = 0$. В качестве ответа принимается положительный корень уравнения $l = 0{,}24$ м.

. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

Поступательное движение твердого тела описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z \ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z \varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ε – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx},

F_{ky}^{e} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

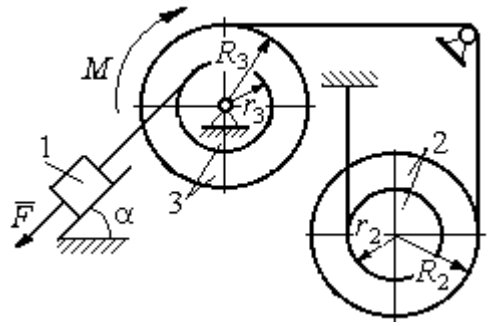
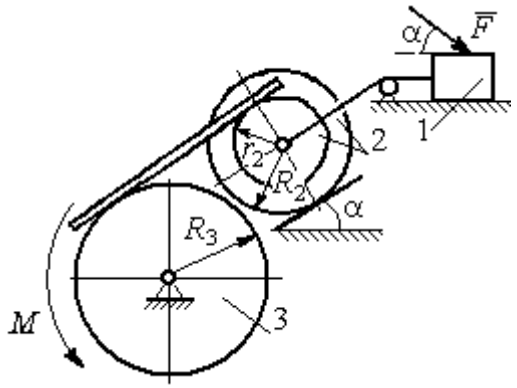
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

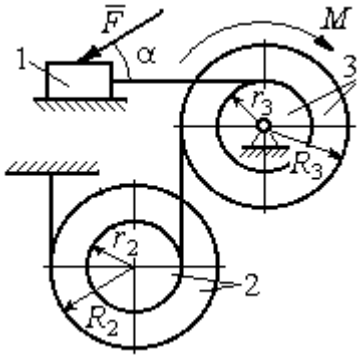
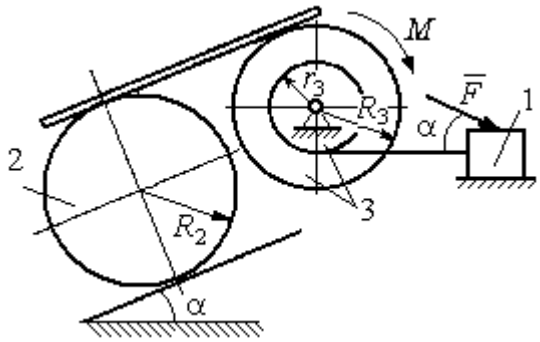
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны i_{z2}, i_{z3}.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

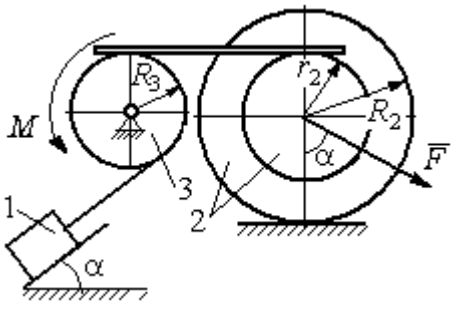
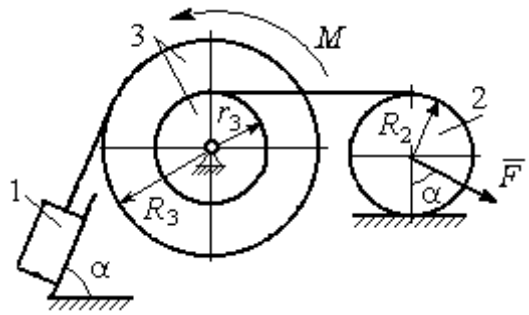
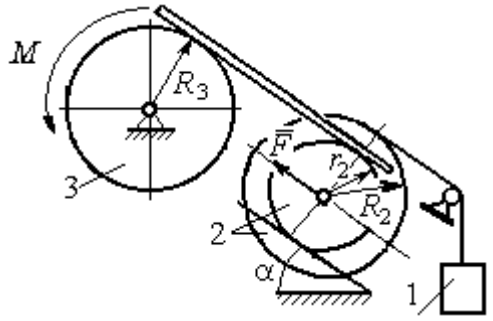
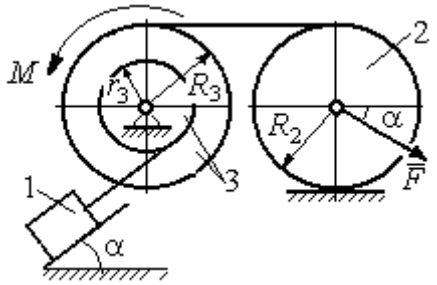
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

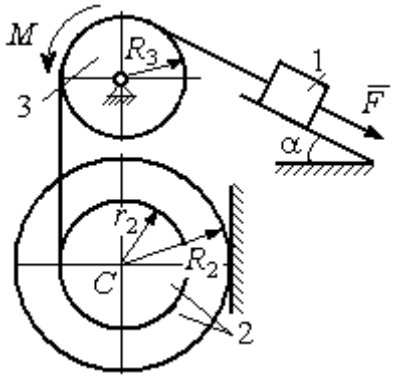
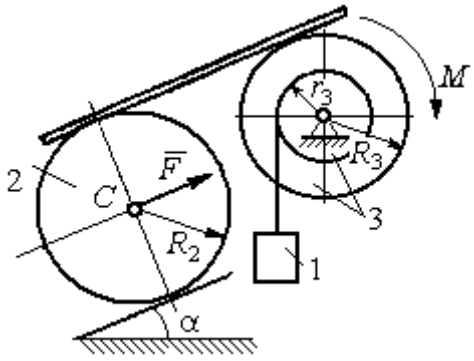
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
1	P	P	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	P	$3P$	$3P$	Pr	30	$2r$	r	$2r$	–	$2r$	–
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	r	$2r$	r	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
5	P	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	r	r	–	$2r$	–
6	P	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
7	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	r	r	-	$r\sqrt{3}$	–

Окончание табл. 5.1

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
8	$2P$	$3P$	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	P	$3P$	P	$2Pr$	30	$2r$	r	$2r$	–	$r\sqrt{2}$	–
10	P	P	$3P$	P	$2Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
11	P	P	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	P	$2P$	$4P$	Pr	60	$3r$	r	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	–
13	$3P$	P	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	P	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$
15	P	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	–
16	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{2}$
17	P	P	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	r	$3r$	-	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	P	$3Pr$	60	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	P	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	r	$3r$	–	$2r$	–
20	P	P	$3P$	P	$2Pr$	45	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	r	$3r$	r	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	P	P	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$2r$	–
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	P	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
25	P	$3P$	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	r	–	$r\sqrt{3}$	–
26	P	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	P	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	r	$2r$	-	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	P	$6Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$
29	$2P$	P	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	r	r	–	$2r$	–
30	P	P	$4P$	P	$4Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$

Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$, приложенных

к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $i_3 = r\sqrt{3}$.

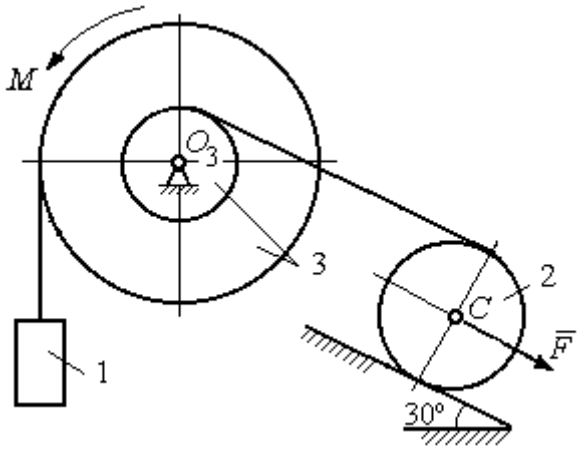


Рис. 5.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

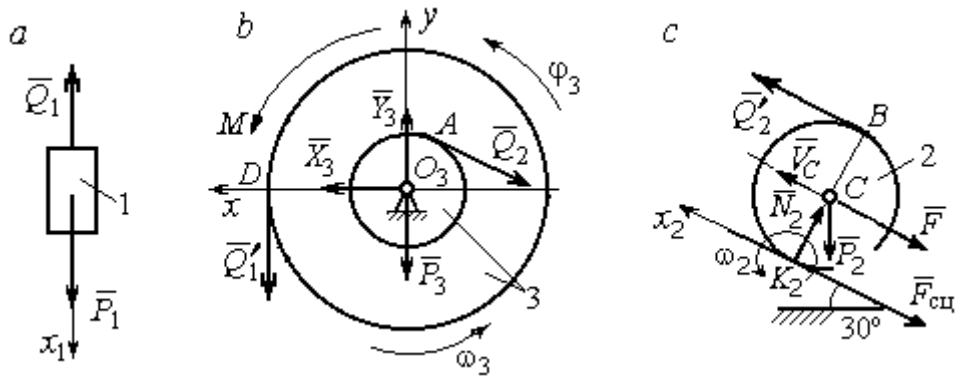


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось x_1 в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось x_1 в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где m_1, a_1 – соответственно, масса груза 1 и его ускорение, $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси *z*, проходящей через его центр масс O_3, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой ω_3.

На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1'R_3 + M - Q_2r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2r,$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси *z*; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси x_2. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости ω_2 (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2\cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C\varepsilon_2 = Q_2'R_2 + F_{\text{сц}}R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}}2r,$$

где m_2 – масса катка 2, $m_2 = \dfrac{P_2}{g} = \dfrac{2P}{g}$; a_C, ε_2 – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; J_C – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \dfrac{m_2 R_2^2}{2} = \dfrac{PR_2^2}{g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна V_C, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK_2} = \dfrac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 5.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 (см. рис. 5.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \dfrac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$. Точка *B* катка 2 и точка *A* блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек *A* и *B*, получим равенство: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \dfrac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g}a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g}\varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g}\varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \frac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g}a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g}a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g}a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g}a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину Q_1, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g}a_C = 7P - Q_2, \; \frac{3P}{g}a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \frac{10}{111}g$, $Q_2 = \frac{79}{37}P$. Величину натяжения нити Q_1 находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \frac{34}{37}P$.

Для вычисления динамической реакции R_3 оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид :

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0, \; m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где X_3, Y_3, – проекции реакции R_3 оси вращающегося блока 3 на оси x, y (см. рис. 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ =$

4,98P. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} =$ 5,31P.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси z, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где R – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m i_z^2$, где i_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы $\vec{F}$ на конечном прямолинейном перемещении S точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где α – угол между вектором силы и перемещением. Если угол α острый, работа положительна. Если тупой – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

Работа пары сил с постоянным моментом M при повороте тела на конечный угол φ: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = = F \cdot V\cos\alpha$, где V – скорость точки приложения силы; α – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm Fh_O\omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\vec{F}$ относительно полюса *O*.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – сумма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

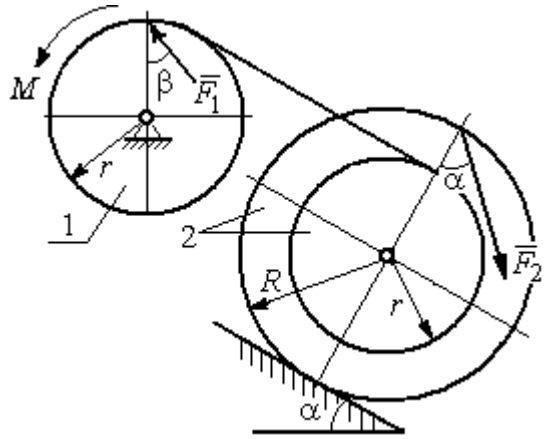
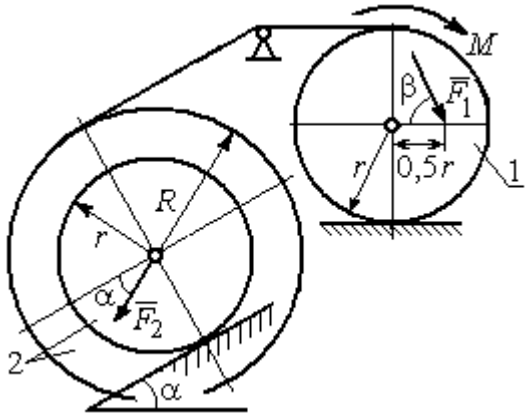
Вес дисков P_1 и P_2. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом *M*. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами α или β, показанными на схемах механизмов.

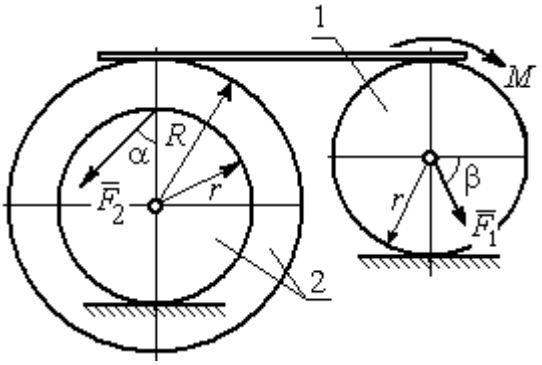
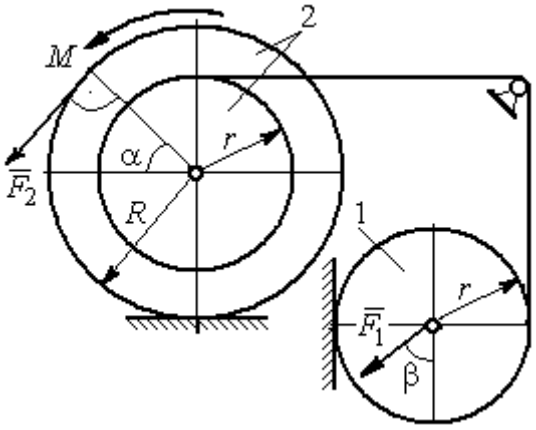
Радиус однородного диска *r*. Радиусы ступеней ступенчатого диска *R* и *r*. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

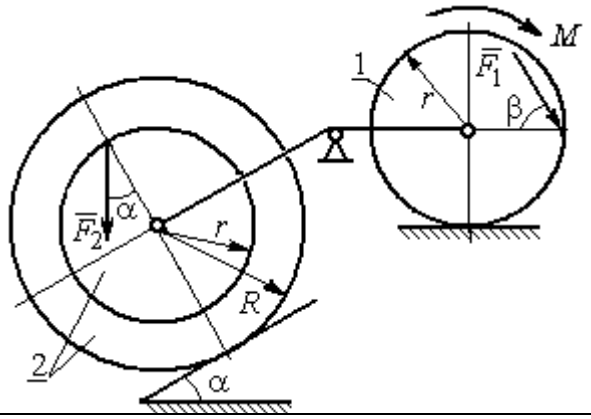
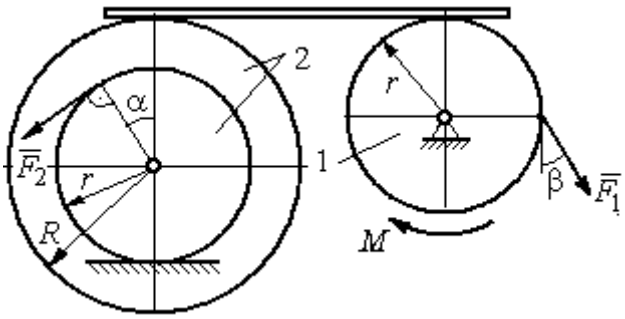
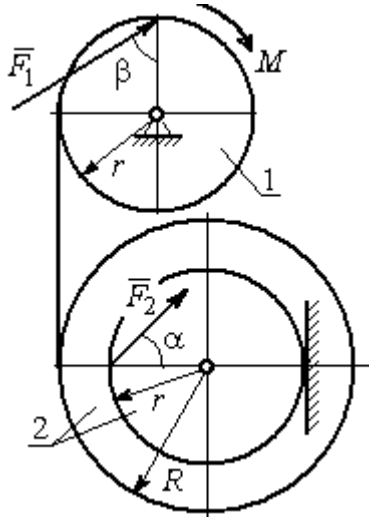
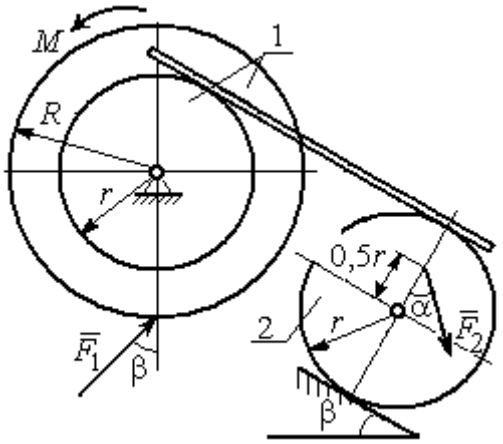
Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д5

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

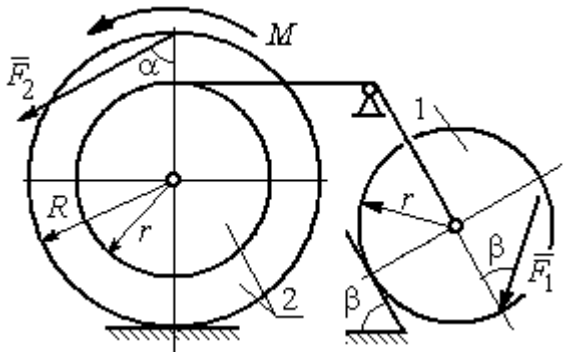
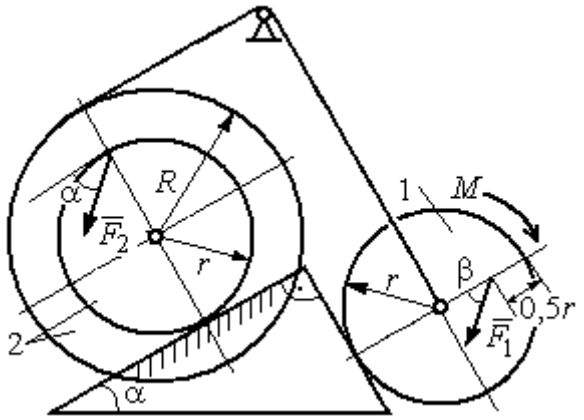
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

Рис. 5.6. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	15	20	25	30	60	0,4	0,3	0,3
2	20	30	10	20	20	60	30	0,6	0,3	0,4
3	10	15	12	20	25	60	60	1,2	0,6	0,8
4	12	25	20	25	35	30	30	1,5	0,5	1,2

Окончание табл. 5.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
5	15	20	10	20	30	60	30	0,8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1,2	0,4	0,9
7	15	25	10	8	20	45	45	0,9	0,6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1,0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0,8	0,6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1,4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0,6	0,4	0,5
12	20	25	15	40	30	30	60	0,8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1,0	0,5	0,9
14	12	15	18	15	25	30	30	0,9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1,0	0,5	0,8
16	10	15	10	15	16	60	45	1,2	0,4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1,5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0,8	0,5	0,7
19	12	25	10	10	32	60	60	1,2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0,8	0,4	0,7
21	10	25	25	15	30	45	30	0,7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1,4	0,7	0,9
23	10	15	10	30	30	30	30	1,4	0,7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1,2	0,4	0,8
25	12	18	20	18	30	60	30	1,2	0,6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0,9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0,8	0,6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0,6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1,2	0,8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0,8	0,4	0,6

Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ определяются углами α и β.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания. Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира O_1, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_z = 0{,}4$ м.

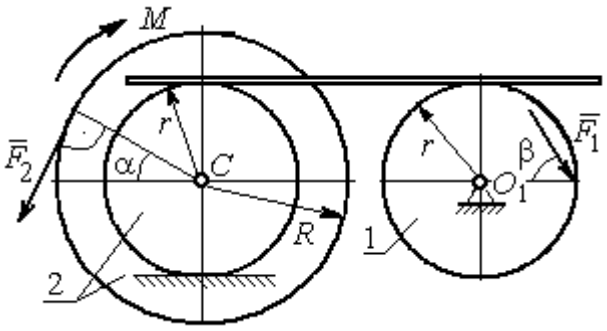


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости ω_1 и ω_2 дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$. На диск 2: сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

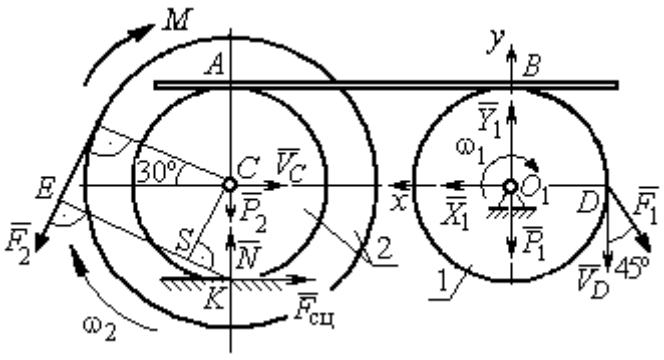


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\dfrac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{zO_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где V_C, ω_2 – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; J_{zC} – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка *K* на рис. 5.8). Тогда скорость точки *C* определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки *A* $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки A на диске 2 равна скорости точки *B* на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2.$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\vec{P}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки C – равен 90° (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы $\vec{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы $\vec{F}_2$ равна: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра K; $\vec{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра K. Мощность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R + r\cos 60^\circ$ (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы F_2 можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку C. Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2}+\frac{R}{r}\right)+M\frac{V_C}{r}+F_1 V_C\sqrt{2}.$$

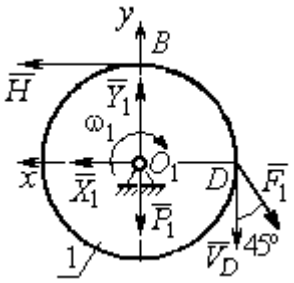


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C\frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g}+\frac{P_2}{2g}\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2}+\frac{R}{r}\right)+M\frac{V_C}{r}+F_1 V_C\sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2}+\frac{R}{r}\right)+\frac{M}{r}+F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1+P_2\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6{,}85$ м/с^2.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки C до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки K – не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{r} = \dfrac{a_C}{r} = 11{,}42$ рад/с^2. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$. Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22{,}84$ рад/с^2.

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\vec{H}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси *z*, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \dfrac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси *z*.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси *z*: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\dfrac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

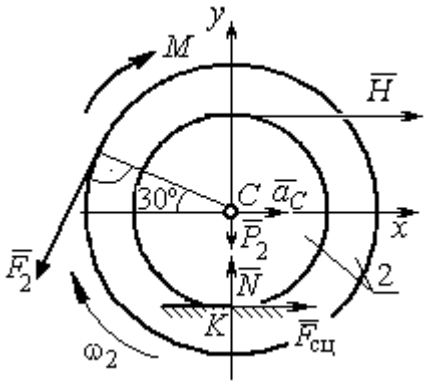


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1 ε_1 = 22,84 рад/с^2, найдем реакцию стержня *H* = 28,63 Н.

Для определения динамической реакции шарнира O_1 диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат O_1x и O_1y, как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0,\quad Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне *H* = 28,63 Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: X_1 = 27,94 Н, Y_1 = 96,57 Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2}$ =100,53 Н.

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения

и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат *xCy* показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2 \cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2 \cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_C = 6{,}85$ м/с^2, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ Н.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

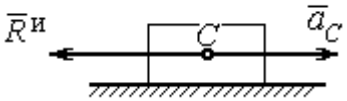


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$, равному по величине $R^{\text{и}} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

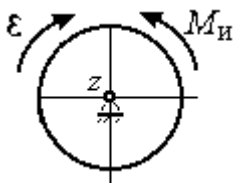


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\vec{R}^{\text{и}}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный

вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс: $R^{и} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

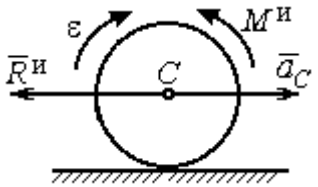


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

Принцип Даламбера для системы. Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0, \ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ – внешние силы, приложенные к системе; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра *O*; $\vec{M}_O^{и}$ – главный момент сил инерции относительно центра *O*.

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений. Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{акт}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{акт})$ – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

Общее уравнение динамики. При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к системе, на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом R или r и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом R и r. Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы $\vec{F}$, а также пары сил с переменным моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ и наклон плоскости движущихся тел определяются углами α и β. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени $t = 1$ с.

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

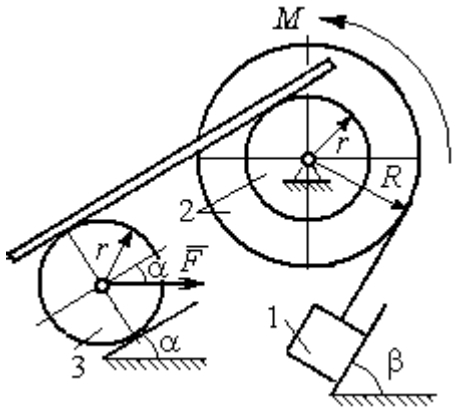
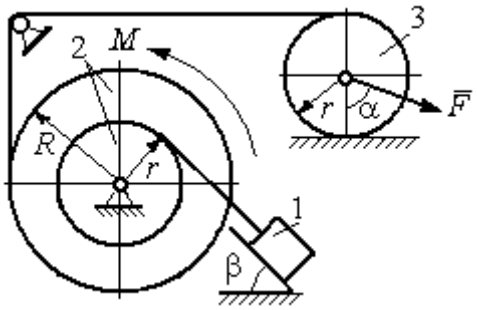
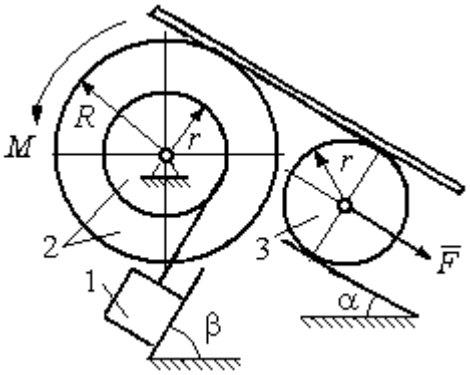
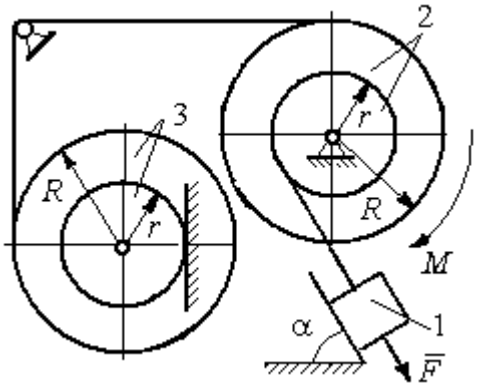
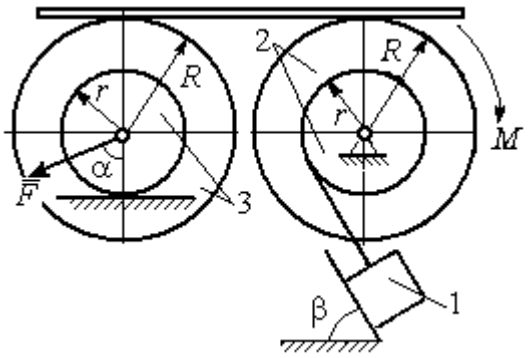
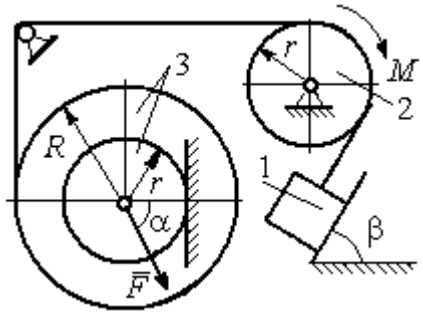
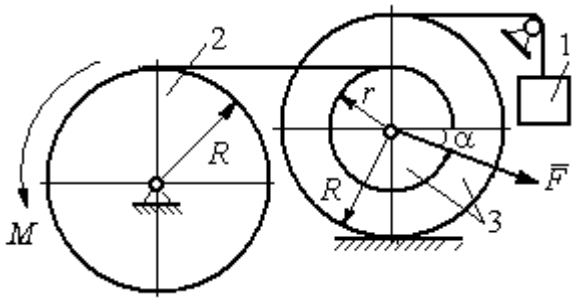
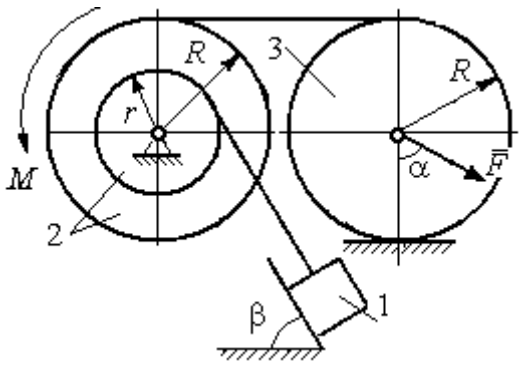
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

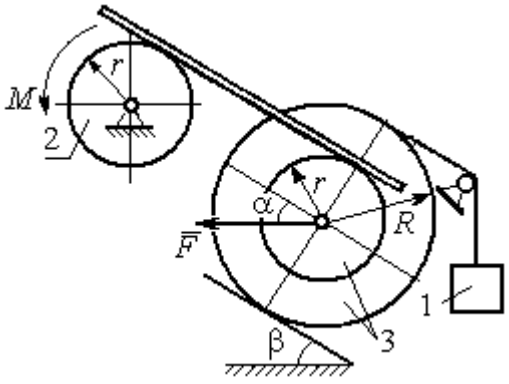
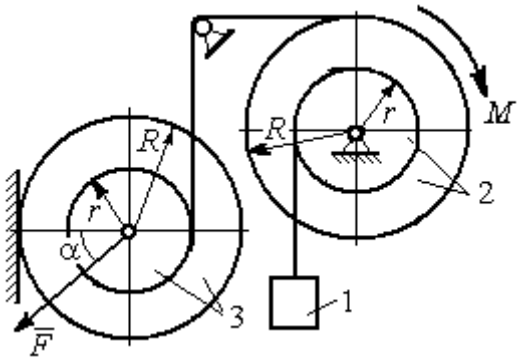
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики. Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 6.1

Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	8	20	$3(2+t^2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
2	10	22	15	15	$4(t+3)$	30	30	0,8	0,4	0,6
3	5	18	10	6	$8(t^2+1)$	90	30	0,4	0,3	0,3
4	5	22	10	5	$14(t^2+t+1)$	30	–	0,6	0,5	0,6
5	5	20	16	9	$3(t^2+4)$	45	60	0,6	0,3	0,5
6	10	16	14	15	$4(5+t)$	60	30	1,0	0,6	0,8
7	6	20	20	8	$9(3t^2+2)$	45	–	0,8	0,6	0,8
8	16	25	15	12	$5(t^2+4)$	30	60	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	$4(3+5t)$	60	30	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	10	$5(3t+6)$	30	–	1,0	0,8	0,9
11	4	22	8	15	$2+ t^2$	45	45	0,8	0,4	0,6
12	15	18	15	10	$5(t+3)$	30	60	1,0	0,5	0,7
13	6	20	10	4	$5(t^2+2)$	30	60	0,6	0,5	0,4
14	10	25	15	8	$16(t+2)$	60	–	0,8	0,6	0,7
15	8	18	20	10	$6(t+2)$	30	90	1,2	0,6	1,0
16	8	18	12	12	$5(3+t^2)$	90	60	0,8	0,6	0,7
17	5	20	10	10	$2t^2+20$	60	–	0,9	0,6	0,8
18	20	15	20	15	$3(t+4)$	60	30	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	10	$4(3+t)$	45	45	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	6	$6(3t+4)$	45	–	1,0	0,6	0,9
21	15	25	12	12	$6+t^2$	60	60	0,6	0,3	0,5
22	20	22	18	15	$2(2t+9)$	45	45	0,8	0,4	0,6
23	8	24	12	8	$7(3t^2+2)$	30	45	0,8	0,5	0,6
24	12	20	18	10	$6(t+4)$	90	–	0,5	0,3	0,4
25	5	20	12	12	$9(2+t^2)$	60	30	1,4	0,7	1,2
26	10	12	10	8	$6(2+t)$	30	45	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	14	$8(2t^2+3)$	30	–	0,8	0,2	0,6
28	10	20	20	20	$3(t^2+3)$	45	30	0,6	0,3	0,5
29	10	18	8	12	$5(4+t+ t^2)$	30	60	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	15	$8(t^2+5)$	60	–	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилиндрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвиж-

ной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 – без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом M, приложенной к диску 3.

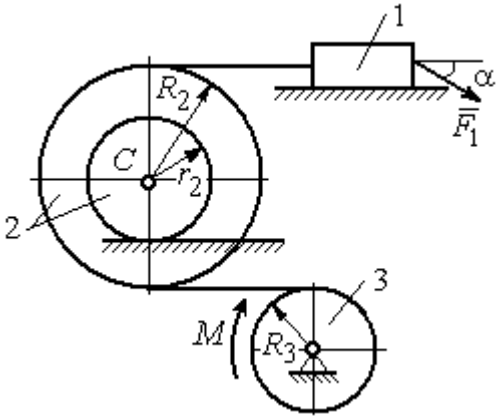


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя. Определить реакцию шарнира диска 3 в момент t = 1 с, если: P_1 = 10 Н; P_2 = 20 Н; P_3 = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 6(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; i_{2C} = 0,6 м.

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3. Обозначим ω_3, ε_3 – угловая скорость и угловое ускорение блока 3, V_C, a_C – скорость и ускорение центра масс катка 2, V_1, a_1 – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\vec{R}_1^{\text{и}}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{\text{и}} = m_1 a_1$, где m_1 – масса груза 1; a_1 – величина ускорения груза 1.

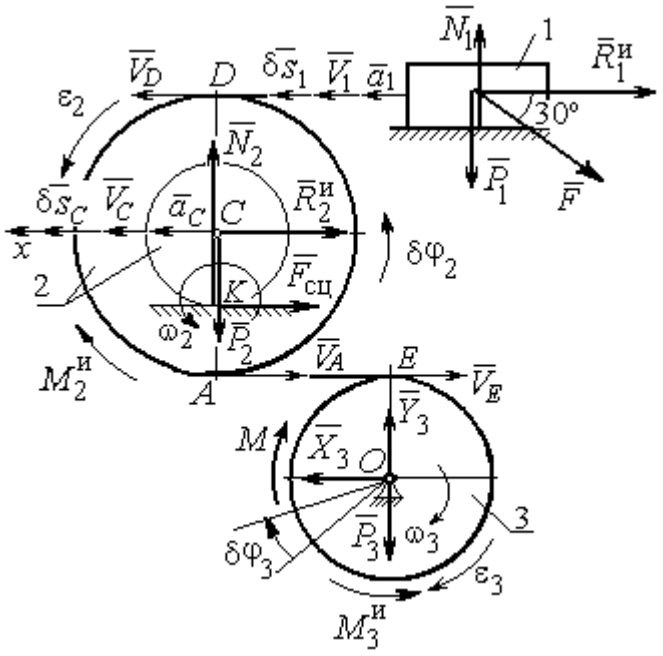


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\vec{R}_2^{\text{и}}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\vec{M}_2^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$, и составляет $R_2^{\text{и}} = m_2 a_C$, где m_2 – масса катка 2; a_C – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2$, где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε_2 – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции $M_2^{\text{и}}$ в сторону, противоположную угловому ускорению ε_2.

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой равен главному

моменту сил инерции $\vec{M}_3^{\text{и}}$ относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$, где J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения; ε_3 – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению ε_3. Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость V_C центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке *K* касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Скорость точки *A* катка 2: $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) =$ $V_C \dfrac{R_2 - r_2}{r_2}$. Скорость точки *E* блока 3 равна скорости точки *A* катка 2, $V_E = V_A$. Тогда угловая скорость блока 3:

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Скорость груза 1 равна скорости точки *D* катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2(R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$, получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \quad \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0,\ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\vec{P}_3) = 0.$

Элементарная работа пары сил с моментом M, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ =$$

$$= \left[6(1+2t)\left(\frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2} \right) - 5(t+1)\left(\frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2} \right) 0{,}866 \right] \delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения a_C центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g} \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2 g r_2} a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка 2; J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс, $J_{3O} = \dfrac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения δs_C центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = R_1^{\text{и}} \delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = R_2^{\text{и}} \delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C,\ \delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}} \delta \varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}} \delta \varphi_3 = -\frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2} \delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2} \delta s_C =$$

$$= -\frac{a_C \delta s_C}{g} \left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} + \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2} \right] = -52{,}75\, a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0{,}44 + 1{,}29t.$$

Выберем ось x по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор $\vec{a}_C$ ускорения точки C на ось x, получим дифференциальное уравнение $a_C = \ddot{x}_C = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения: $x_C = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_C = 0$, $x_C = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

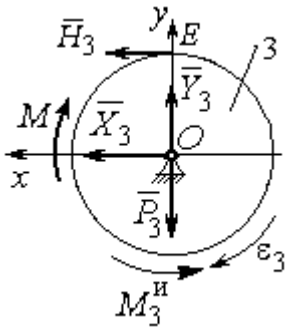


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим $M - H_3 R_3 - M_3^{и} = 0$, где $M_3^{и} = J_{3O}\varepsilon_3 = = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2}$.

Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2} = \frac{6(1+2t)}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2)}{2 g r_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

В момент времени $t = 1$ с натяжение нити: $H_3 = 41{,}04$ Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на

вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем: $X_3 + H_3 = 0$, $Y_3 - P_3 = 0$ (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t = 1$ с: $X_3 = -H_3 = -41{,}04$ Н, $Y_3 = P_3 = 15$ Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира X_3 означает её противоположное направление.

Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 43{,}69$ Н.

6.3. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами механической системы называется совокупность любых s независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменяются на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые вариациями обобщенных координат, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$. Величина Q_k, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \ldots, s,$$

где T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_S$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_S$ – обобщенные скорости; s – число степеней свободы системы.

6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

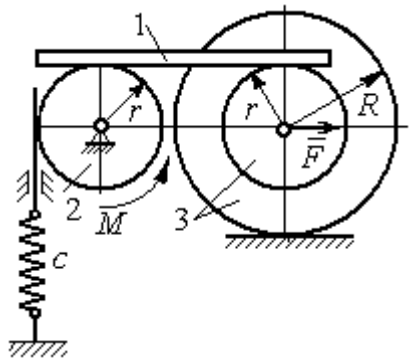
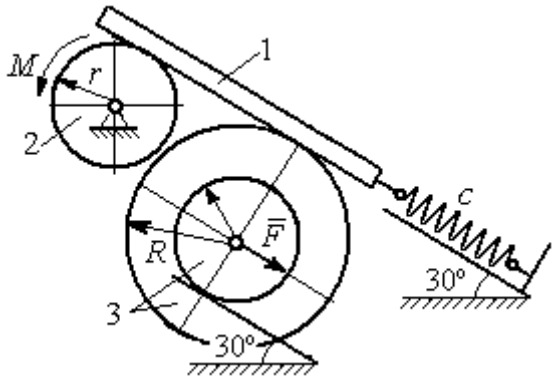
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

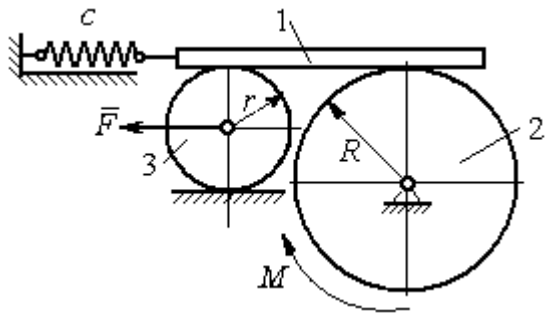
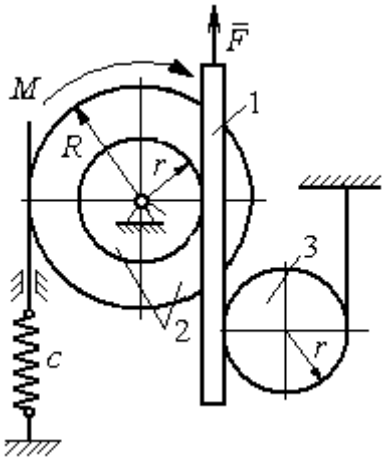
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M.

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость ω_{20}, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин F или M в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы $\vec{F}$ или момента M на схеме следует изменить на противоположные.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

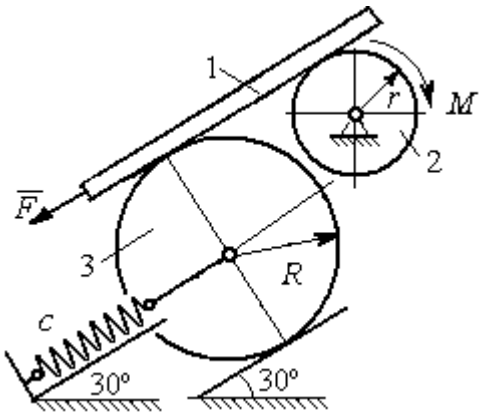
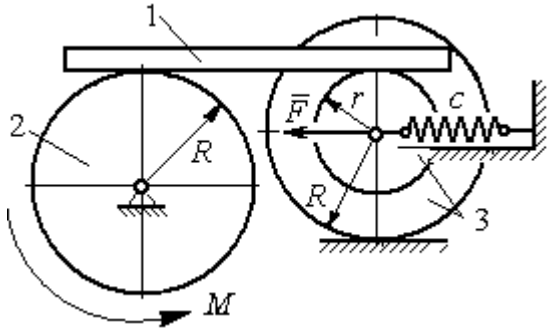
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д 7

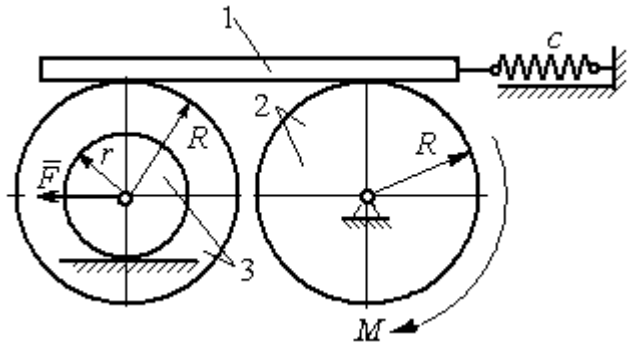
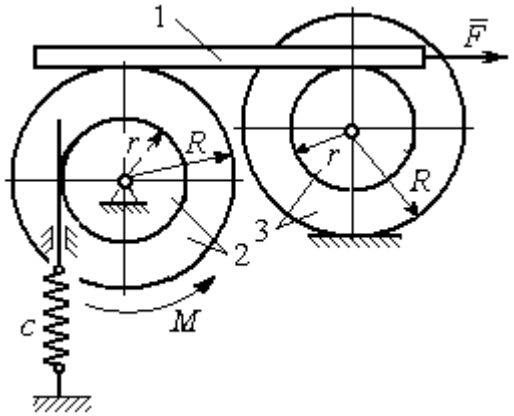
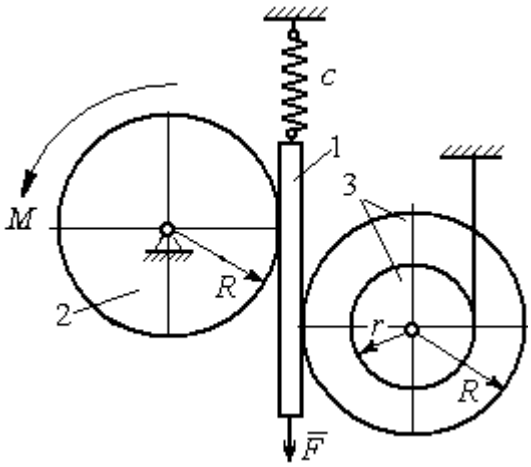
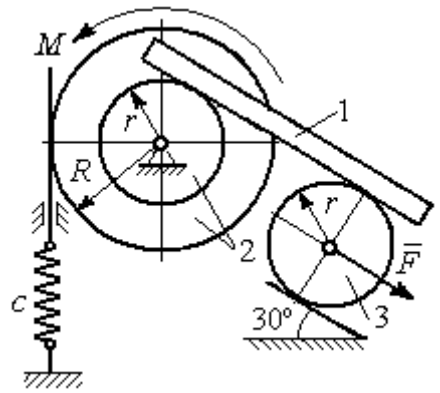
Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Номер вари-анта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
1	8	12	18	15	3	50	0,3	0,6	0,3	0,4
2	10	8	15	12	5	55	0,4	0,8	0,5	0,6
3	5	18	10	8	4	60	0,2	0,5	0,3	–
4	5	20	12	10	6	70	0,5	0,6	0,5	0,6
5	5	8	16	8	8	65	0,2	0,6	0,3	–

Окончание табл. 6.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
6	8	10	14	6	2	50	0,1	1,0	0,6	0,8
7	10	12	15	12	3	65	0,2	0,8	0,6	0,7
8	12	15	15	6	2	50	0,3	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	4	75	0,1	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	5	12	60	0,4	1,0	0,8	0,9
11	4	10	12	–10	–2	60	0,2	0,8	0,4	0,6
12	5	8	15	–8	3	50	0,5	1,0	0,5	0,7
13	6	15	8	–12	–4	65	0,4	0,6	0,5	–
14	10	25	10	6	10	55	0,1	0,8	0,6	0,7
15	8	6	20	–10	2	70	0,2	1,2	0,6	–
16	10	12	12	–5	6	60	0,3	0,8	0,6	0,7
17	12	16	12	–6	–2	55	0,4	0,9	0,6	0,8
18	10	20	20	10	4	60	0,1	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	–10	6	65	0,2	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	–3	6	50	0,24	1,0	0,6	0,9
21	5	12	15	12	–3	55	0,3	0,6	0,5	0,55
22	10	15	18	6	–2	65	0,1	0,8	0,4	0,6
23	8	20	12	–8	2	45	0,2	0,8	0,6	–
24	12	20	18	–4	–8	70	0,4	0,5	0,3	0,4
25	6	10	15	–6	–2	60	0,1	1,4	0,7	–
26	8	12	10	10	–3	65	0,2	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	5	–3	70	0,2	0,8	0,2	0,6
28	8	12	12	–6	2	65	0,3	0,6	0,3	0,5
29	10	18	20	–10	4	60	0,2	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	8	6	75	0,1	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r, радиус однородного диска r. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня

без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_z.

Исходные данные задачи: $P_1 = P$ Н, $P_2 = 2P$ Н, $P_3 = P$ Н, $F = 2P$ Н, $M = Pr$ Н·м, $R = 1{,}5r$ м, $i_z = r\sqrt{2}$ м, $c = P/r$ Н/м.

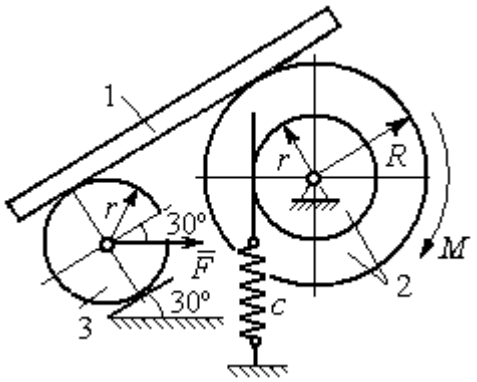


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной l_0 находилась в нерастянутом состоянии (рис. 6.12). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

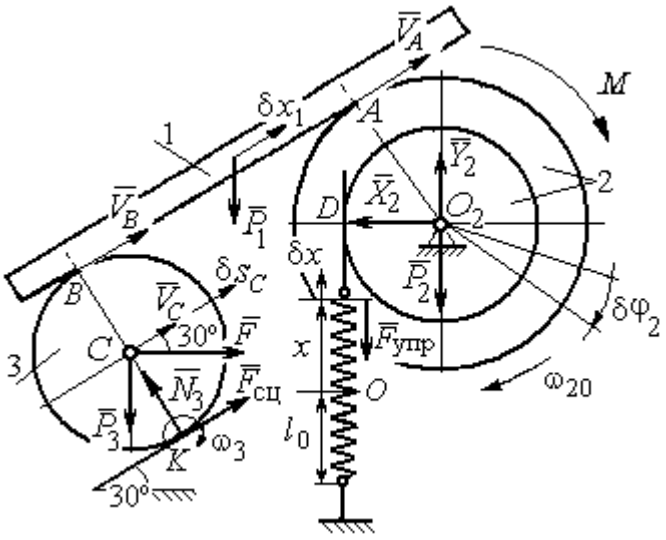


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T – кинетическая энергия системы, Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате x.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка: $T = T_1 + T_2 + T_3$. Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1: $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где m_1, V_1 – масса и скорость бруса. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока, J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси z, $J_{2z} = m_2 i_z^2$.

Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C – скорость центра масс катка 3; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; r – радиус катка; ω_3 – угловая скорость катка.

Выразим скорость V_1 бруса 1, угловые скорости ω_2, ω_3 блока 2 и катка 3, а также скорость V_C центра масс катка 3 через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки D блока 2 равна скорости верхнего края пружины $V_D = \dot{x}$. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$. Скорость бруса 1 равна скорости точки A блока 2 и вычисляется по формуле $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x} R}{r}$. Так как брус совершает поступательное движение, то $V_B = V_1$. Угловая скорость катка 3 $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x} R}{2r^2}$. Здесь при определении угловой скорости катка 3 учтено, что точка K касания катка 3 с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3 $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x} R}{2r}$.

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 = \frac{P}{2g} \left(\frac{\dot{x} R}{r} \right)^2 = 1{,}125 \frac{P}{g} \dot{x}^2, \quad T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2} \right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r} \right)^2 = 2 \frac{P}{g} \dot{x}^2,$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x} R}{2r} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{P r^2}{2g} \left(\frac{\dot{x} R}{2r^2} \right)^2 = 0{,}422 \frac{P}{g} \dot{x}^2 .$$

Тогда полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = 3{,}547 \frac{P}{g} \dot{x}^2 .$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой *x*, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси *x* (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$: $\delta\varphi_2 = \frac{\delta x}{r}$, брус 1 переместится на расстояние δx_1: $\delta x_1 = \frac{\delta x R}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние δS_C: $\delta S_C = \frac{\delta x R}{2r}$. Все перемещения получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом *M*, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента *M*, приложенного к блоку 2, будет $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\frac{\delta x}{r}$. Работа силы тяжести бруса 1 определяется равенством $\delta A(P_1) = P_1 \delta x_1 \cos 120^\circ = -P_1 \delta x_1 \cos 60^\circ = -\frac{P_1 \delta x R}{2r}$. Работы силы тяжести катка 3 и силы *F*: $\delta A(P_3) = P_3 \delta s_C \cos 120^\circ = -P_3 \frac{\delta x R}{4r}$, $\delta A(F) = F \frac{\delta x R}{2r} \cos 30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние *x*: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}} \delta x \cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1 \delta x R}{2r} - P_3\frac{\delta x R}{4r} + F\frac{\delta x R}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x = P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P(1{,}174 - 5x)$.

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости $\dot{x}$ и координате x: $\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7{,}094\dfrac{P}{g}\dot{x}$, $\dfrac{\partial T}{\partial x} = 0$. Определим полную производную по времени: $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 7{,}094\dfrac{P}{g}\ddot{x}$. Результаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x} = P(1{,}174 - 5x), \text{ или при } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2,\ \ddot{x} + 6{,}91x = 1{,}62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{6{,}91} = 2{,}63$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{частн}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим $b = 0{,}23$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1 \sin 2{,}63t + C_2 \cos 2{,}63t + 0{,}23$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки D блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость ω_{20}, то $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}23$.

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 2{,}63C_1\cos 2{,}63t - 2{,}63C_2\sin 2{,}63t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}038$. Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}038\sin 2{,}63t - 0{,}23\cos 2{,}63t + 0{,}23$ м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\,x(t) = 0{,}057\sin 2{,}63t - 0{,}34\cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

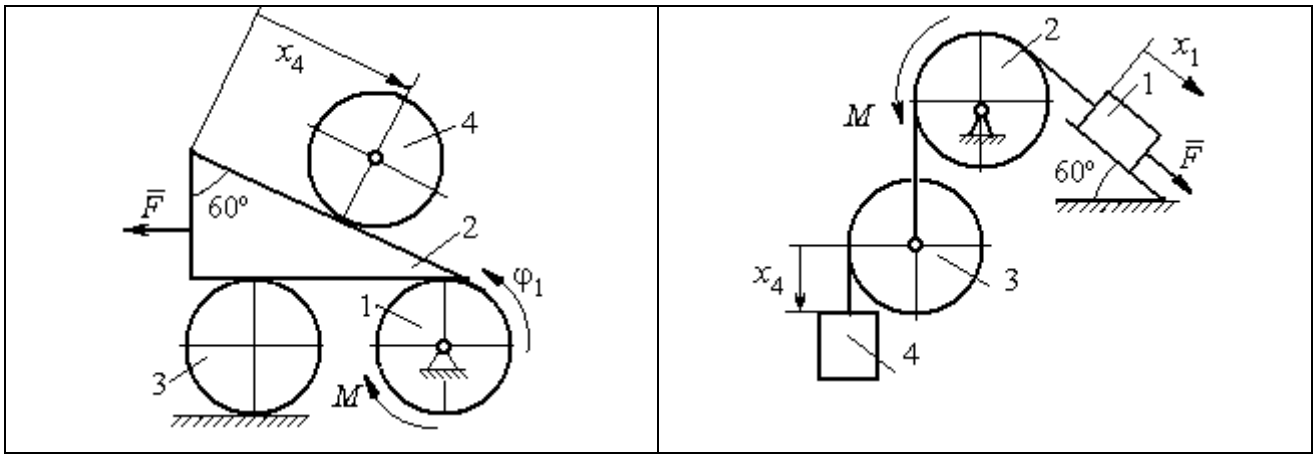
$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\,x(t) = 0{,}19\sin 2{,}63t - 1{,}15\cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

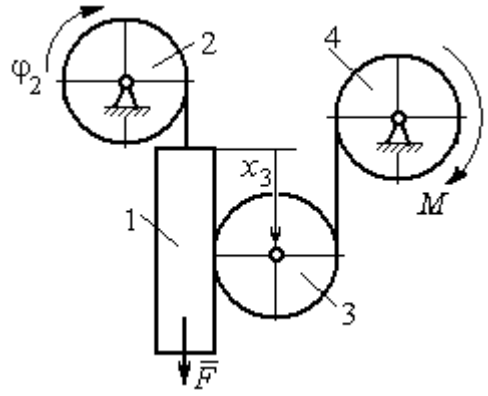
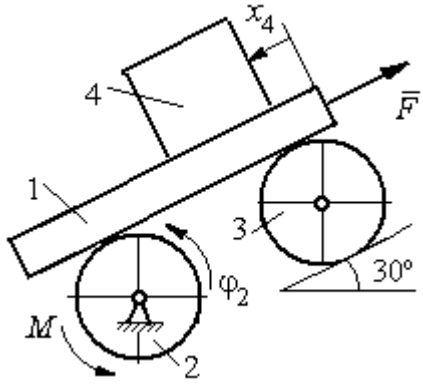
Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны R. Найти уравнения движения системы в обобщённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**



Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

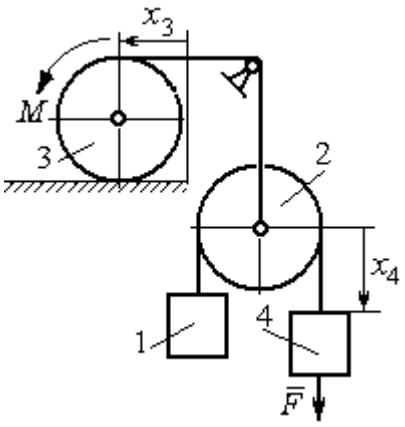
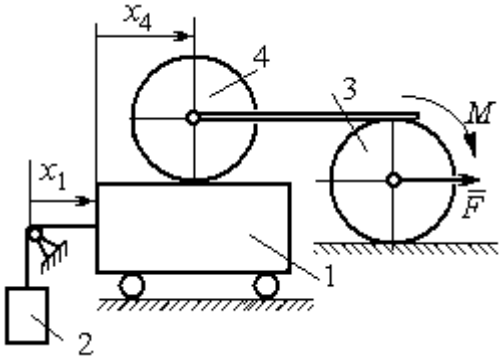
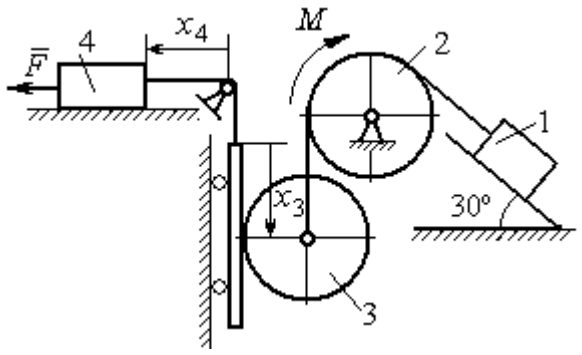
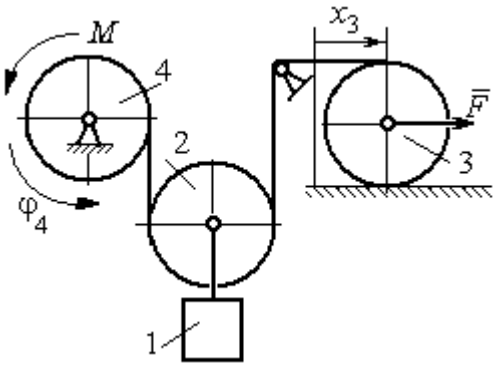
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д8

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

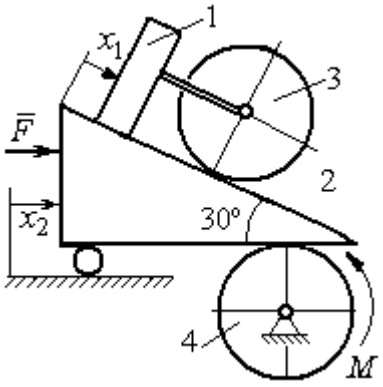
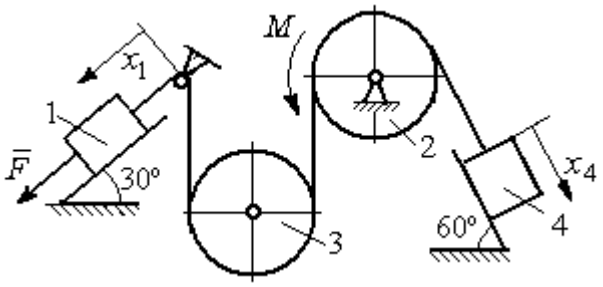
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P_1, Н	P	$2P$	P	$1{,}5P$	P	$3P$	P	$1{,}2P$	$3P$	P	$2P$	P	P	$2P$	P
P_2, Н	$3P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$4P$	$3P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$
P_4, Н	$2P$	P	P	$2P$	$3P$	$3P$	P	P	$2P$	P	P	P	$2P$	$2P$	$2P$
R, м	$2r$	$1{,}5r$	$2{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	r	$1{,}5r$	r	$2r$	r	$1{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	$2r$	$2r$
F, Н	P	$2P$	P	$3P$	P	P	$2P$	$4P$	P	$2P$	P	$2P$	$1{,}5P$	$4P$	$2P$
M, Н·м	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Окончание табл. 6.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P_1, Н	4P	1,5P	P	2P	P	P	1,5P	1,5P	2P	P	P	2P	1,2P	3P	1,2P
P_2, Н	2P	2P	2P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	2P	2P	1,2P	2P	3P	2P
P_3, Н	2P	2P	3P	2P	2P	3P	2P	2P	P	2P	3P	2P	P	P	3P
P_4, Н	1,5P	2P	3P	P	2P	2P	2P	P	2P	3P	P	P	2P	P	2P
R, м	1,5r	r	1,5r	2r	r	1,2r	2r	1,5r	2r	r	1,5r	2r	r	1,2r	2r
F, Н	2P	2P	P	3P	4P	2P	3P	2P	3P	P	3P	1,5P	4P	2P	3P
M, Н·м	3Pr	2Pr	4Pr	Pr	4Pr	4Pr	2Pr	Pr	4Pr	2Pr	4Pr	2Pr	2Pr	3Pr	2Pr

Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса R (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила $\vec{F}$. К блоку 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом M. Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, переброшенному через невесомый блок, прикреплён груз 6, движущийся вертикально. На платформе 3 установлен каток 2 радиуса R. К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщённых координатах, если $R = 2r$, веса тел $P_1 = P_6 = P$, $P_3 = 3P$, $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$, $F = P$, $M = 3Pr$.

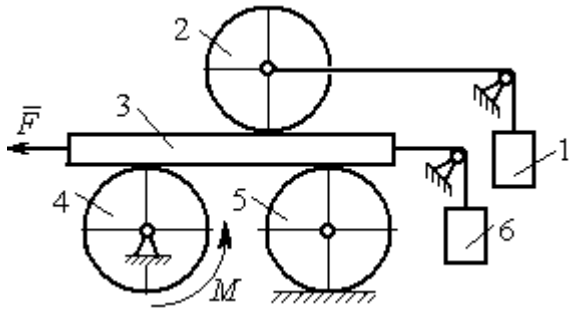


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение x_2 центра масс катка 2 относительно

края платформы и перемещение x_3 платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость $\dot{x}_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы $\dot{x}_3$ относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=Q_{x_2},\quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_2}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия платформы $T_3=\frac{P_3}{2g}V_3^2$, где V_3 – скорость платформы, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

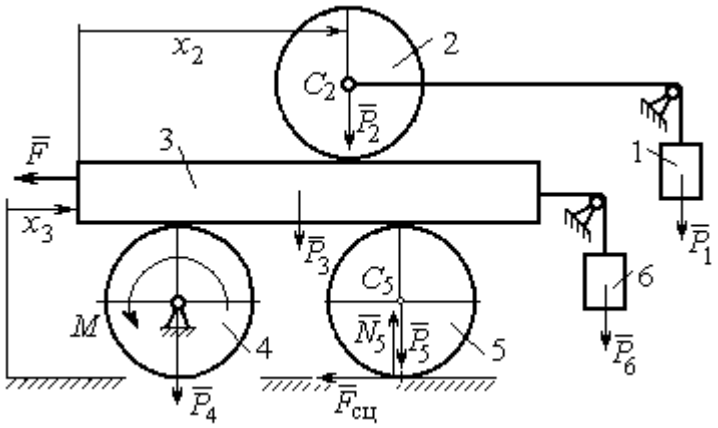


Рис. 6.16. Действующие силы
и обобщённые координаты механической системы

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока $T_4=\frac{1}{2}J_4\omega_4^2$, где J_4, ω_4 – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_3}{R_4}=\frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле: $T_5=\frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2+\frac{1}{2}J_5\omega_5^2$, где J_5 – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс; ω_5, V_{C_5} – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс

катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка *K* касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы: $V_{C_5} = \frac{1}{2}V_3 = \frac{1}{2}\dot{x}_3$. Угловая скорость катка 5 $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ (рис. 6.17, *a*).

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость V_{C_2} центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_2r} + \vec{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\vec{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{C_2r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы, $V_{C_2r} = \dot{x}_2$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме $V_{C_2} = V_{C_2r} + V_{C_2e} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ (рис. 6.17, *b*).

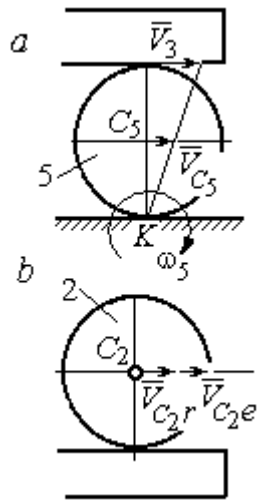


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном движении: $\omega_2 = \frac{V_{C_2r}}{R_2} = \frac{\dot{x}_2}{2r}$. Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по формуле: $T_2 = \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2$, где J_2 – осевой момент инерции катка 2; ω_2 – угловая скорость катка; V_{C_2} – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам: $T_1 = \frac{P_1}{2g} V_1^2$, $T_6 = \frac{P_6}{2g} V_6^2$. При этом скорость груза 1 равна абсолютной скорости центра катка 2: $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, а скорость груза 6 равна скорости платформы: $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$.

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости. Кинетическая энергия:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 =$$

$$= \frac{P_1}{2g} V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g} V_{C_2}^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 +$$

$$\frac{P_3}{2g} V_3^2 + \frac{1}{2} J_4 \omega_4^2 +$$

$$\frac{1}{2}\frac{P_5}{g} V_{C_5}^2 + \frac{1}{2} J_5 \omega_5^2 + \frac{P_6}{2g} V_6^2,$$

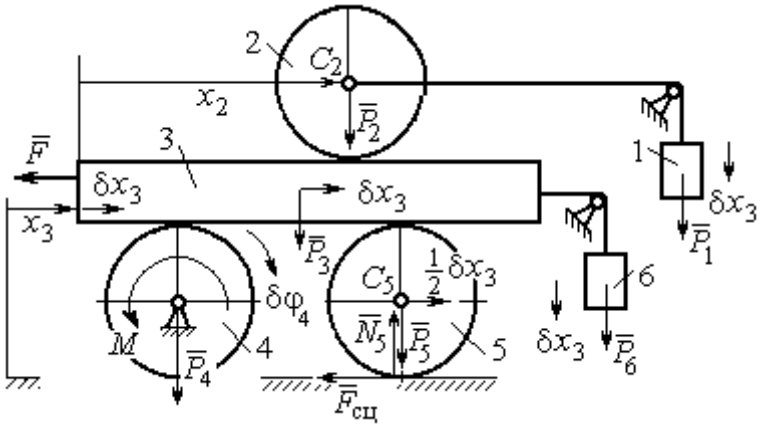


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

где значения скоростей:

$V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $\omega_2 = \frac{\dot{x}_2}{2r}$, $V_3 = \dot{x}_3$, $\omega_4 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$, $V_{C_5} = \frac{1}{2}\dot{x}_3$, $\omega_5 = \frac{\dot{x}_3}{4r}$, $V_6 = \dot{x}_3$

. Значения осевых моментов инерции катков: $J_2 = \frac{P_2 R_2^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$, $J_4 = \frac{P_4 R_4^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$, $J_5 = \frac{P_5 R_5^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$. Подставляя значения скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_2}{2r}\right)^2 + \frac{3P}{2g}\dot{x}_3^2 +$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{4r}\right)^2 + \frac{P}{2g}\dot{x}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\frac{P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{23P}{8g}\dot{x}_3^2 = \frac{2P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_2\dot{x}_3 + \frac{35P}{8g}\dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_2 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$ (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2

стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_5$, $\vec{P}_3$ катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести $\vec{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

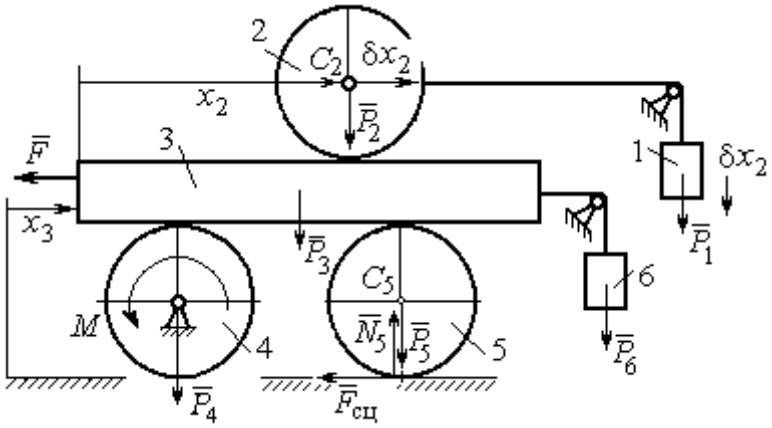


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2>0$, $\delta x_3=0$

Работу будут производить сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и силы тяжести грузов $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_6$. Суммарная работа сил на перемещении δx_3: $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$.

Представим полученное ранее соотношение $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$ в дифференциальном виде: $d\varphi_4 = \dfrac{dx_3}{2r}$. Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение $\delta\varphi_4 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении δx_3 с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -\dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_2, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_2 > 0, \delta x_3 = 0$ (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая

работу в виде $\delta A = P_1 \delta x_2 = P\delta x_2$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_2: $Q_{x_2} = P$.

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям $\dot{x}_3$ и $\dot{x}_2$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g}\dot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g}\dot{x}_2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0$, $\frac{\partial T}{\partial x_4} = 0$.

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{3P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = \frac{4P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{3P}{g}\ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0{,}19g \quad \text{и} \quad \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0{,}39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0{,}095gt^2, \quad x_2 = 0{,}195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты x_3 означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси x_3 (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений: $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0{,}1gt^2$.

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения $\varphi_2 = \frac{1}{R_2} x_2 = \frac{1}{2r} x_2 = 0{,}097 \frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_4 = \frac{1}{R_4} x_3 = \frac{1}{2r} x_3 = -0{,}047 \frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2} x_3 = -0{,}047 gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0{,}024 \frac{gt^2}{r}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

Бутенин Н. В., *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: в 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

Вебер Г. Э., *Ляпцев С. А*. Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебн. для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

сборник заданий для расчетно-графических работ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов, выполнению практических и контрольных работ

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета

«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Издание УГГУ Екатеринбург,
2018

УДК 531
Б 87

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от «07» июня 2018 г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

Б 87 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебное пособие / Ю. М. Казаков, В. Г. Брагин, Е. Б. Волков. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 250 с.
ISBN 978-5-8019-0460-3

Учебное пособие содержит краткие методические указания, примеры решений задач и упражнения для самостоятельной работы по основным темам курса теоретической механики: статика, кинематика точки и простейшие движения твёрдых тел, сложное движение точки, динамика точки и механической системы. Учебное пособие для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения.

ISBN 978-5-8019-0460-3

©Брагин В. Г., Волков Е. Б.,
Казаков Ю. М., 2018
©Уральский государственный горный университет, 2018

1. СТАТИКА

1.1. Основные понятия статики

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором освещаются условия равновесия тел под действием систем сил.

Материальной точкой называют простейшую модель материального тела, размерами которого можно пренебречь и которое можно принять за геометрическую точку, имеющую массу, равную массе тела. Совокупность материальных точек называется **системой материальных точек**. Если система материальных точек такова, что движение каждой точки зависит от положения и движения остальных точек системы, то система называется **механической системой материальных точек**. Любое материальное тело представляет собой механическую систему материальных точек. Если точки системы связаны между собой так, что расстояния между любыми двумя точками не изменяются, то система называется **неизменяемой системой**, а тело – **абсолютно твердым телом**.

Силой в механике называют меру механического действия одного материального объекта (например, твердого тела) на другой. Единицей измерения силы в системе СИ является ньютон (Н). Совокупность сил, действующих на механическую систему (в частности, на твёрдое тело), называют **системой сил.**

Если система сил, приложенная к твердому телу, оставляет его в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, то такая система сил называется **уравновешенной,** или **системой сил, эквивалентной нулю**.

Если одну систему сил, действующих на твердое тело или материальную точку, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело или материальная точка, то такие две системы сил называются **эквивалентными**. Если система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил.

Основные виды связей и их реакции

Всякое твердое тело, которое может занимать произвольное положение в пространстве, называется свободным. Если на тело наложены внешние связи, стесняющие (ограничивающие) свободу его перемещений, то тело является несвободным. Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя его перемещениям, называется **реакцией связи**. Всякое несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, если освободить тело от связей и заменить действие связей их реакциями. **Реакция связи направлена в сторону, противоположную тому направлению, вдоль которого связь препятствует перемещению тела.**

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция $\vec{R}$ абсолютно гладкой поверхности приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей (рис. 1.1, *a*). Такая реакция называется **нормальной реакцией**.

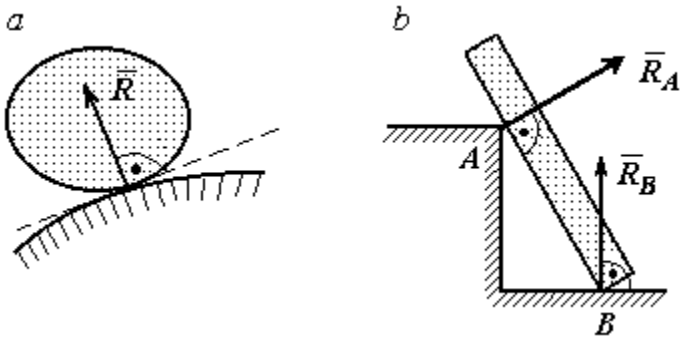


Рис. 1.1. Реакция опоры:

Брус с гладкой поверхностью (рис. 1.1, *b*), опирающийся в точке *B* на гладкий пол и в точке *A* на ребро (точечную опору), имеет реакциями опор $\vec{R}_B$ – реакцию пола и $\vec{R}_A$ – реакцию ребра (точечной опоры). Реакции приложены к брусу и направлены по нормалям к поверхности пола и поверхности бруса.

Цилиндрический шарнир и подвижная опора (каток). Цилиндрический шарнир (на рис. 1.2, *a* обозначен буквой *A*) представляет собой устройство, которое допускает поворот тела в плоскости, перпендикулярной оси шарнира (например, цилиндрическая втулка, надетая на неподвижный цилиндр).

Реакция цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач неизвестную по величине и направлению реакцию цилиндрического шарнира представляют в виде составляющих, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей (см. рис. 1.2, *a*). Величина реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$, где $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ – составляющие реакции.

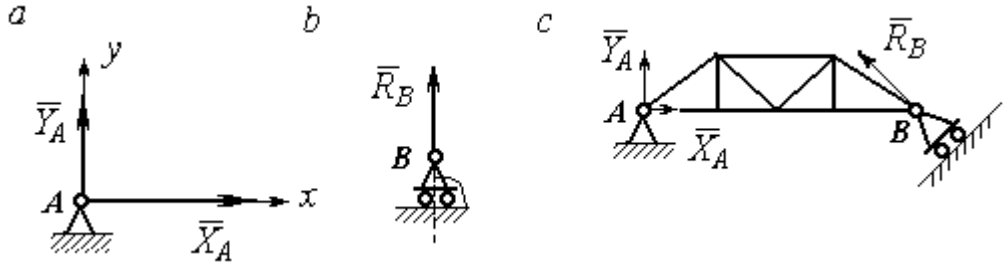


Рис. 1.2. Реакции шарнирных опор:
a – цилиндрический шарнир; *b* – каток; *c* – мостовая конструкция с цилиндрической шарнирной опорой и опорой на каток

Реакция $\vec{R}_B$ опоры на каток (подвижной опоры) (рис. 1.2, *b*) перпендикулярна опорной поверхности.

На рис. 1.2, *c* показаны реакции связей мостовой конструкции с цилиндрической шарнирной опорой и подвижной опорой (катком). Реакция цилиндрического шарнира в точке *A* изображена в виде разложения на взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}_B$ катка в точке *B* перпендикулярна наклонной плоскости, на которой стоит каток.

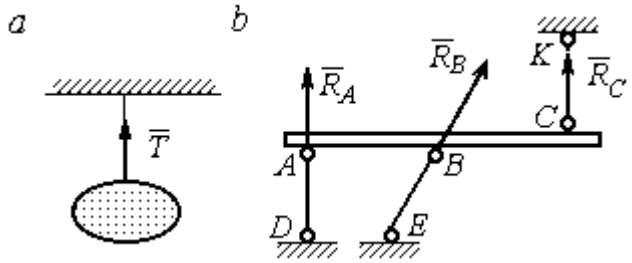


Рис. 1.3. Реакция гибкой нити и невесомого стержня

Гибкая связь и жесткий невесомый стержень. Связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса) препятствует удалению тела от точки подвеса. (рис. 1.3, *a*). Реакция связи $\vec{T}$,

равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити в сторону противоположную направлению, вдоль которого нить препятствует перемещению тела

Если опорой тела служит невесомый стержень с шарнирами на концах, то реакция прямолинейного стержня приложена к телу и направлена вдоль стержня. Направление реакции стержня противоположно направлению, по которому стержень препятствует перемещению тела.

Реакции невесомых стержней, удерживающих балку, изображённую на рис. 1.3, *b*, направлены исходя из предположения, что балка может перемещаться вниз. При этом стержни *AD* и *BE* сжаты, а стержень *CK* растянут.

Сферический шарнир. Связь в виде сферического шарнира не позволяет перемещать тело в пространстве, но допускает поворот в пространстве вокруг неподвижной точки. Реакция сферического шарнира может иметь любое направление в пространстве. При решении задач реакцию изображают ее составляющими. На рис. 1.4 реакция $\vec{R}_A$ сферического шарнира *A* разложена на составляющие $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Величина реакции сферического шарнира определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

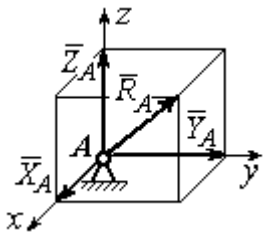


Рис. 1.4. Реакция сферического шарнира

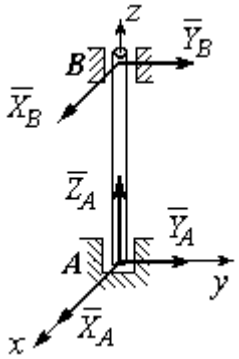


Рис. 1.5. Реакции подшипника и подпятника

Подшипник и подпятник. Подшипник представляет собой цилиндрический шарнир (рис. 1.5, подшипник *B*). Его реакция может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакция подшипника раскладывается на две составляющие. Например, на рис. 1.5 реакция $\vec{R}_B$ подшипника *B* разложена на составляющие $\vec{X}_B, \vec{Y}_B$, параллельные

координатным осям. Величина реакции подшипника определяется по формуле: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}$.

Подпятник является цилиндрическим шарниром с упором. В задачах реакция подпятника обычно изображается векторами $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$, представляющими разложение силы реакции подпятника по заданным направлениям координатных осей (см. рис. 1.5, подпятник *A*). Величина реакции подпятника определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

Проекция силы на ось и на плоскость

Проекция силы на ось есть алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси. Если этот угол острый, проекция положительна, если тупой – отрицательна. Если сила перпендикулярна оси, её проекция на ось равна нулю.

Проекции сил $\vec{F}$, $\vec{Q}$, $\vec{P}$, изображённых на рис. 1.6, *a*, на ось *x*: $F_x = F\cos\alpha$, $Q_x = Q\cos\alpha_1 = -Q\cos\varphi$, $P_x = P\cos 90^\circ = 0$.

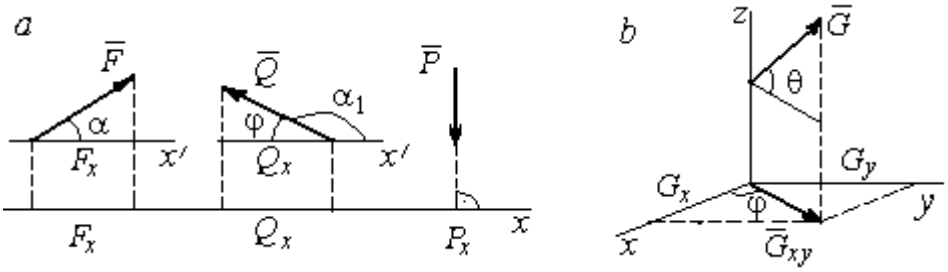


Рис. 1.6. Проекция силы на ось и на плоскость:
a – проекция силы на ось; *b* – проекция силы на плоскость

Проекцией силы на плоскость называется вектор, заключённый между проекциями начала и конца силы $\vec{G}$ на эту плоскость.

На рис. 1.6, *b* вектор $\vec{G}_{xy}$ является проекцией силы $\vec{G}$ на плоскость *xy*. По величине $G_{xy} = G\cos\theta$, где θ – угол между направлением силы $\vec{G}$ и её проекции

$\vec{G}_{xy}$. Проекции силы $\vec{G}$ на оси xyz: $G_x = G_{xy}\cos\varphi = G\cos\theta\cos\varphi$, $G_y = G_{xy}\sin\varphi = G\cos\theta\sin\varphi$, $G_z = G\sin\theta$.

1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия

Для равновесия **пространственной системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из трёх осей прямоугольной системы координат были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси.

Для равновесия **плоской системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю: $\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0$, где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси.

Примеры решения задач на равновесие сходящейся системы сил

Задача 1. Каток весом 20 кН удерживается на гладкой наклонной плоскости тросом, который одним концом закреплён на поверхности шара, а другим – на вертикальной стене (рис. 1.7). Угол наклона троса к вертикальной стене $\beta = 120°$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 45°$. Определить силу давления катка на плоскость и натяжение троса.

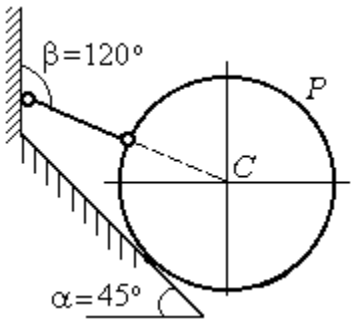


Рис. 1.7. Равновесие шара

Решение

При равновесии на каток действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция троса $\vec{N}$ и реакция опоры $\vec{R}$. Линии действия всех сил находятся в одной плоскости и пересекаются в центре шара. Направления реакций показаны на рис. 1.8.

Условия равновесия плоской сходящейся системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0.$$

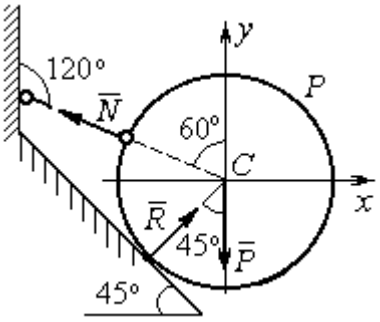


Рис. 1.8. Силы, действующие на каток, при его равновесии

Проведя оси координат, как показано на рис. 1.8, выразим условия равновесия в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = -N\cos 30^\circ + R\cos 45^\circ = 0;\ \sum F_{ky} =$$

$$N\cos 60^\circ + R\cos 45^\circ - P = 0.$$

Подставляя в уравнения исходные данные задачи, найдем: N = 14,64 кН, R = 17,93 кН.

Натяжение троса равно модулю его реакции. Сила давления катка на плоскость равна реакции опоры гладкой плоскости, но направлена в противоположную сторону.

Задача 2. Кронштейн состоит из невесомых стержней AC и BC, скрепленных друг с другом и с вертикальной стеной шарнирами, как показано на рис. 1.9. Стержень BC горизонтален, стержень AC составляет с горизонталью угол β = 60º. К шарниру C прикреплены два троса, удерживающие грузы 1 и 2 весом G_1 = 10 кН и G_2 = 12 кН. Трос, удерживающий груз 1, вертикален, а другой перекинут через блок D так, что угол наклона участка троса CD к вертикали α = 60º. Определить реакции стержней BC и AC.

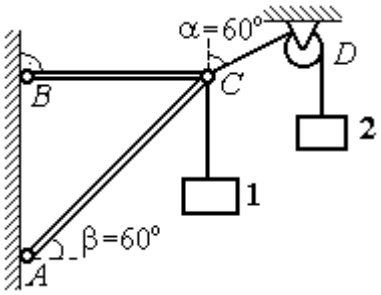


Рис. 1.9. Равновесие кронштейна

Решение

Рассмотрим равновесие узла C, в котором закреплены стержни и тросы. На узел C действуют реакции $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ тросов, натянутых грузами 1 и 2, и реакции $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$ стержней BC и AC (рис. 1.10). Модули реакций тросов $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ равны весу грузов: $T_1 = G_1$, $T_2 = G_2$.

Плоская система сил ($\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$) является сходящейся. Условия равновесия: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$. Проведя оси координат xCy, как показано на рис. 1.10, и определяя проекции сил на оси, получим систему уравнений:

$$N_1 + N_2\cos 60^\circ - T_2\cos 30^\circ = 0;$$

$$N_2\cos 30^\circ + T_1 - T_2\cos 60^\circ = 0.$$

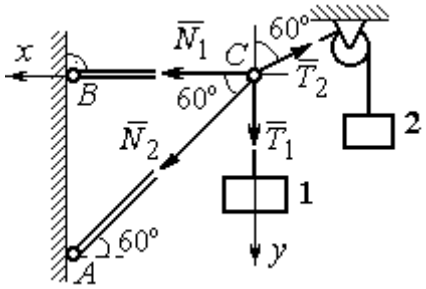


Рис. 1.10. Силы, действующие на узел *C* при его равновесии

Подставим в уравнения исходные данные задачи. С учётом того, что $T_1 = G_1 = 10$ кН, $T_2 = G_2 = 12$ кН, найдём значения реакций: N_1 = 12,7 кН, N_2 = – 4,62 кН. Отрицательная величина N_2 означает, что вектор $\vec{N}_2$ реакции стержня *AC* направлен в противоположную сторону.

Задача 3. Груз весом *P* = 20 кН поднимается стержневым краном *ABC* посредством каната, перекинутого через блоки *B* и *D* (рис. 1.11). Блок *B* установлен в месте шарнирного соединения невесомых стержней *AB* и *BC*, блок *D* укреплён так, что участок троса *DB* составляет с вертикалью угол $\beta = 60^\circ$. Стержни *AB* и *BC* соединены со стенками шарнирами. Конец троса, несущий груз *P*, переброшен через блок *E* и на отрезке *BE* составляет с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Пренебрегая трением в блоке и размерами блока *B*, определить усилия в стержнях *AB* и *BC* при равновесии груза.

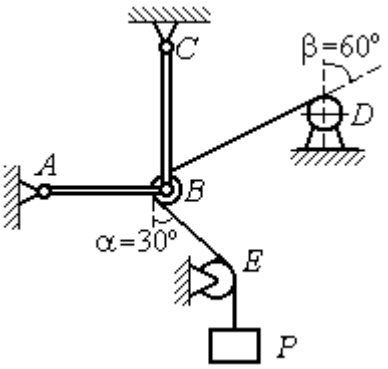


Рис. 1.11. Равновесие стержневой конструкции

Решение

Рассмотрим равновесие блока *B* вместе с отрезками нити *BE* и *BD*. Освободим блок *B* от связей и заменим их реакциями.

Рассматривая блок и отрезок нити как одно целое, можно не учитывать силы взаимного давления нити и блока. На блок действует реакция $\vec{T}$ нити *BD*, приложенная в точке *D*, численно равная весу груза *P*, реакция $\vec{T}'$ нити *BE*, приложенная в точке *E* и также численно равная весу груза *P* и реакции стержней $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ (см. рис. 1.12).

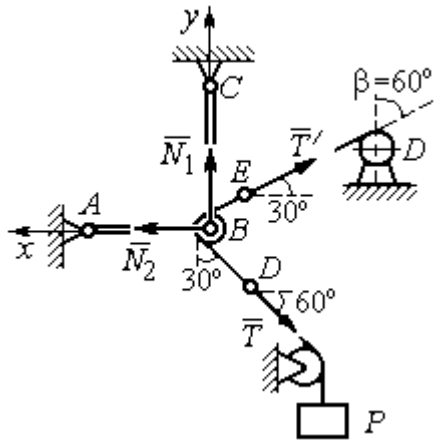


Рис. 1.12. Силы, действующие на блок *B*, при его равновесии

Пренебрегая размерами блока, можно считать систему сил сходящейся. Проведём координатные оси, как показано на рис. 1.12, и выразим условия равновесия плоской сходящейся системы сил в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = N_2 - T'\cos 30^\circ - T\cos 60^\circ = 0;\ \sum F_{ky} = N_1 + T'\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0.$$

Решая полученную систему уравнений с учётом, что $T' = T = P$ = 20 кН, получим: N_1 = 7,32 кН, N_2 = 27,32 кН.

Задача 4. Шахта ориентируется в вертикальной плоскости с помощью несвободного проволочного отвеса *CBDP*, натянутого грузом весом *P* = 50 Н (рис. 1.13).

Определить натяжения частей отвеса *CB*, *BD*, *DP* и натяжения оттяжек *BA* и *DE*, если угол отклонения оттяжки *BC* от горизонтали $\alpha = 60^\circ$, а отклонение средней части отвеса *BD* от вертикали $\beta = 4^\circ$. Весом проволоки отвеса пренебречь.

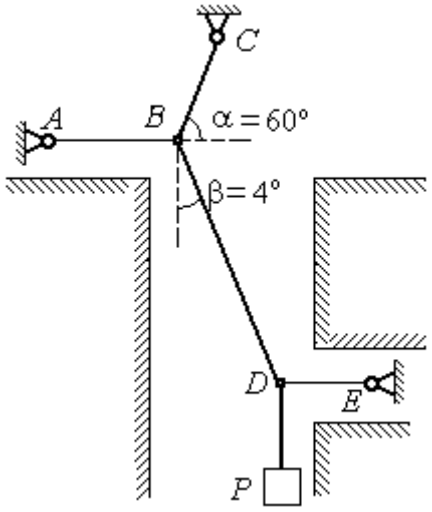


Рис. 1.13. Схема отвеса

Решение

Рассмотрим равновесие узла *D*, в котором сходятся три силы – реакция $\vec{S}$ средней части отвеса, реакция $\vec{T}_E$ оттяжки *DE* и реакция $\vec{T}_P$ отвеса на участке

DP, равная весу груза $T_P = P$ (рис. 1.14). Выберем оси координат *xDy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *D:*

$$\sum F_{kx} = S\cos 86^\circ - T_E = 0\,; \;\; \sum F_{ky} = S\cos 4^\circ - T_P = 0\,.$$

Из второго уравнения с учётом, что натяжение отвеса на участке *DP* $T_P = P = 50$ Н, находим натяжение S на среднем участке отвеса: $S = \dfrac{T_P}{\cos 4^\circ} = 50{,}12$ Н. Из первого уравнения находим натяжение $T_E = S\cos 86^\circ = 3{,}49$ Н.

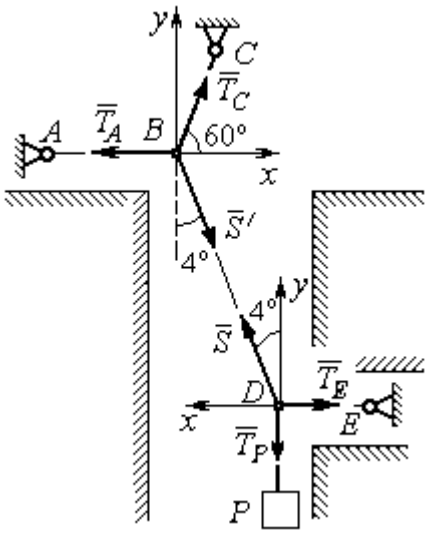


Рис.1.14. Силы, действующие в узлах *B* и *D* при равновесии

Теперь рассмотрим равновесие узла *B*, на который действуют реакция $\vec{T}_A$ оттяжки *BA*, реакция $\vec{T}_C$ верхней части отвеса *BC* и реакция $\vec{S}'$ средней части отвеса. Вектор силы $\vec{S}'$ противоположен направлению вектора $\vec{S}$: $\vec{S}' = -\vec{S}$, а численно (по принципу равенства действия и противодействия) они равны $S' = S$ (см. рис. 1.14). Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *B:*

$$\sum F_{kx} = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ - T_A = 0\,; \quad \sum F_{ky} = T_C\cos 30^\circ - S'\cos 4^\circ = 0\,.$$

Находим натяжение отвеса на верхнем участке *BC* и натяжение T_A оттяжки *BA*: $T_C = \dfrac{S'\cos 4^\circ}{\cos 30^\circ} = 57{,}73$ Н; $T_A = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ = 32{,}36$ Н.

Задача 5. Груз *P* = 20 кН удерживается двумя стержнями *AC*, *AD* одинаковой длины и цепью *AB*, скреплённых в точке *A*, так, что плоскость треугольника *ADC* горизонтальна (рис. 1.15). Цепь *BA* отклонена от вертикальной стены на угол $\beta = 60^\circ$ и расстояние *CE* = *ED*. Трос закреплён одним концом в точке *A*, а другой его конец, несущий груз, переброшен через блок *K* так, что отрезок троса *AK* находится в плоскости, параллельной плоскости

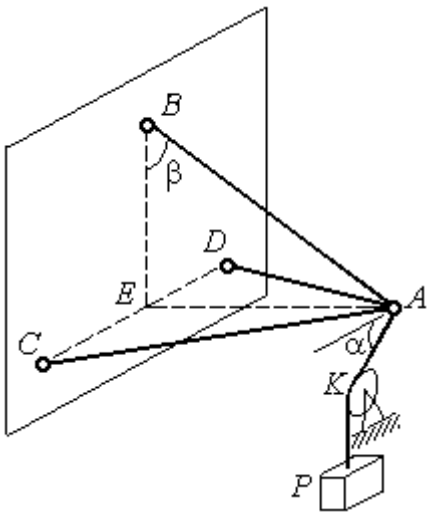


Рис. 1.15. Конструкция пространственного кронштейна

стены, и составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Крепления стержней шарнирные. Углы у оснований стержней $\angle DCA = \angle CDA = 60^\circ$. Определить реакции стержней и натяжение цепи. Весами стержней пренебречь.

Решение

Рассмотрим равновесие узла *A*. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_D$ и $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция цепи $\vec{S}_B$ направлена вдоль линии натянутой цепи (рис. 1.16).

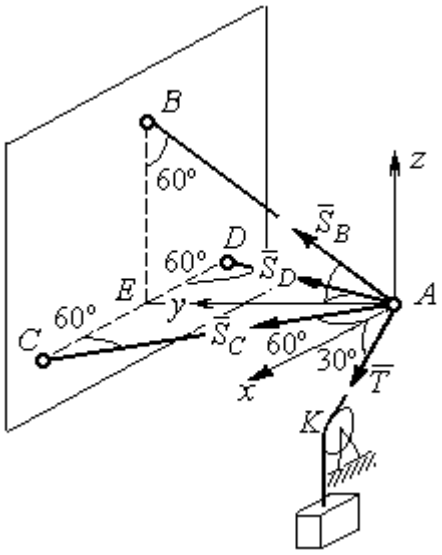


Рис. 1.16. Силы, действующие на узел *A*, при его равновесии

Реакция троса $\vec{T}$ направлена вдоль троса по линии *AK* и численно равна весу груза: $T = P$. Направления реакций выбраны в предположении, что стержни и цепь растянуты.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.16. На узел *A* действует пространственная сходящаяся система сил.

Условия равновесия пространственной сходящейся системы сил $\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0$, где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси. Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = S_C \cos 60^\circ - S_D \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = S_C \cos 30^\circ + S_D \cos 30^\circ + S_B \cos 30^\circ = 0; \quad \sum F_{kz} = S_B \cos 60^\circ - T \cos 60^\circ = 0.$$

Решая эту систему, находим $S_B = T = P = 20$ кН; $S_C = -27{,}32$ кН; $S_D = 7{,}32$ кН. Знак минус величины S_C показывает, что реакция стержня AC имеет обратное направление. Натяжение цепи равно модулю реакции $\vec{S}_B$.

Задача 6. Подъёмное устройство (рис. 1.17) состоит из двух стержневых опор DB и DA и растяжки DC, соединённых в точке D. В точке D к устройству прикреплена вертикальная нить, удерживающая груз весом $P = 50$ кН.

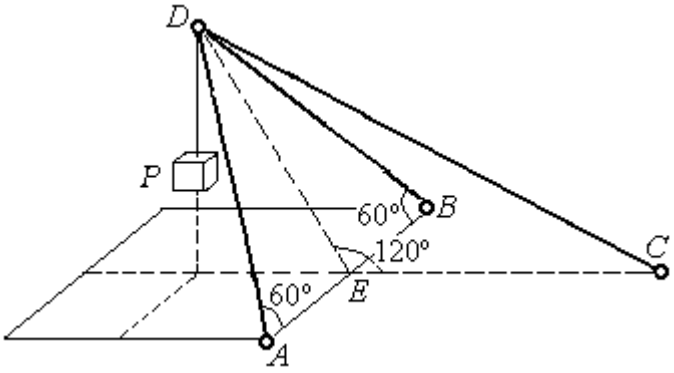


Рис. 1.17. Конструкция подъёмного устройства

Определить реакцию стержневых опор и усилие в растяжке подъёмного устройства, если крепления стержней шарнирные, угол $\angle DEC = 120^\circ$, $AE = EB$, $DE = EC$, а углы в основании опор $\angle DAB = \angle DBA = 60^\circ$.

Решение

Рассматриваем равновесие узла D. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_A$, $\vec{S}_B$, $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу тела, направлена вдоль нити (рис. 1.18). Направление реакций выбрано в предположении, что все стержни растянуты.

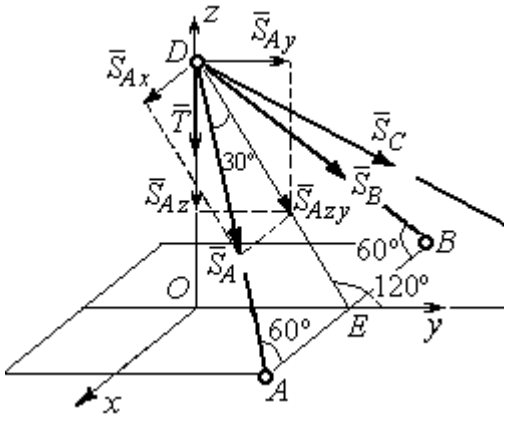


Рис. 1.18. Силы, действующие на узел D, при его равновесии

На узел D действует пространственная сходящаяся система сил. Выберем систему координат $Oxyz$, как показано на рис. 1.18, и составим уравнения равновесия. Заметим, что при определении проекции силы $\vec{S}_A$ на оси координат следует вначале получить её проекции $\vec{S}_{Ax}$

на ось Ox и $\vec{S}_{Azy}$ – на плоскость Oyz, а затем найти проекции силы $\vec{S}_{Azy}$ на оси Oy и Oz. На рис. 1.18 показана последовательность вычисления проекций силы $\vec{S}_A$ на оси координат: $S_{Ax} = S_A \cos 60^\circ$, $S_{Ay} = S_{Azy} \cos 60^\circ = S_A \cos 30^\circ \cos 60^\circ$, $S_{Az} = -S_{Azy} \cos 30^\circ = -S_A \cos^2 30^\circ$. Определение проекций силы $\vec{S}_B$ производится аналогично. Сила $\vec{S}_C$ расположена в плоскости Oyz и имеет своими проекциями $S_{Cy} = S_C \cos 30^\circ$, $S_{Cz} = -S_C \cos 60^\circ$. В результате уравнения равновесия узла D принимают вид

$$\sum F_{ky} = S_A \cos 30^\circ \cos 60^\circ + S_B \cos 30^\circ \cos 60^\circ + S_C \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kx} = S_A \cos 60^\circ - S_B \cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = - S_A \cos^2 30^\circ - S_B \cos^2 30^\circ - S_C \cos 60^\circ - T = 0.$$

Решая систему, получим: $S_A = S_B = -50$ кН, $S_C = 50$ кН.

Отрицательные значения S_A и S_B означают, что реакций стержней AD и DB направлены в противоположную сторону. В результате стержни AD и DB сжаты, а стержень DC растянут.

1.3. Произвольная плоская система сил

Система сил, расположенных в одной плоскости, называется **плоской системой сил.**

Алгебраическим моментом $M_O(\vec{F})$ силы $\vec{F}$ относительно центра O, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ и кратчайшего расстояния h от центра до линии действия силы (рис. 1.19, *а*): $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$. Величину h называют **плечом силы.** Единица измерения момента – Н·м. Момент считается положительным, если сила $\vec{F}$ стремится повернуть тело вокруг центра в направлении против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

На рис. 1.19, *b* показаны знаки моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = +Fh_2$, $M_O(\vec{Q}) = -Qh_1$. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра *O* равен нулю: $M_O(\vec{R}) = 0$, так как плечо силы равно нулю.

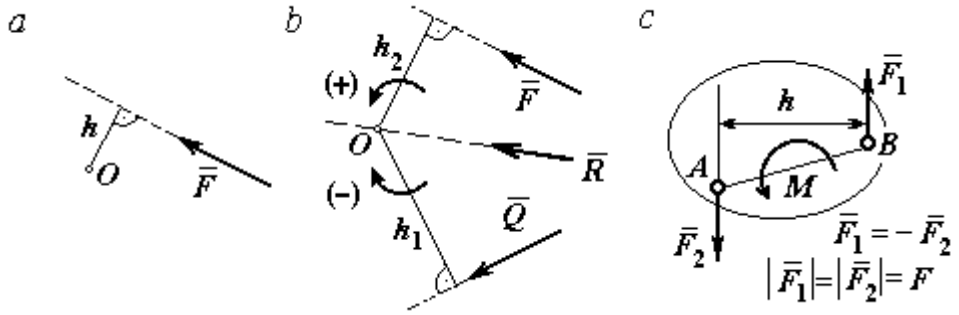


Рис. 1.19. Схемы к вычислению момента силы:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил

Парой сил, или просто парой (рис.1.19, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. **Плечом пары** называют кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары и плеча пары. Правило знаков такое же, как и для момента силы. Пара сил, показанная на рис. 1.19, *c*, имеет плечо *h* и момент *M*: $M = F_1 h = F_2 h$. Поскольку пара сил характеризуется только ее моментом, на схемах пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. *M* на рис. 1.19, *c*).

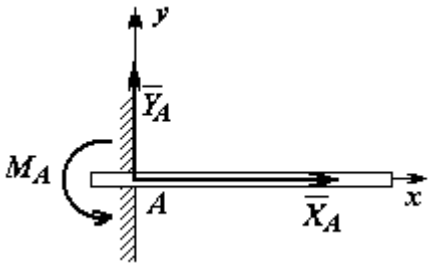


Рис. 1.20. Реакция жесткой заделки

Жесткая заделка. Такая связь (рис. 1.20) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция жесткой заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. Силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль координатных

осей (см. рис. 1.20). Величина силы реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

При вычислении моментов сил часто применяют **теорему Вариньона** о том, что момент равнодействующей системы сил относительно любого центра равен сумме моментов всех сил этой системы относительно того же центра. На рис. 1.21 показана схема применения теоремы Вариньона. Силу $\vec{F}$ раскладываем на составляющие $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, направленные вдоль координатных осей так, что имеет место равенство $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Численно составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ равны проекциям силы $\vec{F}$ на координатные оси: $F_1 = F\cos\alpha$, $F_2 = F\sin\alpha$. Для каждой из составляющих находим плечи h_1 и h_2 относительно центра *O*. Тогда (с учётом знаков) момент силы $\vec{F}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_1) + M_O(\vec{F}_2) = F_1 h_1 + F_2 h_2$.

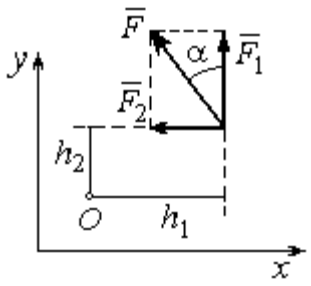


Рис.1.21. Применение теоремы Вариньона

Распределённая нагрузка. Силы, приложенные непрерывно вдоль некоторой поверхности, называются **распределенными**. Распределённая нагрузка характеризуется интенсивностью *q*. Интенсивность нагрузки, равномерно распределённой вдоль прямой, измеряется в Н/м. На рис. 1.22 приведена плоская система сил, равномерно распределённых вдоль прямой. Равнодействующая $\vec{Q}$ сил, равномерно распределённых вдоль прямой, приложена в середине отрезка действия распределённой нагрузки и по модулю равна произведению интенсивности нагрузки на длину её действия: $Q = qa$, где a – длина отрезка действия распределённой нагрузки.

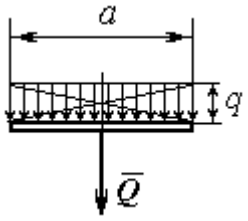


Рис. 1.22. Нагрузка, равномерно распределённая по прямой

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы

проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Примеры решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил

Задача 7. Однородная балка *AB* весом *P* = 100 кН прикреплена к стене шарниром *A* (рис.1.23). Балка удерживается под углом 60° к вертикали при помощи троса, прикреплённого к балке в точке *B*, перекинутого через блок *D* и несущего груз *Q*. Участок троса *DB* образует с вертикалью угол 30°. В точке *C* к балке подвешен груз *G* весом *G* = 200 кН. Определить вес груза *Q*, удерживающий балку в равновесии, и реакцию шарнира *A*, пренебрегая трением в блоке, если расстояние $BC = 0{,}25BA$.

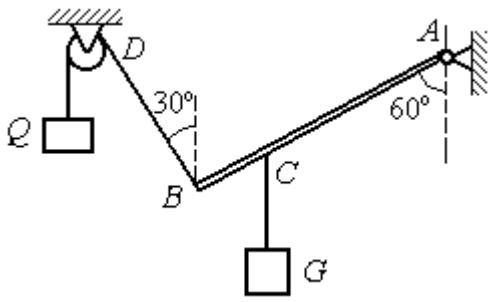


Рис. 1.23. Равновесие балки

Решение

Объектом равновесия является балка *AB*. На балку действуют сила тяжести $\vec{P}$, приложенная в середине отрезка *AB*, реакция шарнира *A*, представленная в виде двух составляющих $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей, реакция $\vec{T}_1$ нити, удерживающей груз *Q*, и реакция $\vec{T}_2$ нити, удерживающей груз *G*. Направления сил и реакций связей показаны на рис. 1.24.

Силы – $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{P}$, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, действующие на балку, составляют произвольную плоскую систему. Условия равновесия произвольной плоской системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0\,;\ \sum F_{ky} = 0\,;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0\,.$$

Выберем систему координат *xAy,* как показано на рис. 1.24.

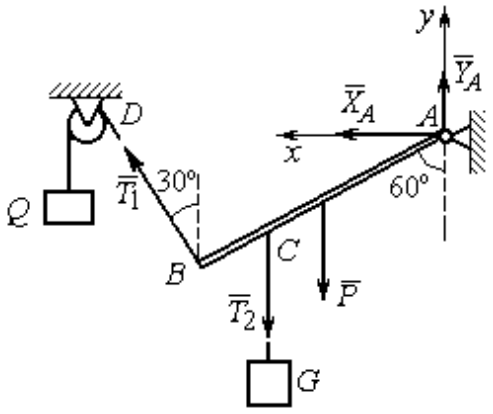


Рис. 1.24. Внешние силы и реакции связей при равновесии балки

Первые два уравнения равновесия имеют вид

$$\sum F_{kx} = X_A + T_1\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + T_1\cos 30^\circ - T_2 - P = 0.$$

Выберем центром точку *A* и будем вычислять моменты сил относительно этого центра. Обозначим (для удобства записи) длину $AB = \ell$. Условие равновесия балки в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно центра *A* имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -T_1\ell + T_2\frac{3}{4}\ell\cos 30^\circ + P\frac{1}{2}\ell\cos 30^\circ = 0.$$

Подставим данные из условия задачи, с учётом, что реакция нити, удерживающей груз *Q*, по модулю равна весу этого груза: $T_1 = Q$, а реакция нити, удерживающей груз *G*, численно равна весу груза *G*: $T_2 = G$.

Получим систему уравнений:

$$X_A + Q\cdot 0{,}5 = 0,\ \ Y_A + Q\cdot 0{,}866 - 300 = 0,\ \ -Q + 173{,}2 = 0.$$

Решая систему, найдём $Q = 173{,}2$ кН, $X_A = -86{,}6$ кН, $Y_A = 150{,}01$ кН.

Задача 8. Рама *ACE* (рис. 1.25, *а*) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара сил с моментом $M = 8$ кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю $F = 10$ кН, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная на отрезке *AB* нагрузка интенсивностью q =2 кН/м.

В точке E под прямым углом к отрезку CE рамы прикреплен трос, переброшенный через блок и несущий груз $P = 20$ кН.

Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира A и реакцию стержневой опоры BK, если $a = 2$ м.

Решение

Рассмотрим равновесие рамы ACE. Выбираем систему координат xAy, например, как показано на рис. 1.25, *b*.

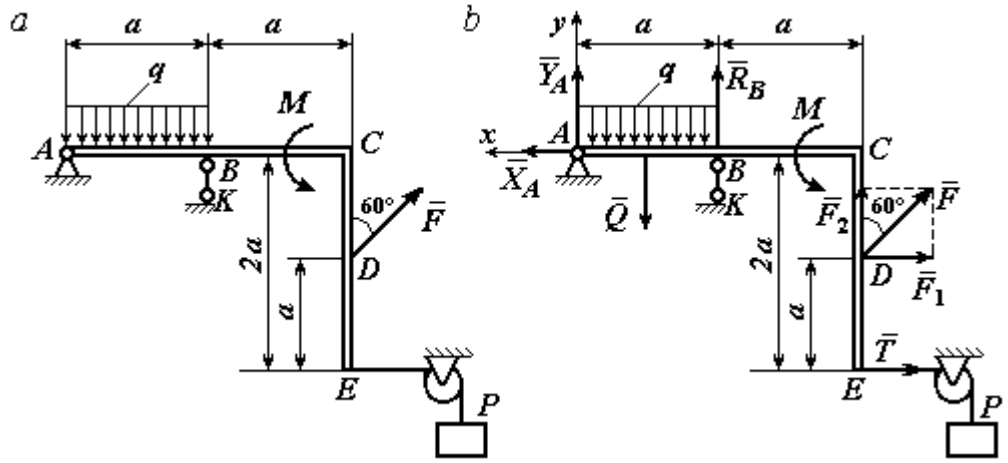


Рис. 1.25. Равновесие рамы:
a – конструкция и нагрузка рамы; *b* – внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию $\vec{R}_A$ шарнира A двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными, соответственно, вдоль горизонтальной оси Ax и вертикальной Ay. Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры BK приложена в точке B и направлена вдоль стержня BK. Действие груза P на раму изображается реакцией троса $\vec{T}$, модуль которой равен весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка AB и численно равна: $Q = qa = 2 \cdot 2 = 4$ кН. На рис. 1.25, *b* показано направление внешних сил и реакций при равновесии рамы. Направление реакции стержневой опоры BK выбрано в предположении, что стержень сжимается.

При равновесии рамы *ACE* действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{R}_B, \vec{T}, M$) ~ 0. Условия равновесия имеют вид $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *Ax*, *Ay*, первые два уравнения из условий равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0. \qquad (1.1)$$

При составлении третьего уравнения моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае линии действия сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, составляющих реакцию шарнира *A*, проходят через центр *A*, плечи сил равны нулю, и, следовательно, моменты этих сил относительно данного центра равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$, $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобнее воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (см. рис. 1.25, *b*). Величины сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ определяются как проекции силы *F* на оси координат: $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра *A* равен сумме моментов сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ относительно того же центра *A*: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$.

В результате уравнение равновесия в форме моментов имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q \cdot 0{,}5a + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0. \quad (1.2)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.1), (1.2) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B. Решая эту систему, найдем: X_A = 28,66 кН; Y_A = 59,66 кН; R_B = – 60,66 кН.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции $\vec{R}_B$ стержневой опоры BK противоположно направлению, показанному на рис. 1.25, *b*, т. е. стержень BK растягивается. Реакция шарнирной опоры *A* – сила $\vec{R}_A$ – находится как геометрическая (векторная) сумма сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$. Величина реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18$ кН.

Задача 9. Прямоугольная рама *ABCED* (рис. 1.26) в точке A закреплена жёсткой заделкой. В точке *E* к раме прикреплена нить, составляющая угол 60º к горизонту. Другой конец нити, переброшенный через невесомый блок, несёт груз весом *P* = 15 кН. На раму действуют: пара сил с моментом M = 12 кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю *F* = 10 кН, приложенная в точке *C* под углом 30° к горизонтальному участку рамы *BE*, и равномерно распределенная на отрезке *BC* нагрузка интенсивностью *q* = 2 кН/м. В точке *D* под углом 60° к горизонту на раму действует сила $\vec{G}$, численно равная 20 кН.

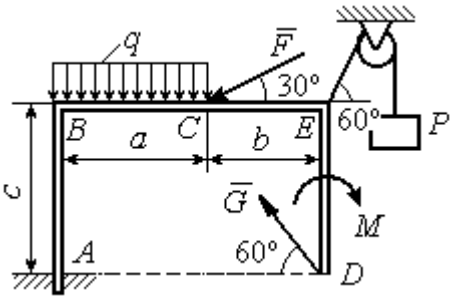


Рис. 1.26. Конструкция рамы

Пренебрегая весом рамы, определить реакцию жесткой заделки в точке *A*, если размеры рамы: *a* = 2 м, *b* = 1 м, *c* = 5 м.

Решение

Объектом равновесия является рама *ABCED*. Связями в данной конструкции являются жесткая заделка рамы в точке *A* и нить, натянутая грузом *P*. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию жесткой заделки в точке *A* в виде силы, которую представим двумя ее составляющими – $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, и парой сил с моментом M_A (рис. 1.27). Реакция нити $\vec{T}$, приложенная

к раме в точке *E*, направлена вдоль нити и численно равна весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ риложена в середине отрезка *AB* и численно авна: $Q = qa = 4$ кН.

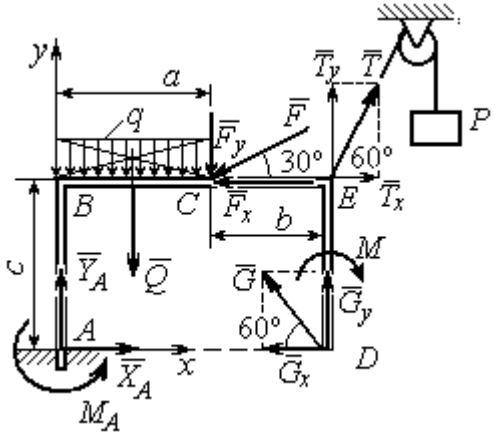


Рис. 1.27. Внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Действующие на раму силы составляют равновешенную произвольную плоскую истему сил: $(\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, M) \sim 0$. Условия равновесия для такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.27, и составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ - G\cos 60^\circ = 0; \qquad (3)$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - Q - F\cos 60^\circ + T\cos 30^\circ + G\cos 30^\circ = 0. \qquad (4)$$

Моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае моменты сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$ равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$; $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобно воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$ (см. рис. 1.27). Величины сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ определяются как проекции силы $\vec{F}$ на оси координат: $F_x = F\cos 30^\circ$, $F_y = F\cos 60^\circ$. Плечо вектора силы $\vec{F}_x$ относительно центра *A* равно *c* (как длина перпендикуляра, проведённого из центра *A* на линию действия силы $\vec{F}_x$), плечом силы $\vec{F}_y$ является расстояние *a*. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра A равен алгебраической сумме моментов сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ относительно того же центра:

$$M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_x) + M_A(\vec{F}_y) = F_x \cdot c - F_y \cdot a = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a\,.$$

Аналогично вычисляем моменты сил $\vec{G}$ и $\vec{T}$: $M_A(\vec{G}) = G\cos 30^\circ \cdot (a+b)$; $M_A(\vec{T}) = -T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b)$. В результате уравнение моментов имеет вид:

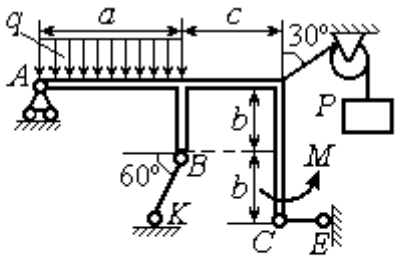
$$\sum M_A(\vec{F}_k) = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a - T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b) +$$

$$+ G\cos 30^\circ \cdot (a+b) - Q\frac{a}{2} - M + M_A = 0. \qquad (1.5)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.3) – (1.5) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, M_A, откуда найдём значения реакций: $X_A = 11{,}16$ кН; $Y_A = -21{,}31$ кН; $M_A = -70{,}73$ Н·м. Знаки показывают, что составляющая $\vec{Y}_A$ силы реакции жёсткой заделки и момент реакции M_A направлены в противоположную сторону. Величина силы реакции жесткой заделки $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 24{,}05$ кН.

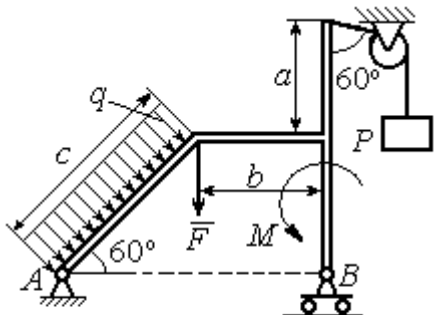
Упражнения

Упражнение 1.1



$a = 3$ м, $b = 1$ м, $c = 2$ м,
$P = 15$ кН, $M = 3$ кНм, $q = 5$ кН/м.
Найти реакцию стержней BK, CE
и реакцию шарнира A

Упражнение 1.2

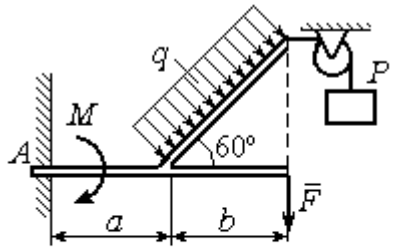


$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 3$ м,
$M = 3$ кНм, $q = 3$ кН/м,
$P = 2$ кН, $F = 4$ кН.
Найти реакцию шарниров A и B

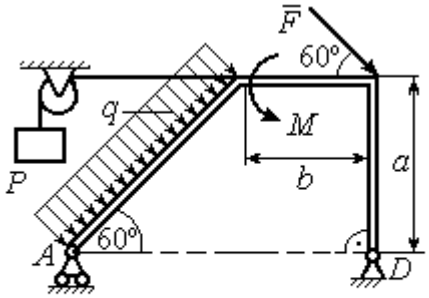
Рис. 1.28. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.1, 1.2

Упражнение 1.3

Упражнение 1.4



$a = 1$ м, $b = 2$ м, $F = 2$ кН,
$P = 3$кН, $M = 3$ кН·м,
$q = 2$ кН/м
Найти реакцию жесткой заделки



$a = 3$ м, $b = 1$ м, $P = 2$ кН, $F = 3$ кН,
$M = 3$ кН·м, $q = 2$ кН/м.
Найти реакцию шарниров A и D

Рис. 1.29. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.3, 1.4

1.4. Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называются **внутренними** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию.

Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. В уравнения равновесия будут входить только силы, непосредственно приложенные к телу, равновесие которого рассматривается. **При этом реакции внутренних связей, приложенные к разным телам, будут попарно равны по модулю и противоположны по направлению.**

Примеры решения задач на равновесие систем тел

Задача 10. Диск весом Q = 100 кН опирается на вертикальную стенку и на наклонную балку AB. На диск действует сила $\vec{F}$, равная по величине 50 кН (рис. 1.30). Линия действия силы $\vec{F}$ проходит через центр диска под углом 30º к его вертикальному диаметру.

Однородная балка AB весом $G = 80$ кН закреплена в точке A шарнирно и удерживается под углом 60º к стене при помощи вертикального троса, один конец которого закреплён на балке в точке B, а другой – переброшен через блок и несёт груз весом P. Определить давление диска на стенку и на балку, реакцию шарнира A и вес груза P, удерживающий конструкцию в равновесии, если длина балки AB $\ell = 6$ м, радиус диска $r = 1$ м.

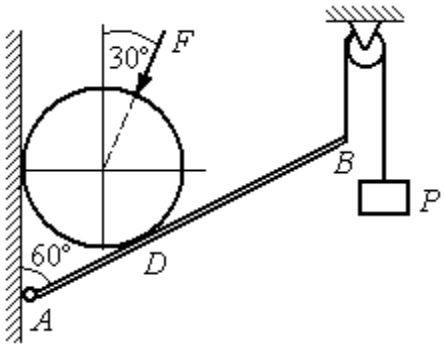


Рис. 1.30. Равновесие составной конструкции

Решение

Объект равновесия включает балку и диск и представляет собой составную конструкцию. Опора диска на балку в точке D является внутренней связью конструкции. Рассмотрим равновесие диска и балки отдельно.

Освобождаем диск от связей. На диск действует сила веса $\vec{Q}$, сила $\vec{F}$ и реакции $\vec{N}$ и $\vec{R}$ опор диска на стену в точке K и на балку в точке D (рис. 1.31). Силы, приложенные к диску, составляют плоскую систему сходящихся сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.31, и составим уравнения равновесия:

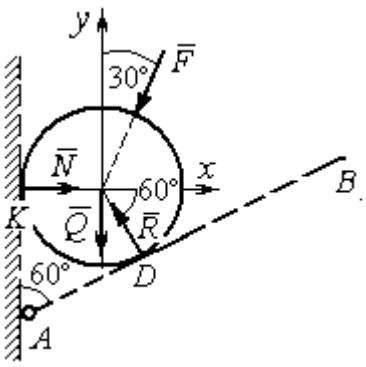


Рис. 1.31. Внешние силы и реакции связей при равновесии диска

$$\sum F_{kx} = -F\cos 60^\circ - R\cos 60^\circ + N = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum F_{ky} = -F\cos 30^\circ + R\cos 30^\circ - Q = 0. \quad (1.7)$$

Рассмотрим равновесие балки AB (рис. 1.32).

На балку действуют сила тяжести $\vec{G}$, реакция шарнира A, (на рис. 1.32 показано её разложение на составляющие $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$), реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу груза P, и сила $\vec{R}'$ давления диска на балку. Сила давления $\vec{R}'$ противоположна реакции $\vec{R}$ опоры диска на балку и численно равна ей.

Система сил ($\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G},\ \vec{T},\ \vec{R}'$), действующих на балку, является произвольной плоской. Условия равновесия такой системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0.$$

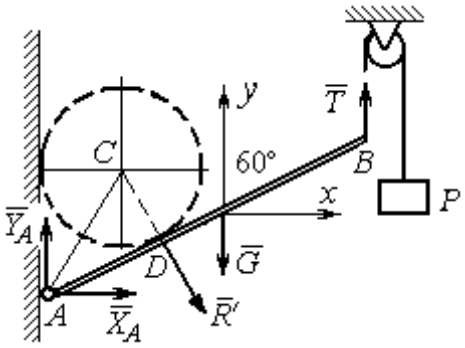


Рис. 1.32. Силы, действующие на балку, при равновесии

Выберем оси, как показано на рис. 1.32, и составим уравнения равновесия, полагая точку *A* центром, относительно которого производятся вычисления моментов сил:

$$\sum F_{kx} = X_A + R'\cos 60^\circ = 0, \tag{1.8}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - R'\cos 30^\circ - G + T = 0, \tag{1.9}$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -R' \cdot AD - G \cdot \frac{\ell}{2}\cos 30^\circ + T\ell\cos 30^\circ = 0. \tag{1.10}$$

Добавив к уравнениям (1.8) – (1.10) равновесия балки *AB* уравнения (1.6), (1.7) равновесия диска с учётом, что $R' = R$, получим систему пяти уравнений с пятью неизвестными. Подставляя данные из условия задачи и решая совместную систему, найдём: R = 165,47 кН; N = 107,74 кН; P = 95,26 кН; X_A = – 82,73 кН; Y_A = 128,03 кН.

Сила давления диска на стену равна модулю реакции опоры $\vec{N}$ и направлена в противоположную сторону, сила давления диска на балку равна $\vec{R}'$.

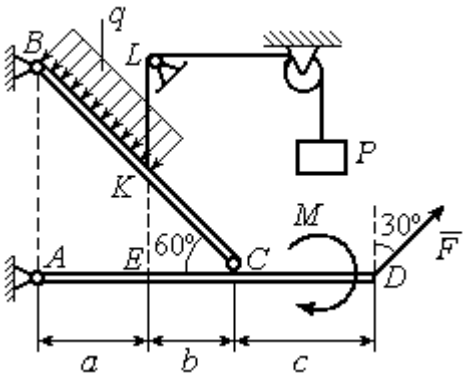


Рис.1.33. Равновесие кронштейна как сочленённой конструкции

Задача 11. Кронштейн состоит из горизонтальной балки *AD*, прикрепленной к вертикальной стене в точке *A*, и откоса *BC*, соединённого с балкой *AD* в точке *C* под углом 60º и прикреплённого к вертикальной стене в точке *B* (рис. 1.33). Все соединения шарнирные. На конструкцию действуют сила $\vec{F}$, приложенная в точке *D* под углом 30º к вертикали и равная по модулю F =10 кН, пара сил с моментом M = 8

кН·м и равномерно распределенная на отрезке *BK* нагрузка интенсивностью q = 3 кН/м. В точке *K* к балке *BC* прикреплена нить, другой конец которой, переброшенный через невесомые блоки, несёт груз весом P = 5 кН (см. рис. 1.33).

Определить реакции шарниров *A*, *B* и *C*, если a = 2 м, b = 1 м, c = 3 м, а на отрезке *KL* нить натянута вертикально.

Решение

Рассмотрим равновесие каждой из составных частей конструкции – балки *BC* и балки *AD*. Освобождаем балки от связей и заменяем их реакциями (рис. 1.34).

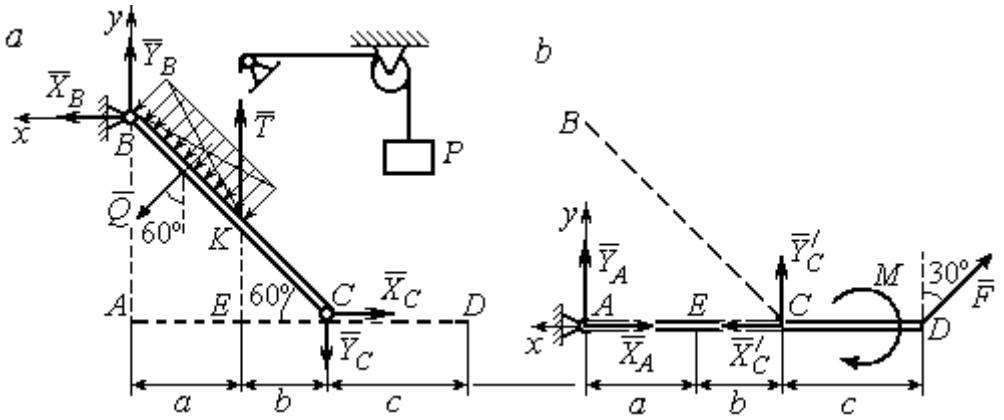


Рис. 1.34. Равновесие элементов конструкции кронштейна:
a - силы, действующие на балку *BC*; *b* - силы, действующие на балку *AD*

На рис. 1.34, *a* показаны реакции внешних и внутренних связей балки *BC* : реакция $\vec{R}_B$ шарнира *B*, реакция нити $\vec{T}$, равная по величине весу груза, $T = P$ и реакция $\vec{R}_C$ внутреннего шарнира *C*. Реакции шарниров *B* и *C* представлены в виде разложения на составляющие $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$ и $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$. Заменяем равномерную нагрузку равнодействующей силой $\vec{Q}$, приложенной в середине отрезка *BK* (см. рис. 1.34, *a*) и численно равной $Q = q \cdot BK = q \cdot \dfrac{a}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a$.

Система сил ($\vec{Q}$, $\vec{X}_B, \vec{Y}_B, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{T}$), действующая на балку *BC*, является произвольной плоской уравновешенной системой сил. Выберем оси координат

xBy, как показано на рис. 1.34, *a*, и составим уравнения равновесия. При этом моменты сил будем вычислять относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = X_B + Q\cos 30^\circ - X_C = 0; \tag{1.11}$$

$$\sum F_{ky} = Y_B - Q\cos 60^\circ + T - Y_C = 0; \tag{1.12}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = X_B \cdot AB - Y_B(a+b) - Tb + Q\left(CK + \frac{1}{2}BK\right) = 0, \tag{1.13}$$

где $AB = (a+b)\mathrm{tg}60^\circ$; $CK = 2b$; $\frac{1}{2}BK = a$.

Рассмотрим равновесие балки *AD* (рис. 1.34, *b*).

На балку действует сила $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_A$ шарнира *A* и реакция $\vec{R}'_C$ внутреннего шарнира *C*. Реакция $\vec{R}'_C$ равна по величине и противоположна по направлению реакции $\vec{R}_C$. На рис. 1.34, *b* реакция $\vec{R}_A$ представлена составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}'_C$ – составляющими $\vec{X}'_C$ и $\vec{Y}'_C$. При этом следует отметить: $\vec{X}'_C = -\vec{X}_C$; $\vec{Y}'_C = -\vec{Y}_C$.

Выберем оси координат *xAy* как показано на рис. 1.34, *b*, и составим уравнения равновесия балки *AD*, вычисляя моменты сил относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = -X_A + X'_C - F\cos 60^\circ = 0; \tag{1.14}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y'_C + F\cos 30^\circ = 0; \tag{1.15}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = -Y_A(a+b) + F\cos 30^\circ \cdot c - M = 0. \tag{1.16}$$

Решая совместно систему уравнений (1.11) – (1.16) с учётом исходных данных задачи и равенства модулей сил $X_C = X'_C$ и $Y_C = Y'_C$, находим:

$$X_A = 5{,}99 \text{ кН},\ Y_A = 5{,}99 \text{ кН},\ X_C = 10{,}99 \text{ кН},\ Y_C = -14{,}65 \text{ кН};$$

$$X_B = 0{,}6 \text{ кН},\ Y_B = -13{,}65 \text{ кН},$$

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 8{,}47 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 18{,}31 \text{ кН},$$

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = 13{,}65 \text{ кН}.$$

Задача 12. Вертикальная балка *AB* с горизонтальной перекладиной *LC* закреплена в точке *A* с помощью жесткой заделки (рис. 1.35). Наклонная балка *EC* с углом наклона к горизонту 60° точке *C* шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине *LC* балки *AB*, а в точке *E* опирается на каток установленный на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках *BL* и *DE* нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке *D* перпендикулярно балке *EC* и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил с моментом $M = 5$ кН·м. Определить реакцию жесткой заделки *A* и реакции шарниров *C* и *E*, если параметр *a*, определяющий размеры конструкции, равен $a = 2$ м.

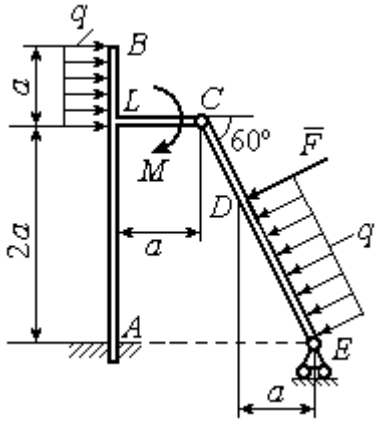


Рис. 1.35. Равновесие сочленённой конструкции

Решение

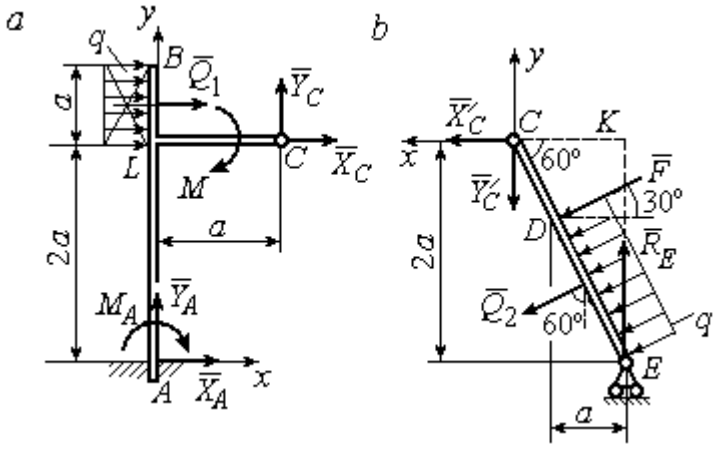


Рис. 1.36. Равновесие элементов конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку *AB*;
b - силы и реакции связей, действующие на балку *CE*

Разделим систему на две части по шарниру *C* и рассмотрим равновесие балок *ABC* и *EC* отдельно.

Рассмотрим балку *ABC* (рис. 1.36, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, численно равной $Q_1 = qa = 4$ кН. На балку действует сила $\vec{Q}_1$, пара сил с моментом *M* и реакции связей – жёсткой заделки в точке *A* и шарнира *C*.

На рис. 1.36, *a* изображена реакция жесткой заделки в точке *A* в виде силы, разложенной на составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, и пары с моментом M_{A}. Реакция $\vec{R}_C$ шарнира *C* показана разложением на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Y}_C$. Силы образуют произвольную плоскую систему.

Введём систему координат, как показано на рис. 1.36, *a,* и составим уравнения равновесия балки, выбрав центром вычисления моментов сил точку *A*.

Имеем систему

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0; \tag{1.17}$$

$$\sum M_A\left(\vec{F}_k\right) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0. \tag{1.18}$$

Рассмотрим теперь равновесие балки *EC* (рис. 1.36, *b*). Заменим распределённую нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED* и равной $Q_2 = \dfrac{qa}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a = 8$ кН. На балку действуют силы $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_E$ подвижной опоры – катка *E* и реакция $\vec{R}'_C$ шарнира *C*. На рис. 1.36, *b* реакция $\vec{R}'_C$ показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$. При этом силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю: $X_C = X'_C$; $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.36, *a*, *b*).

Действующие на балку *EC* силы образуют уравновешенную произвольную плоскую систему сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.36, *b,* и составим уравнения равновесия, вычисляя моменты сил относительно центра *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0, \tag{1.19}$$

$$\sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0, \tag{1.20}$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a\right) - Q_2 \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - a\right) + R_E \cdot 2a\,\text{tg}30^\circ = 0. \tag{1.21}$$

Подставим в совместную систему (1.17) – (1.21) исходные данные задачи и, воспользовавшись тем, что модули сил $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ равны, найдём:

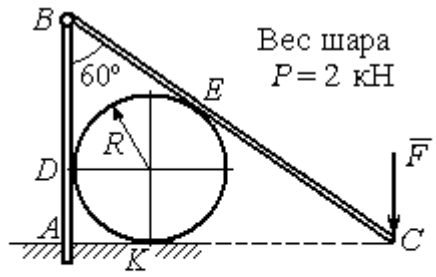
$$X_A = 11{,}59 \text{ кН}; \quad Y_A = -2{,}76 \text{ кН}; \quad M_A = 42{,}87 \text{ кН·м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН}; \quad Y_C = 2{,}76 \text{ кН}; \quad R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Полные величины сил реакции жесткой заделки и взаимного давления в шарнире C: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91$ кН; $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83$ кН.

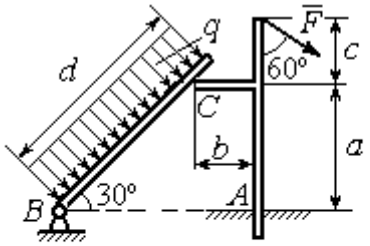
Упражнения

Упражнение 1.5



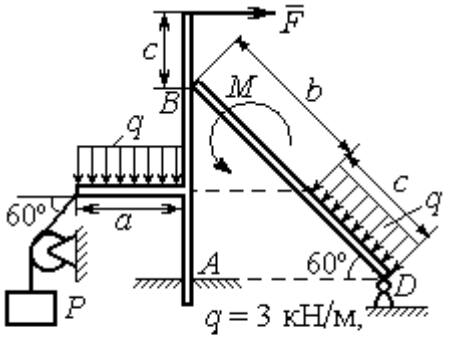
$R = 1$ м, $F = 8$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B, реакцию опоры шара в точках D, K, E

Упражнение 1.6



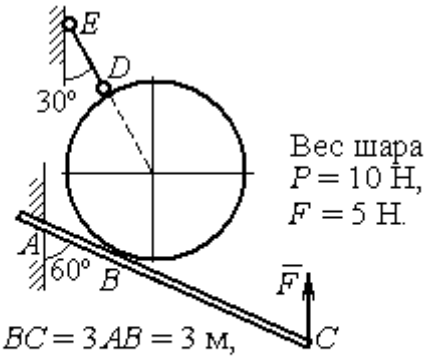
$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 1$ м, $d = 5$ м,
$q = 3$ кН/м, $F = 4$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Упражнение 1.7



$F = 4$ кН, $P = 3$ кН, $M = 2$ кН·м,
$a = 2$м, $b = 3$м, $c = 1$м
Найти реакцию заделки A, шарнира D и реакцию опоры B

Упражнение 1.8



$BC = 3AB = 3$ м,
Найти реакцию жесткой заделки A, реакцию стержня DE и реакцию опоры в точке B

Рис. 1.37. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.5 – 1.8

1.5. Произвольная пространственная система сил

Моментом силы относительно оси называют момент вектора проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью. На рис. 1.38 показано вычисление момента силы $\vec{F}$ относительно оси *z*:

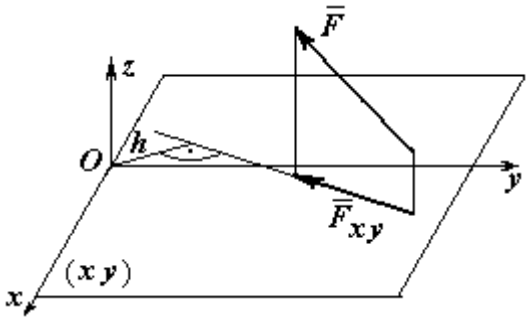


Рис. 1.38. Момент силы относительно оси

$$M_z(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_{xy}) = F_{xy}h,$$

где O – точка пересечения оси z с плоскостью xy, перпендикулярной оси z; $\vec{F}_{xy}$ – вектор проекции силы $\vec{F}$ на плоскость xy; h – плечо силы $\vec{F}_{xy}$ относительно центра O. Момент силы относительно оси считается положительным, если при взгляде с положительного направления оси он создаёт вращение против хода часовой стрелки.

Равновесие пространственной системы сил. Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат x, y, z были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum F_{kz} = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_y(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей, k = 1, 2, ...

Примеры решения задач на равновесие пространственных систем сил

Задача 13. Горизонтальный вал (рис. 1.39) закреплен в подпятнике *C* и подшипнике *K*. Вал имеет шкив *B* радиуса *R* и шкив *D* радиуса *r*.

Оба шкива перпендикулярны оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*.

Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива *D* по касательной в точке *L* параллельно плоскости *zCx*, так что радиус шкива *D*, проведённый в точку схода нити, составляет с вертикальным диаметром угол 30º.

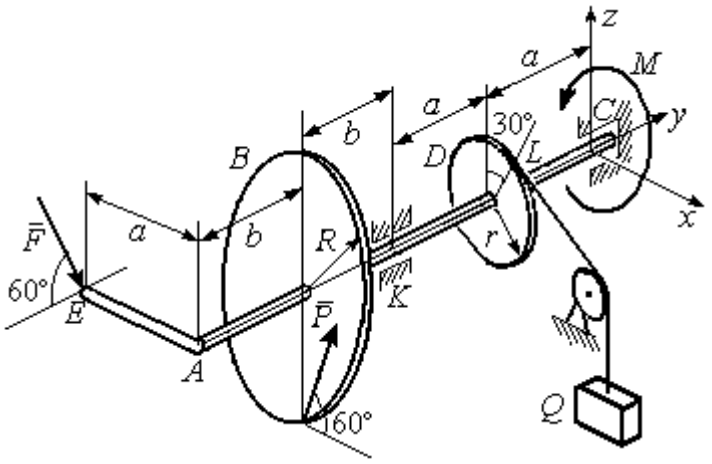


Рис. 1 39. Равновесие вала

На вал действуют силы: $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке шкива *B*, параллельна плоскости *zCx* и составляет угол 60° с направлением оси *Cx*. Определить вес удерживаемого груза Q и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН; $F = 2$ кН; $M = 3$ кН·м; $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м.

Решение

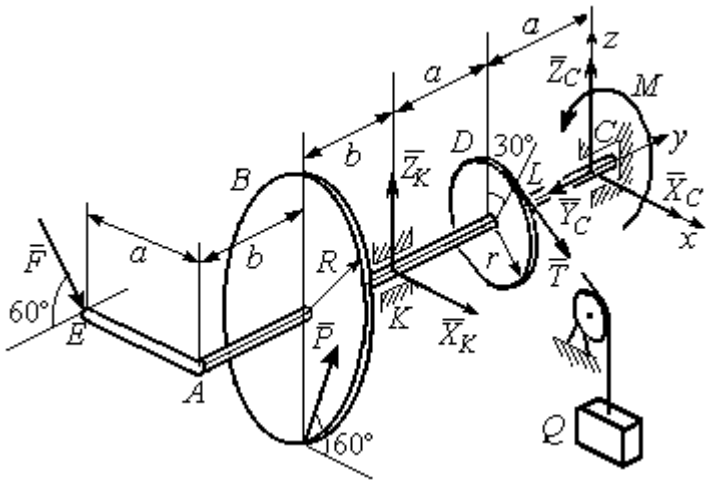


Рис. 1.40. Активные силы и реакции связей, действующие на вал, при его равновесии

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_C$ подпятника *C* раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей (рис. 1.40). Реакция $\vec{R}_K$ подшипника *K* лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора

$\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *L* и по модулю равна весу груза *Q*.

Активные силы и реакции связей составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил. При составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.41).

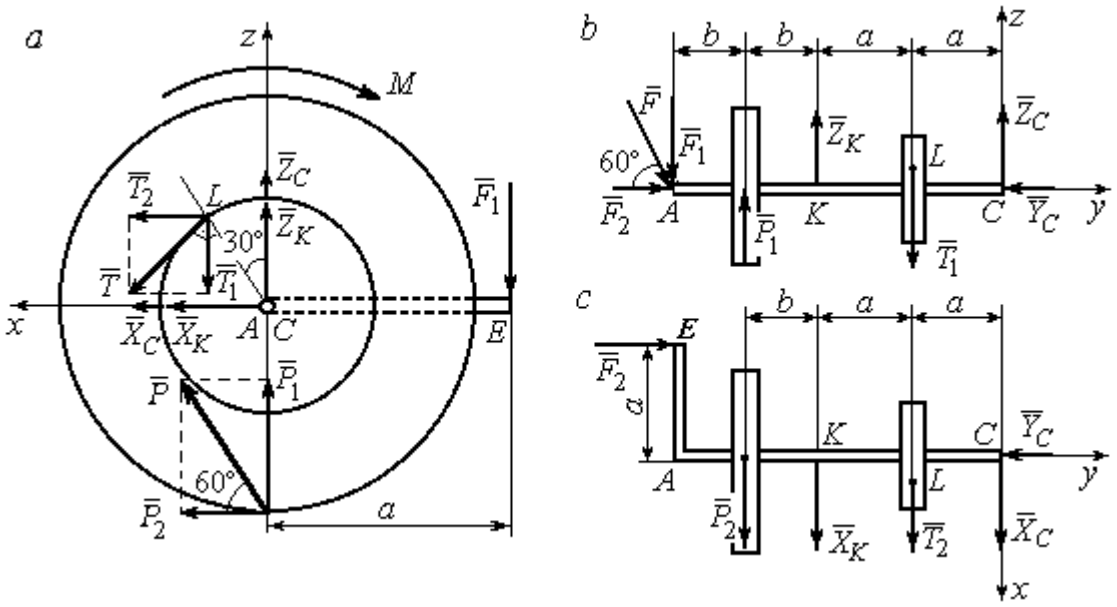


Рис. 1.41. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*

На рис. 1.41, *a* показаны проекции вала и всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций сил относительно точки *C*, получим значения моментов этих сил относительно оси *y*. При вычислении моментов сил относительно оси *x* достаточно вычислить моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (рис. 1.41, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси *z* (рис. 1.41, *c*).

Величины проекций сил определяются равенствами: $P_1 = P\cos 30^\circ$;

$P_2 = P\cos 60^\circ$; $T_1 = T\cos 60^\circ$; $T_2 = T\cos 30^\circ$; $F_1 = F\cos 30^\circ$; $F_2 = F\cos 60^\circ$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P\cos 60^\circ + X_K + T\cos 30^\circ + X_C = 0;\ \sum F_{ky} = F\cos 60^\circ - Y_C = 0;$$

$$\sum F_{kz} = P\cos 30^\circ + Z_K - T\cos 60^\circ + Z_C - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T\cos 60^\circ \cdot a - Z_K \cdot 2a - P\cos 30^\circ \cdot (2a + b) +$$

$$+ F\cos 30^\circ \cdot (2a + 2b) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F\cos 30^\circ \cdot a - P\cos 60^\circ \cdot R + T \cdot r - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = T\cos 30^\circ \cdot a + X_K \cdot 2a + P\cos 60^\circ \cdot (2a + b) - F\cos 60^\circ \cdot a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему шести уравнений с шестью неизвестными, решая которую, найдём:

$$X_C = -8{,}09 \text{ кН},\ Y_C = 1 \text{ кН},\ Z_C = 4{,}65 \text{ кН},\ Z_K = 2{,}92 \text{ кН};$$

$$X_K = -10{,}02 \text{ кН},\ T = 18{,}6 \text{ кН}.$$

Реакции подпятника и подшипника:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 9{,}4 \text{ кН},\ R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 10{,}44 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза Q равен реакции нити T.

Задача 14. Однородная прямоугольная плита (рис. 1.42) веса 25 кН прикреплена к полу при помощи шарового шарнира A, подшипника B и удерживается в вертикальном положении стержнем CO, лежащим в плоскости, перпендикулярной плоскости плиты так, что $\angle COB = 60^\circ$. В плоскости плиты на неё действуют пара сил с моментом $M = 6$ кН·м, сила $\vec{F}_1$, равная $F_1 = 10$ кН, приложенная на верхней стороне плиты в точке H под углом 30° к линии EC, и сила $\vec{F}_2$, равная $F_2 = 5$ кН, приложенная в точке D параллельно стороне AB. В точке E к плите прикреплён трос, на другом конце которого, перекинутым через блок K, подвешен груз весом $Q = 20$ кН. Отрезок троса EK перпендикулярен плоскости плиты.

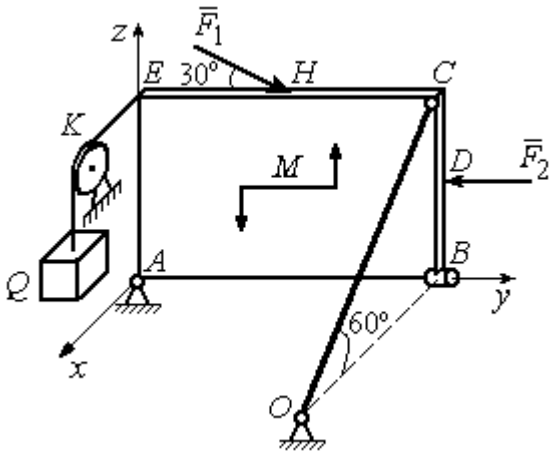


Рис. 1.42. Равновесие плиты

Определить реакции шарнира *A*, подшипника *B* и реакцию стержня *CO*, если ширина плиты *AB* = 3 м; высота *AE* = 2 м; *EH* = *HC*, *CD* = *DB*.

Решение

Рассмотрим равновесие плиты *ABCE*. На плиту действуют активные силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести плиты $\vec{P}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются пространственный шарнир *A*, нить, натянутая грузом *Q*, подшипник *B* и невесомый стержень *CO*.

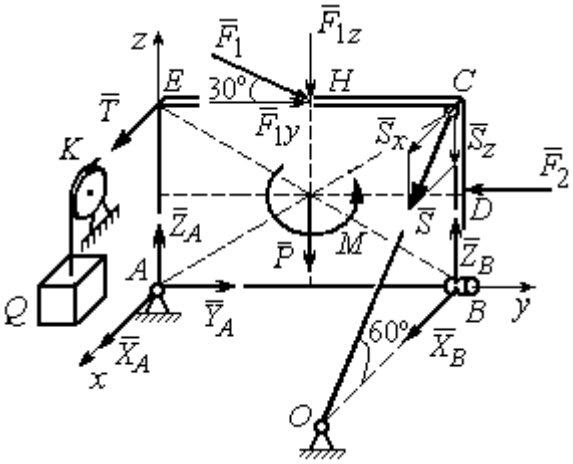


Рис. 1.43. Силы, действующие на плиту, при её равновесии

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.43. Освобождаем плиту от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_A$ шарнира *A* раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити параллельно оси *Ax* и равна весу груза $T = Q$, реакция $\vec{R}_B$ подшипника *B* расположена в плоскости, перпендикулярной оси *Ay*, и представлена в виде двух своих составляющих $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$, реакция $\vec{S}$ невесомого стержня *CO* направлена вдоль стержня. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.43.

Силы, действующие на плиту, и реакции связей составляют пространственную уравновешенную систему сил. Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A + T + X_B + S\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F_2 + F_1\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A - F_1\cos 60^\circ - P + Z_B - S\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = -F_1\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - F_1\cos 30^\circ \cdot AE - P \cdot 0{,}5 \cdot AB +$$

$$+ F_2 \cdot BD + Z_B \cdot AB - S\cos 30^\circ \cdot AB + M = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = T \cdot AE + S\cos 60^\circ \cdot CB = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + S\cos 60^\circ \cdot EC = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему уравнений, решая которую, найдём значения реакций: $S = -40$ кН; $X_B = -20$ кН; $Z_B = -17{,}53$ кН; $X_A = 20$ кН; $Y_A = -3, 66$ кН; $Z_A = 12{,}89$ кН.

Задача 15. Прямоугольная фрамуга *ACEB* весом $P = 50$ Н, закрепленная в точках *A* и *B* цилиндрическими шарнирами, открыта на угол 60º (рис. 1.44). На фрамуге в точке *H* закреплена верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомый блок *K*, несёт груз *Q*. При этом линия верёвки *HK* параллельна прямой *ED*. На фрамугу действует сила $\vec{F}$, приложенная в верхнем углу в точке *C* перпендикулярно плоскости фрамуги и равная по величине $F = 15$ Н.

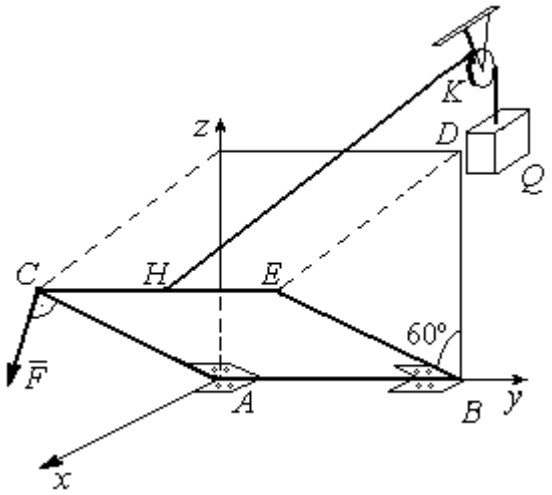


Рис. 1.44. Равновесие фрамуги

Определить вес груза *Q*, необходимый для удержания фрамуги в равновесии и реакции цилиндрических шарниров *A* и *B*, если размеры фрамуги $BE = BD = 2$ м; $AB = 3$ м; $CH = HE$.

Решение

Рассмотрим равновесие фрамуги *ABCE*. Изображаем внешние активные силы: силу $\vec{F}$, силу тяжести фрамуги $\vec{P}$, а также реакции связей. Связями являются два цилиндрических шарнира *A* и *B* (связь, аналогичная подшипнику) и нить, натянутая грузом Q. Выберем систему координат *Axyz*, как показано на рис. 1.45. Освобождаем фрамугу от связей, заменяя их действие реакциями. Реакции $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ шарниров *A* и *B* раскладываем на взаимно перпендикулярные составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Z}_A$ и $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$ в плоскостях, перпендикулярных оси вращения фрамуги (ось *Ay*), реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и равна весу груза $T = Q$. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.45.

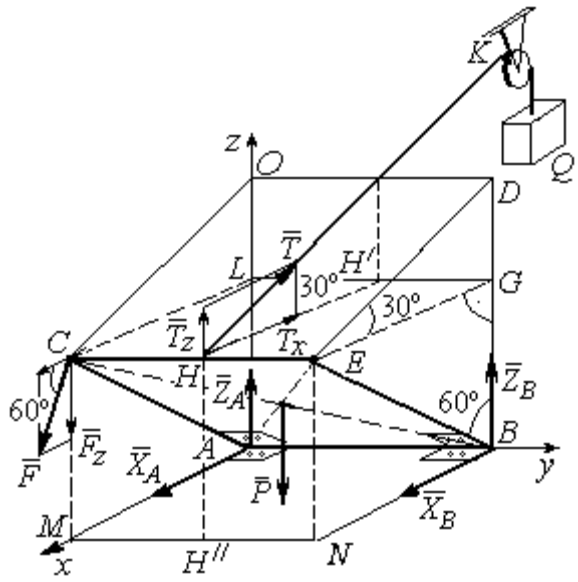


Рис. 1.45. Активные силы и реакции при равновесии фрамуги

Силы, действующие на фрамугу, составляют уравновешенную пространственную систему сил.

Составим уравнения равновесия. При этом для удобства вычисления моментов сил относительно осей изобразим плоскости, перпендикулярные этим осям, с проекциями на них сил, действующих на фрамугу (рис. 1.46). Тогда моменты сил, действующих на фрамугу, например, относительно оси *Ax* определяются как моменты векторов проекций этих сил на плоскость *zAy* относительно точки *A* – пересечения оси *Ax* и перпендикулярной ей плоскости *zAy* (см. рис. 1.46, *a*). Аналогично при вычислении моментов сил относительно оси *Az* достаточно вычислить моменты векторов проекций сил на плоскость *xAy* относительно точки *A* (см. рис. 1.46, *b*).

Значения моментов сил относительно оси *Ay* получим, вычисляя моменты векторов проекций сил на плоскость *zAx* относительно точки *A* (см. рис. 1.46, *c*).

Уравнения равновесия фрамуги имеют вид:

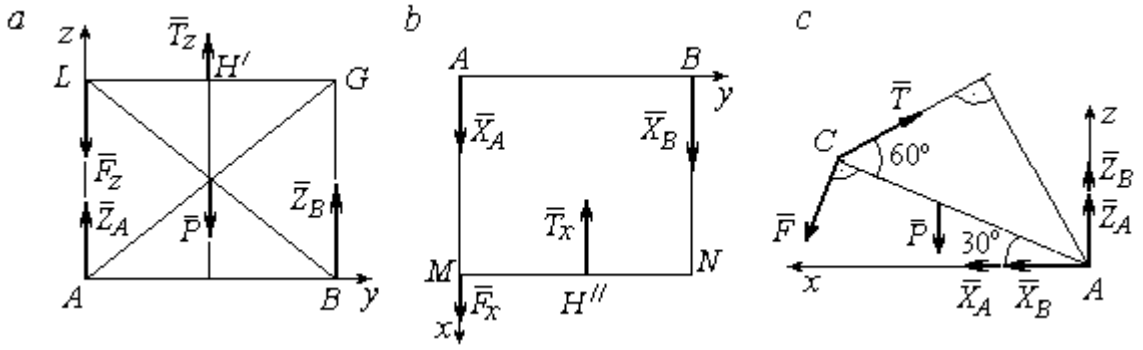


Рис. 1.46. Фрамуга и действующие на неё силы в проекциях на координатные плоскости:
a – проекция на плоскость *zAy* со стороны положительного направления оси *x*; *b* – проекция на плоскость *xAy* со стороны положительного направления оси *z*; *c* – проекция на плоскость *zAx* со стороны положительного направления оси *y*

$$X_A + X_B + F\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A + Z_B - P - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T_z \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = =$$

$$T\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = P \cdot 0{,}5 \cdot AC\cos 30^\circ + F \cdot AC - T \cdot AC\sin 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + T_x \cdot 0{,}5 \cdot AB = -X_B \cdot AB + T\cos 30^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB = 0.$$

Подставляя исходные данные из условия задачи и решая систему, найдём реакции шарниров фрамуги:

$$X_B = 18{,}22 \text{ Н},\ Z_B = 14{,}41 \text{ Н},\ R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 23{,}31 \text{ Н};$$

$$X_A = 10{,}83 \text{ Н},\ Z_A = 27{,}41 \text{ Н},\ R_A = \sqrt{X_A^2 + Z_A^2} = 29{,}47 \text{ Н}.$$

Вес груза, удерживающий фрамугу в равновесии, численно равен реакции верёвки: $Q = T = 42{,}37$ Н.

Задача 16. Горизонтальный коленчатый вал *AD* (рис. 1.47) закреплен в подпятнике *A* и подшипнике *C*. Вал имеет шкив радиуса r и рукоять *DH*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *DH* образует угол 30º к направлению оси *Ax*. Колено вала расположено в горизонтальной плоскости *xAy*. Нить, удерживающая груз *Q*, намотана на шкив и сходит с него вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}, \vec{P}, \vec{G}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ приложена в верхней точке вертикального диаметра шкива под углом 30° к направлению оси *Ay* и находится в плоскости *zAy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке *H* рукояти параллельно оси *Az*. Сила $\vec{G}$ приложена в крайней точке *K* стойки колена вала под углом 60º к стойке и находится в плоскости, перпендикулярной оси вала. Пара сил с моментом *M* создаёт вращение вала вокруг оси *Ay*.

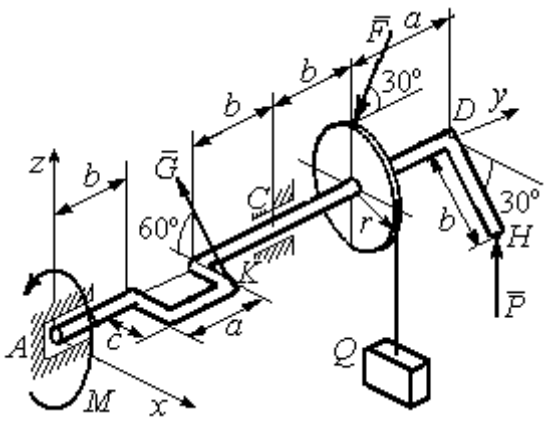


Рис. 1.47. Равновесие вала

Определить вес удерживаемого груза Q и реакции подшипника и подпятника, если: P = 10 кН; F = 12 кН; G = 6 кН; M = 3 кН·м; r = 0,3 м; a = 0,8 м; b = 0,4 м; c = 0,2 м.

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы – $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник *A* и подшипник *C*.

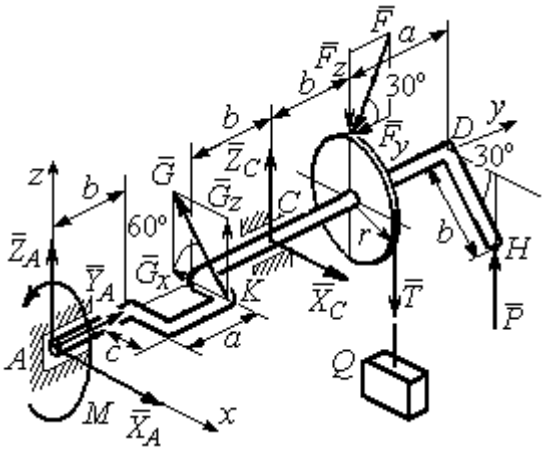


Рис. 1.48. Силы и реакции, действующие на вал при равновесии

Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями.

Реакцию подпятника A раскладываем на три составляю-щие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника C лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и также может быть разложена на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей Ax, Az. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и по модулю равна весу груза, $T = Q$. Действие на вал активных сил и реакций связи показано на рис. 1.48.

Указанные силы составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил.

Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - G\cos 60^\circ + X_C = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A + G\cos 30^\circ + Z_C - F\cos 60^\circ - T + P = 0.$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = G_z(b+a) + Z_C(b+a+b) - F_z(b+a+b+b) + F_y r -$$

$$-T(b+a+b+b) + P(b+a+b+b+a) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -G_z c + Tr - Pb\cos 30^\circ - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = G_x(b+a) - X_C(b+a+b) = 0,$$

где значения проекций сил на оси $G_z = G\cos 30^\circ$; $G_x = G\cos 60^\circ$; $F_z = F\cos 60^\circ$; $F_y = F\cos 30^\circ$.

Подставляя исходные данные и решая систему, получим значения реакций:

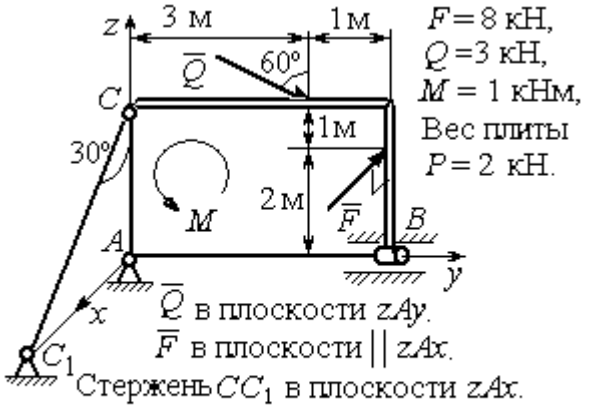
$$X_C = 2{,}25 \text{ кН};\ Z_C = 13{,}57 \text{ кН};\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Z_C^2} = 15{,}58 \text{ кН};$$

$$Z_A = 0{,}39 \text{ кН};\ Y_A = 10{,}39 \text{ кН};\ X_A = 0{,}75 \text{ кН};\ R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 10{,}42 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза равен реакции нити $Q = T = 25{,}03$ кН.

Упражнения

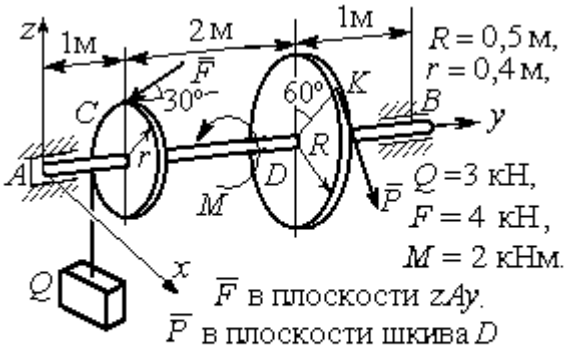
Упражнение 1.9



$F = 8$ кН,
$Q = 3$ кН,
$M = 1$ кНм,
Вес плиты
$P = 2$ кН.

$\overline{Q}$ в плоскости zAy.
$\overline{F}$ в плоскости $\| zAx$.
Стержень CC_1 в плоскости zAx.
Найти реакцию шарнира A, реакцию подшипника B и реакцию стержня CC_1

Упражнение 1.10



$R = 0{,}5$ м,
$r = 0{,}4$ м,
$Q = 3$ кН,
$F = 4$ кН,
$M = 2$ кНм.

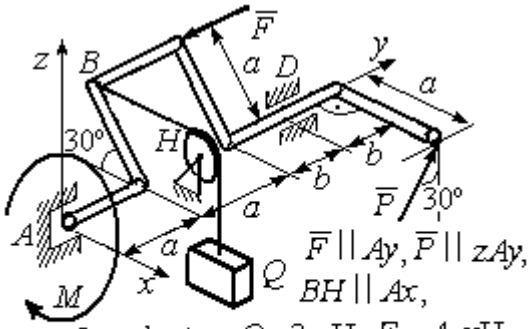
$\overline{F}$ в плоскости zAy.
$\overline{P}$ в плоскости шкива D
и направлена по касательной в точке K.
Найти реакцию подпятника A, подшипника B и уравновешивающую силу P

Упражнение 1.11



$\overline{P}$ направлена по касат. к шкиву в точке K.
$\overline{F}$ в плос-ти zAy.
Нить сходит со шкива $\|$ оси Ay.
$a = 1$ м, $b = 2$ м,
$R = 0{,}5$ м, $r = 0{,}4$ м,
$Q = 3$ кН, $F = 4$ кН,
$M = 2$ кНм.
Найти реакцию Q подпятника A, подшипника B и уравновешивающую силу P

Упражнение 1.12



$\overline{F} \| Ay$, $\overline{P} \| zAy$,
$BH \| Ax$,
$a = 2$м, $b = 1$м, $Q = 3$ кН, $F = 4$ кН,
$M = 2$ кНм. Найти реакцию подпятника A, подшипника D и уравновешивающую силу P

Рис. 1.49. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.9 – 1.12

1.6. Равновесие тел при наличии сил трения

Трение скольжения. При наличии трения скольжения полная реакция $\vec{R}$ шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ опоры и силу $\vec{F}_{\text{тр с}}$ трения скольжения, направленную по касательной к поверхности в точке опоры.

В покое сила трения скольжения может принимать любые значения от нуля до некоторого предельного значения $F_{\text{тр с}}$, называемого **предельной силой трения скольжения** (рис. 1.50).

Наибольший угол φ_0, который полная реакция шероховатой поверхности образует с нормалью к поверхности, называется **предельным углом трения**. Предельная сила трения численно равна произведению коэффициента трения на величину нормальной реакции опоры тела на поверхность: $F_{\text{тр с}} = f \cdot N$, где f – безразмерный коэффициент трения, определяемый экспериментально.

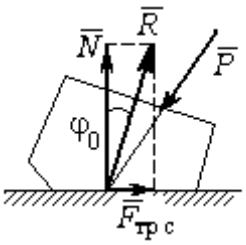


Рис. 1.50. Реакция опоры с трением скольжения

Изучение равновесия тел с учетом сил трения сводится к рассмотрению предельного равновесия, когда сила трения принимает предельное значение.

Трением качения называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по шероховатой поверхности другого. Реакция шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$, направленную по касательной к поверхности качения. При этом за счёт небольшого вдавливания в поверхность качения нормальная реакция опоры $\vec{N}$ смещена в сторону от линии действия силы тяжести $\vec{P}$ так, что вместе с ней образует пару, противодействующую качению (рис. 1.51). В предельном положении равновесия тела смещение нормальной реакции опоры максимально.

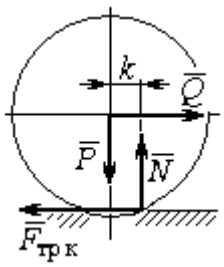


Рис. 1.51. Реакция опоры с трением качения

Величина максимального смещения k называется **коэффициентом трения качения**, измеряемого в единицах длины. Момент, создаваемый парой $(\vec{N}, \vec{P})$, называется **моментом трения качения** $M_{\text{тр к}} = kN$. Максимальная сила трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$ определяется из условия, что в предельном

положении равновесия момент трения качения равен моменту качения, создаваемого парой ($\vec{F}_{\text{тр к}}, \vec{Q}$) (рис. 1.51).

Если максимальная сила трения качения меньше предельной силы трения скольжения, движение представляет качение без скольжения.

Примеры решения задач на равновесие тел с трением

Задача 17. Груз Q весом 50 Н удерживается нитью на шероховатой наклонной плоскости (рис.1.52). Один конец нити закреплен на грузе Q, а к другому, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом P. Отрезок нити AB горизонтальный. Угол наклона плоскости составляет 30º к горизонту. Определить максимальное и минимальное значения веса груза P, при которых груз Q может начать скольжение по плоскости без опрокидывания, если коэффициент трения скольжения между грузом Q и наклонной плоскостью $f = 0{,}4$.

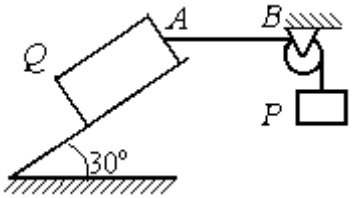


Рис.1.52. Равновесие груза на наклонной плоскости с трением

Решение

Рассмотрим равновесие груза Q при минимальном значении веса груза P. На груз действуют сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр1}}$ (рис. 1.53, *а*). Особенностью задач на равновесие призм является то, что точка приложения нормальной реакции не определена. В случае необходимости она находится из уравнений равновесия.

Определим направление силы трения. Если вес уравновешивающего груза P имеет минимальное значение $P_{\min}$, то при его дальнейшем уменьшении груз Q начнёт двигаться вниз по наклонной плоскости. Таким образом, предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}1}$, обеспечивающая равновесие при минимальном значении веса груза P, направлена вверх по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *a*).

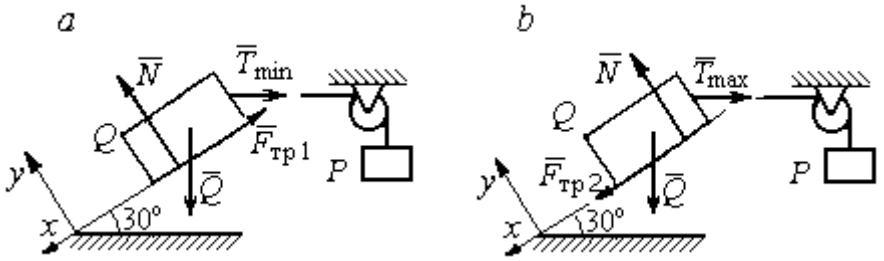


Рис. 1.53. Силы, действующие на груз при равновесии:
a – минимальный вес уравновешивающего груза;
b – максимальный вес уравновешивающего груза

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.53, и составим уравнения равновесия в виде проекций сил:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\min}\cos 30^\circ - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\min}\cos 60^\circ = 0.$$

Полагая в первом уравнении $F_{\text{тр}1} = fN$, решаем систему и находим реакцию нити $T_{\min} = 7{,}21$ Н. Минимальное значение веса уравновешивающего груза равно реакции нити: $P_{\min} = T_{\min} = 7{,}21$ Н.

Рассмотрим равновесие груза Q при максимальном $P_{\max}$ значении веса груза P. На груз действует сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\max}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая, как и в первом случае, из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$ (см. рис. 1.53, *b*).

При определении направления силы трения заметим, что увеличение веса груза P больше максимального вызывает движение груза Q вверх по наклонной

плоскости. Тогда предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$, действующая против возможного движения, должна быть направлена вниз по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *b*). Уравнения равновесия груза *Q*:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\max}\cos 30^\circ + F_{\text{тр}2} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\max}\cos 60^\circ = 0.$$

Решаем систему, подставляя вместо силы трения её значение $F_{\text{тр}2} = fN$, и находим максимальное значение веса груза *P*: $P_{\max} = T_{\max} = 63{,}54$ Н.

Таким образом, груз *Q* будет находиться в равновесии на наклонной плоскости, если вес уравновешивающего груза находится в пределах $8{,}87 < P < 48{,}87$ Н.

Задача 18. Цилиндрический каток радиуса r = 0,5 м, весом P = 50 Н удерживается в равновесии на наклонной плоскости нитью, один конец которой закреплён в центре катка, а другой перекинут через блок и несёт груз весом *Q* (рис. 1.54). Коэффициент трения качения катка $f_{\text{к}}$ = 0,02 м. Наклонная плоскость составляет угол 30º с горизонтом.

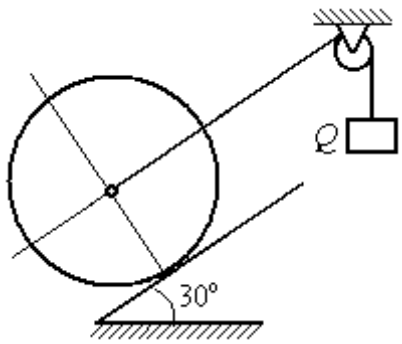


Рис. 1.54. Равновесие катка

Определить наименьшую и наибольшую величину веса *Q*, при которых каток будет в равновесии. Найти наименьшее значение коэффициента трения скольжения $f_{\text{с}}$, при котором в случае движения каток будет катиться без скольжения.

Решение

Рассмотрим равновесие катка при минимальном значении веса груза Q. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, реакции нити $\vec{Q}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости $\vec{R}$, имеющая своими составляющими нормальную реакцию поверхности $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр1к}}$ (рис. 1.55, *a*).

Минимальный вес груза $Q_{\min}$ удерживает каток от качения вниз по наклонной плоскости. В этом случае составляющие реакции шероховатой поверхности наклонной плоскости приложены в точке K_1, слева от нормального к плоскости диаметра катка (см. рис. 1.55, *a*). Выбор точки приложения реакции шероховатой поверхности основан на том, что пара ($\vec{N}$, $\vec{P}_y$) должна создавать момент трения качения, противодействующий предполагаемому движению.

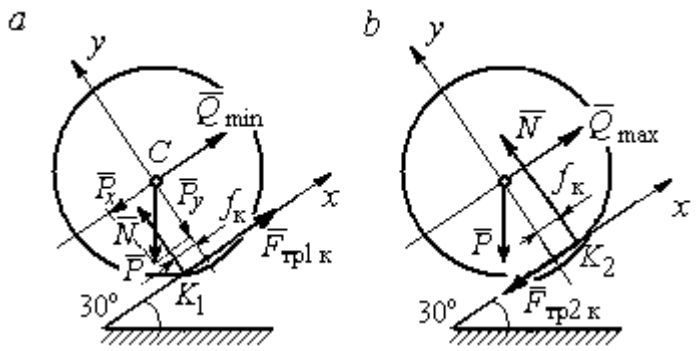


Рис. 1.55. Силы, действующие на каток, при равновесии:
a – минимальный вес груза; *b* – максимальный вес груза

На каток действует плоская уравновешенная система сил ($\vec{Q}_{\min}$, $\vec{F}_{\text{тр1 к}}$, $\vec{N}$, $\vec{P}$) ∞ 0. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *a*, и составим уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки K_1:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\min} + F_{\text{тр1к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_1}(\vec{F}_k) = P\cos 60^\circ \cdot r - Q_{\min} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Подставляем данные задачи и находим минимальное значение веса груза, при котором каток находится в равновесии $Q_{\min}$ = 7,68 Н, величину нормальной реакции наклонной плоскости N = 43,3 Н и значение силы трения качения, удерживающей каток в равновесии, $F_{\text{тр1к}}$ = 17,32 Н.

Рассмотрим равновесие катка при максимальном значении веса груза $Q_{\max}$. Здесь нарушение предельного равновесия при увеличении веса груза Q вызывает движение катка вверх по наклонной плоскости. В таком случае точка

приложения реакции опоры шероховатой поверхности (точка K_2) расположена справа от нормального к плоскости качения диаметра катка (рис. 1.55, *b*).

На каток действует плоская уравновешенная система сил ($\vec{Q}_{\max}$, $\vec{F}_{\text{тр2 к}}$, $\vec{N}$, $\vec{P}$) ∞ 0. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *b*. Уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки K_2 имеют вид:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\max} - F_{\text{тр2к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_2}(\vec{F}_k) = -P\cos 60^\circ \cdot r + Q_{\max} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Решая систему, получим: $Q_{\max} = 42{,}32$ Н; $N = 43{,}3$ Н; $F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н.

Таким образом, на шероховатой поверхности каток находится в равновесии, если вес уравновешивающего груза выбран в пределах $7{,}68 \le Q \le 42{,}32$ Н.

При любом движении (вверх или вниз) качение катка будет без скольжения, если предельная сила трения скольжения $F_{\text{тр с}}$ больше аналогичной силы трения качения: $F_{\text{тр с}} > F_{\text{тр к}}$. Величина силы трения скольжения не зависит от направления движения: $F_{\text{тр с}} = f_{\text{с}} N = 43{,}3 f_{\text{с}}$, где $f_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения. Величина силы трения качения также не зависит от направления движения: $F_{\text{тр к}} = F_{\text{тр1к}} = F_{\text{тр2к}} = 17{,}32$ Н. Таким образом, для определения требуемого коэффициента скольжения имеет место неравенство $43{,}3 f > 17{,}32$, откуда $f > 0{,}4$.

Задача 19. Для подъёма и опускания грузов в выработках используется ступенчатый ворот с тормозом, изображённый на рис. 1.56. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота R = 0,5 м и r = 0,2 м. Ворот тормозят, надавливая на конец A рычага AB, соединённого цепью CD с концом D тормозного рычага ED с расположенной на нём тормозной колодкой. Коэффициент трения между тормозной колодкой и барабаном ворота f = 0,4. На малой ступеньке барабана ворота навита верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомые неподвижный блок m и подвижный блок n, удерживает груз Q весом 1 кН (см. рис. 1.56). Угол наклона к горизонту участка верёвки, соединяющей барабан с неподвижным блоком m, составляет 30°.

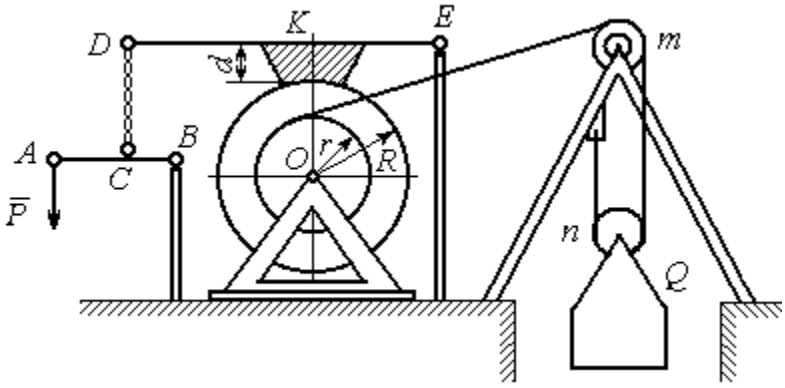


Рис. 1.56. Ворот с колодочным тормозом

Определить величину силы $\vec{P}$, уравновешивающей груз Q, и реакции шарниров O и E, если вес ворота G = 140 Н, высота тормозной колодки d = 0,1 м, расстояния AB = 1 м, BC = 0,1 м; ED = 1,2 м; EK = 0,6 м.

Решение

Рассмотрим отдельно равновесие барабана ворота, тормозного рычага DE и рычага AB (рис. 1.57).

Для того; чтобы определить силу натяжения верёвки, прикреплённой к барабану, рассмотрим равновесие груза вместе с подвижным блоком n (см. рис. 1.57, *а*). На объект равновесия действует сила тяжести груза $\vec{Q}$ и реакции $\vec{T}'$ и $\vec{T}''$ двух ветвей верёвки, огибающей снизу блок n.

Уравнения равновесия такой системы сил:

$$T' + T'' - Q = 0; \qquad T''r_{\text{бл}} = T'r_{\text{бл}},$$

где моменты сил вычислены относительно центра блока; $r_{бл}$ – радиус блока *n*. Решая систему уравнений, получим: $T' = T'' = 0{,}5Q = 500$ Н.

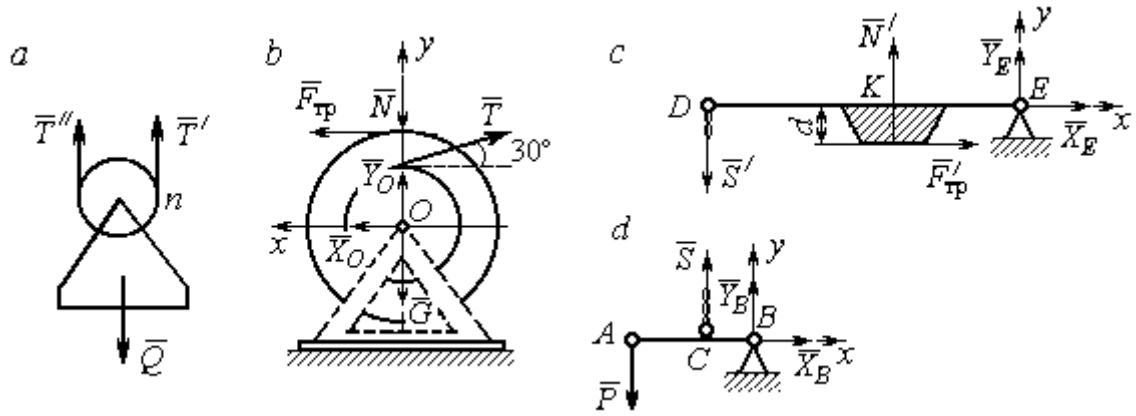


Рис. 1.57. Равновесие элементов конструкции ворота:
a – равновесие груза; *b* – силы, действующие на барабан; *c* – силы, действующие на тормозной рычаг *DE*; *d* – силы, действующие на рычаг *AB*

Рассмотрим равновесие барабана. На барабан действуют: сила веса барабана $\vec{G}$, сила давления $\vec{N}$ со стороны рычага, направленная по радиусу барабана, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, действующая по касательной к барабану в сторону, противоположную движению барабана при опускании груза, реакция $\vec{R}_O$ шарнира *O*, представленная двумя составляющими $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, и реакция верёвки $\vec{T}$, численно равная модулю силы $\vec{T}'$ (см. рис. 1.57, *b*).

Силы, действующие на барабан, составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{G}$, $\vec{X}_O, \vec{Y}_O, \vec{T}, \vec{N}$, $\vec{F}_{\text{тр}}$) ~ 0. Составим уравнение моментов относительно точки *O*:

$$-Tr + F_{\text{тр}}R = 0,$$ откуда с учётом $T = T'$ $F_{\text{тр}} = 200$ Н.

Величина силы $\vec{N}$ давления рычага на барабан находится из вида зависимости силы трения $F_{\text{тр}} = fN$, тогда $N = \dfrac{F_{\text{тр}}}{f} = 500$ Н.

Составим уравнения равновесия барабана в виде проекций сил на оси, выбранные, как показано на рис. 1.57, *b*:

$$\sum F_{kx} = X_O + F_{\text{тр}} - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_O + T\cos 60^\circ - N - G = 0.$$

Решая систему, найдём реакцию шарнира *O*:

$$X_O = 233 \text{ Н};\ Y_O = 390 \text{ Н};\ R_O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2} = 454{,}3 \text{ Н}.$$

Рассмотрим теперь равновесие тормозного рычага *DE* (см. рис. 1.57, *c*).

На рычаг действуют сила $\vec{N}'$ давления со стороны барабана и сила трения $\vec{F}'_{\text{тр}}$, приложенные в точке касания тормозной колодки с барабаном, равные по величине и противоположные по направлению, соответственно, силам $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$. Кроме того, в точке *D* на рычаг действует сила $\vec{S}'$, под действием которой рычаг прижимается к барабану, и реакция шарнира *E*, разложенная на составляющие $\vec{X}_E$, $\vec{Y}_E$ вдоль осей *x*, *y*. Уравнения равновесия рычага имеют вид:

$$\sum F_{kx} = X_E + F'_{\text{тр}} = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_E + N' - S' = 0;$$

$$\sum M_E(\vec{F}_k) = S' \cdot DE - N' \cdot EK + F'_{\text{тр}} d = 0.$$

Подставляя в систему данные из условия задачи, с учётом найденных значений $F'_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = 200$ Н, $N' = N = 500$ Н, определим усилие S', с которым тормозной рычаг прижимается к барабану, и реакцию шарнира *E*:

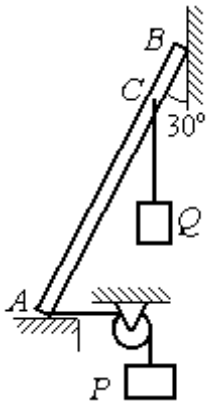
$$S' = 233{,}33 \text{ Н};\ X_E = -200 \text{ Н};\ Y_E = -266{,}67 \text{ Н};\ R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = 333{,}34 \text{ Н}.$$

Силу $\vec{P}$, необходимую для уравновешивания груза *Q*, найдём рассматривая равновесие рычага *AB* (см. рис. 1.57, *d*) . На рычаг действуют сила $\vec{P}$, реакция цепи $\vec{S}$ и реакция шарнира *B*, показанная на рис. 1.57, *d* составляющими $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$.

Составим уравнение равновесия рычага в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно точки *B*: $P \cdot AB - S \cdot CB = 0$. С учётом того, что модули сил $\vec{S}$ и $\vec{S}'$ равны, найдем $P = 23{,}3$ Н.

Упражнения

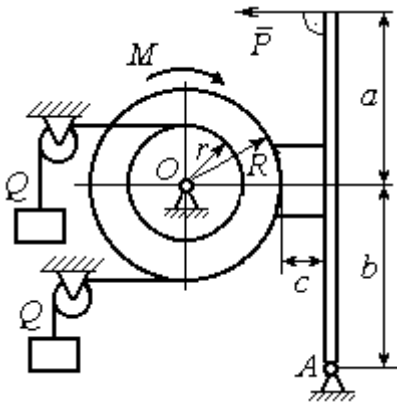
Упражнение 1.13



Невесомый стержень AB опирается в точках A и B на шероховатые поверхности – горизонтальный пол и вертикальную стену. Коэффициент трения между стержнем и полом и между стержнем и стеной $f = 0{,}2$. Угол наклона стержня к вертикальной стене 30°. В точке C к стержню подвешен груз Q. Стержень удерживается в равновесии горизонтальной нитью, прикреплённой в точке A и перекинутой через блок. К другому концу нити подвешен груз P. В каких границах можно изменять вес груза P, не нарушая равновесия стержня?

$AB = 3$ м, $AC = 2$ м, $Q = 200$ Н.

Упражнение 1.14



Шкив O состоит из двух барабанов радиусов R и r. На барабаны навиты верёвки, натянутые одинаковыми грузами Q. К шкиву приложена пара сил с моментом M. Шкив затормаживается с помощью рычажного тормоза. Коэффициент трения между тормозной колодкой и шкивом $f = 0{,}4$. Определить силу $\vec{P}$, приложенную к рычагу тормозной колодки и уравновешивающую шкив. Найти реакцию шарнира A.

$a = b = 1$ м; $c = 0{,}1$ м; $Q = 100$ Н; $M = 120$ Н·м;
$R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}2$ м.

Рис. 1.58. Задания для самостоятельного решения. Упражнения № 1.13, 1.14

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

2.1. Криволинейное движение точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Координатный способ задания движения точки основан на том, что положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени (рис. 2.1): $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

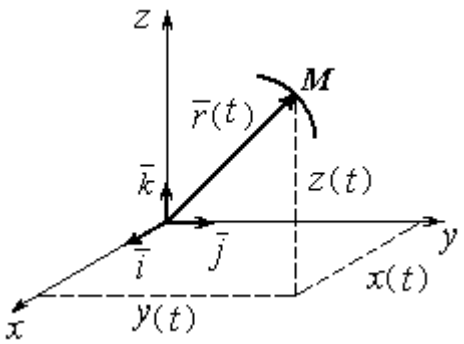


Рис. 2.1. Векторный и координатный способы задания движения точки

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиус-вектора точки: $\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. **Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.** Величины V_x, V_y, V_z проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$; $V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$; $V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$.

Мгновенное ускорение точки**,** или ускорение в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$. Величины a_x, a_y, a_z проекций вектора ускорения на координатные оси определяются равенствами: $a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \ddot{x}$;

$a_y = \dfrac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \ddot{y}$; $a_z = \dfrac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

Естественный способ задания движения используется, если траектория движения точки заранее известна. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета (рис. 2.2). При этом заранее устанавливаются положительное и отрицательное направления отсчета дуговой координаты.

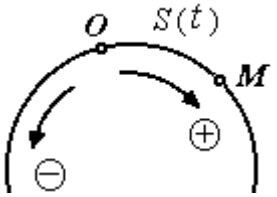


Рис. 2.2. Естественный способ задания движения точки

При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau} = V_\tau \vec{\tau}$, где S – дуговая координата; $\vec{\tau}$ – единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону положительного направления дуговой координаты. Величина $V_\tau = \dot{S}$ называется алгебраической скоростью точки и представляет собой проекцию вектора скорости точки на касательную к траектории.

Вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на составляющие по направлениям естественных осей – касательную (ось τ) и перпендикулярную к ней нормальную (ось *n*):

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n} \text{ или } \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор касательной; $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор нормали траектории; a_τ – проекция ускорения точки на касательную называется **касательным ускорением**; a_n – проекция вектора ускорения точки на нормаль называется **нормальным ускорением** (рис. 2.3). Касательная составляющая ускорения характеризует изменение величины скорости точки, нормальная – изменение направления вектора скорости.

Если проекции V_τ и a_τ имеют одинаковые знаки (направлены в одну сторону), движение будет ускоренным, если разных знаков (разнонаправлены) – замедленным (см. рис. 2.3, *a*, *b*).

Проекции ускорения на естественные оси и модуль вектора ускорения вычисляются по формулам:

$$a_\tau = \ddot{S} = \dot{V}_\tau,\ a_n = \frac{V^2}{\rho};$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}\ ,$$

где ρ – радиус кривизны траектории. Иногда при вычислении касательной составляющей ускорения удобнее пользоваться формулой $a_\tau = \dfrac{a_x V_x + a_y V_y}{V_\tau}$.

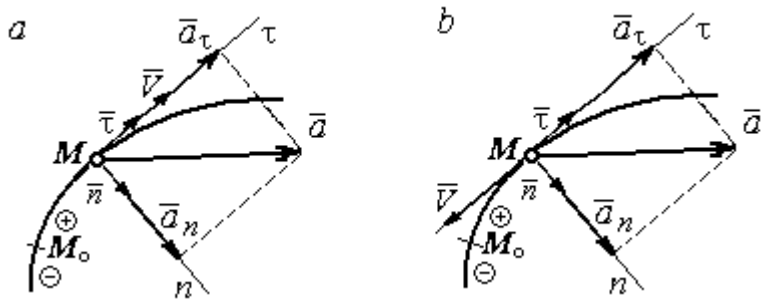


Рис. 2.3. Скорость и ускорение точки. Разложение ускорения на нормальную и касательную составляющие:
a – ускоренное движение; *b* – замедленное движение

Вектор нормальной составляющей ускорения $\vec{a}_n$ всегда направлен к центру кривизны траектории. Вектор касательной составляющей ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен в сторону положительного направления касательной (по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$), если $\ddot{S} > 0$, и в противоположную сторону – при $\ddot{S} < 0$.

Криволинейное движение точки называется **равномерным**, если проекция вектора скорости на касательную – постоянная величина: V_τ = const.

Криволинейное движение точки называется **равнопеременным**, если постоянна проекция вектора ускорения на касательную: a_τ = const.

Примеры решения задач на криволинейное движение точки

Задача 20. Движение точки задано координатным способом уравнениями $x(t) = 2\sin\pi t$, $y(t) = \cos 2\pi t$, где *x*, *y* – в сантиметрах, *t* – в секундах.

Найти траекторию точки, величину и направление скорости и ускорения в моменты времени t_1 = 0,25 с, t_2 = 0,75 с. Определить участки ускоренного и замедленного движений точки.

Решение

Определяем траекторию точки. Из уравнений движения находим $y = \cos 2\pi t = \cos^2 \pi t - \sin^2 \pi t = 1 - 2\sin^2 \pi t = 1 - \frac{x^2}{2}$. Траекторией точки является парабола $y = 1 - \frac{x^2}{2}$ (рис. 2.4). Однако не вся парабола будет траекторией движения, а только та её часть, точки которой согласно уравнениям движения удовлетворяют неравенствам: $-2 \le x \le 2$, $-1 \le y \le 1$.

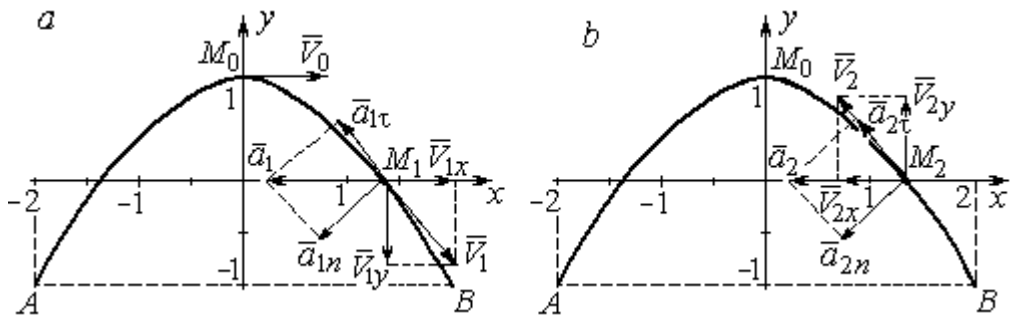


Рис. 2.4. Траектория движения точки:

a – замедленное движение точки на участке от M_0 к *B*;
b – ускоренное движение точки на участке от *B* к M_0

Определяем параметры движения точки в момент времени t_1 = 0,25 с.

Находим координаты x_1, y_1 положения точки M_1:

$$x_1 = x(0{,}25) = 2\sin\frac{\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см}, \quad y_1 = y(0{,}25) = \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Находим проекции V_{1x}, V_{1y} вектора $\vec{V}_1$ скорости точки на оси системы координат:

$$V_x(t) = \dot{x} = 2\pi\cos\pi t; \; V_y(t) = \dot{y} = -2\pi\sin 2\pi t;$$

$$V_{1x} = V_x(0{,}25) = 2\pi\cos\frac{\pi}{4} = \pi\sqrt{2} \text{ см/с}; \quad V_{1y} = V_y(0{,}25) = -2\pi\sin\frac{\pi}{2} = -2\pi \text{ см/с}.$$

Модуль скорости $V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \pi\sqrt{6}$ см/с.

Находим проекции a_{1x}, a_{1y} вектора $\vec{a}_1$ ускорения точки на оси системы координат:

$$a_x(t) = \dot{V}_x = -2\pi^2 \sin \pi t\,;\; a_y(t) = \dot{V}_y = -4\pi^2 \cos 2\pi t\,;$$

$$a_{1x} = a_x(0{,}25) = -2\pi^2 \sin\frac{\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\; a_{1y} = a_y(0{,}25) = -4\pi^2 \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Модуль вектора ускорения $a_1 = \sqrt{a_{1x}^2 + a_{1y}^2} = \pi^2\sqrt{2}$ см/с.

Положение точки M_1 в момент времени t_1 = 0,25 с, построение векторов скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ по их проекциям показано на рис. 2.4, *а*.

Для того чтобы определить характер движения точки в положении M_1 – ускоренное или замедленное, найдём направление касательного ускорения. С этой целью разложим известный уже вектор ускорения $\vec{a}_1$ на нормальную и касательную составляющие согласно равенству $\vec{a}_1 = \vec{a}_{1\tau} + \vec{a}_{1n}$. При этом направление касательной совпадает с направлением вектора скорости $\vec{V}_1$, а направление нормали – перпендикулярно ему. Касательное ускорение $\vec{a}_{1\tau}$ оказалось направленным противоположно вектору скорости $\vec{V}_1$ (см. рис. 2.4, *а*). Следовательно, точка в рассматриваемый момент движется замедленно.

В момент времени t_2 = 0,75 с положение M_2 совпадает с положением M_1:

$$x_2 = x(0{,}75) = 2\sin\frac{3\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см};\; y_2 = y(0{,}75) = \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Проекции векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ точки на оси координат:

$$V_{2x} = V_x(0{,}75) = 2\pi\cos\frac{3\pi}{4} = -\pi\sqrt{2} \text{ см/с};\; V_{2y} = V_y(0{,}75) = -2\pi\sin 2\pi\frac{3}{4} = 2\pi \text{ см/с};$$

$$a_{2x} = a_x(0{,}75) = -2\pi^2 \sin\frac{3\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\; a_{2y} = a_y(0{,}75) = -4\pi^2 \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Модули скорости и ускорения точки в момент времени t_2 = 0,75 с:

$$V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \pi\sqrt{6} \text{ см/с};\;\; a_2 = |a_{2x}| = \pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2.$$

Положение точки M_2 в момент времени t_2 = 0,75 с, построение векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ по их проекциям, а также разложение вектора ускорения $\vec{a}_2$ на составляющие $\vec{a}_{2n}$ и $\vec{a}_{2\tau}$ показано на рис. 2.4, *b*. В данном случае вектор касательного ускорения совпадает по направлению с вектором скорости (см. рис. 2.4, *b*), поэтому движение ускоренное.

В целом движение точки по траектории происходит следующим образом. Из начального положения M_0 (t_0 = 0) точка с замедлением перемещается по правой ветви параболы. Достигнув положения *B* на траектории (t_B = 0,5 с), точка совершает мгновенную остановку и начинает обратное ускоренное движение. Достигнув положения M_0 (t_{M_0} = 1 с), точка переходит на левую часть параболы, где движется аналогично.

Задача 21. Рудничный поезд выходит на закруглённый участок пути радиуса *R* = 1 км с начальной скоростью 54 км/ч. Считая движение поезда равнопеременным, определить его скорость и ускорение в конце 10-й секунды движения по закруглённому участку, если за это время поезд прошёл путь 500 м.

Решение

Примем за начало отсчёта расстояния точку M_0, где поезд выходит на закруглённый участок пути (рис. 2.5). Предположим, движение поезда равноускоренное и происходит в сторону возрастания дуговой координаты *S*. В этом случае вектор скорости и вектор касательного ускорения направлены в положительную сторону касательной.

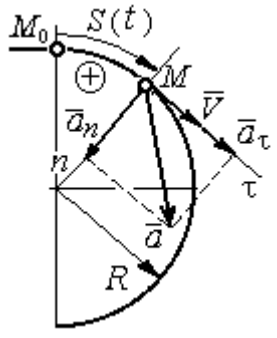


Рис. 2.5. Скорость и ускорение поезда

При равнопеременном движении проекция вектора ускорения на касательную постоянна: a_τ = const. Так как $a_\tau = \dfrac{dV_\tau}{dt}$, то $V_\tau = a_\tau t + C_1$, где V_τ – проекция вектора скорости на касательную ось. Далее, поскольку $V_\tau = \dfrac{dS}{dt}$, имеем

$S = \frac{a_\tau t^2}{2} + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$ $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = = 54$ км/ч = 15 м/с. Подставив эти условия в уравнения движения, найдём константы интегрирования: $C_1 = 15$ м/с; $C_2 = 0$.

В результате получена система уравнений:

$$V_\tau = a_\tau t + 15; \quad S = \frac{a_\tau t^2}{2} + 15t .$$

По условию задачи через 10 с от начала движения по закруглённому участку поезд прошёл по дуге путь $S = 500$ м. Подставляя это условие во второе уравнение, получим $a_\tau = 7$ м/с^2. Скорость поезда в конце пройденного пути с учётом известной величины касательного ускорения найдём из первого уравнения $V_\tau = 85$ м/с. Следует заметить, что при указанном движении поезда проекция вектора скорости на касательную ось положительна и равна его модулю: $V_\tau = V$.

Нормальное ускорение поезда при движении по дуге окружности радиуса $R = 1000$ м в момент времени $t = 10$ с равно $a_n = \frac{V_\tau^2}{R} = 7{,}23$ м/с^2. Величина (модуль) полного ускорения поезда $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = 10{,}06$ м/с^2. Разложение вектора ускорения поезда на нормальную и касательную составляющие показано на рис. 2.5.

Задача 22. Вагонетка движется равнопеременно по дуге окружности радиуса $R = 80$ м. За время движения скорость вагонетки изменилась от начальной $V_0 = 18$ км/ч до конечной $V_1 = 9$ км/ч.

Определить характер движения – ускоренное или замедленное. Найти ускорение вагонетки в начале и в конце участка движения, если за это время она прошла путь $S = 60$ м.

Решение

Выберем некоторую точку на траектории в качестве начальной, а направление положительного отсчёта расстояний – в сторону движения вагонетки.

Уравнения равнопеременного движения точки при начальных условиях: $t = 0$; $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = 5$ м/с имеют вид:

$$V_\tau = 5 + a_\tau t\,; \quad S = 5t + \frac{a_\tau t^2}{2}\,.$$

Подставим в уравнения параметры движения в момент времени $t = t_1$, когда скорость вагонетки стала $V_{1\tau} = 2{,}5$ м/с, а пройденный ею путь составил 60 м. Получим систему:

$$-2{,}5 = a_\tau t_1; \quad 60 = 5t_1 + \frac{a_\tau t_1^2}{2}\,,$$

откуда найдём касательное ускорение: $a_\tau = -0{,}16$ м/с^2.

Отрицательная величина означает, что вектор касательного ускорения направлен в сторону, противоположную направлению вектора скорости, и движение равнозамедленное.

Нормальное ускорение вагонетки в начале движения $a_{n0} = \frac{V_0^2}{R} = 0{,}31$ м/с^2.

Полное ускорение $a_0 = \sqrt{a_{n0}^2 + a_\tau^2} = 0{,}35$ м/с^2. В конце движения нормальное ускорение $a_{n1} = \frac{V_1^2}{R} = 0{,}08$ м/с^2. Полное ускорение $a_1 = \sqrt{a_{n1}^2 + a_\tau^2} = 0{,}18$ м/с^2.

2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

Движение твёрдого тела называется **поступательным**, если любой прямолинейный отрезок, связанный с телом, остаётся в процессе движения параллельным самому себе. При **поступательном** движении твёрдого тела все его точки движутся по одинаковым траекториям, имеют равные скорости и ускорения.

Вращением твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором две точки тела остаются неподвижными в течение всего времени движения. Прямая, проходящая через неподвижные точки, называется **осью вращения** тела.

Положение вращающегося тела определяется углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ относительно какой-либо системы отсчёта, например, относительно неподвижной плоскости, проходящей через ось вращения.

Вектор угловой скорости вращения тела $\vec{\omega}$ лежит на оси вращения и направлен в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки. **Алгебраическим значением угловой скорости** вращения тела называют проекцию вектора угловой скорости на ось вращения (ось z) $\omega_z = \dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ тело вращается в сторону положительного направления отсчёта угла φ, при $\dot{\varphi} < 0$ – в обратную сторону. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Модуль алгебраического значения угловой скорости вращения тела называется угловой скоростью $\omega = |\omega_z| = |\dot{\varphi}|$.

Алгебраическим значением **углового ускорения** вращающегося тела называют проекцию вектора углового ускорения на ось вращения (ось z) $\varepsilon_z = \dot{\omega}_z = \ddot{\varphi}$. Модуль алгебраического значения углового ускорения вращения тела называется угловым ускорением: $\varepsilon = |\varepsilon_z| = |\dot{\omega}_z| = |\ddot{\varphi}|$.

Вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения. Если $\varepsilon_z \omega_z > 0$ (вектора угловой скорости и углового ускорения сонаправлены), движение ускоренное, если $\varepsilon_z \omega_z < 0$ (векторы угловой скорости и углового ускорения противоположны по направлению), – замедленное.

При равномерном вращении угловая скорость тела (алгебраическое значение) – постоянная величина: $\omega_z = \text{const}$. Угол поворота тела изменяется по линейному закону $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$, где φ_0 – начальный угол поворота тела.

При равнопеременном вращении постоянной величиной является алгебраическое значение углового ускорения: ε_z = const. В этом случае справедливы уравнения движения: $\omega_z = \omega_{z0} + \varepsilon_z t$; $\varphi = \varphi_0 + \omega_{z0} t + \dfrac{\varepsilon_z t^2}{2}$.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки** вращающегося твердого тела **(**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Модуль скорости точки рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – угловая скорость тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону вращения тела.

При вращении тела отношение скоростей двух точек тела равно отношению расстояний от этих точек до оси вращения: $\dfrac{V_{M_1}}{V_{M_2}} = \dfrac{h_1}{h_2}$ (рис. 2.6).

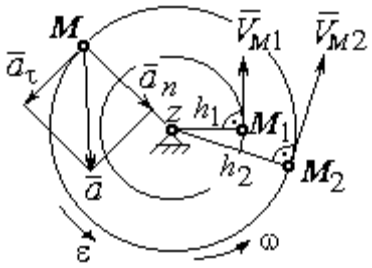


Рис. 2.6. Скорость и ускорение точек вращающегося тела

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений (см. рис. 2.6): $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где модули векторов $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела, $\varepsilon = |\varepsilon_z|$; h – расстояние от точки до оси вращения. **Вектор касательного ускорения точки** $\vec{a}_\tau$ направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону движения точки, если вращение тела ускоренное, и в противоположную сторону, если движение тела замедленное. **Вектор нормального ускорения точки** $\vec{a}_n$ направлен вдоль радиуса описываемой точкой окружности к её центру.

При **передаче вращения** одного тела другому без проскальзывания соотношения между угловыми скоростями и угловыми ускорениями выражаются из равенства скоростей и касательных ускорений в точке контакта: $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$; $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_2}{r_1}$ (рис. 2.7).

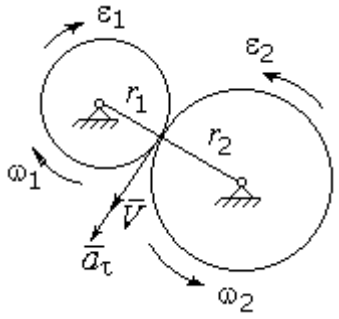


Рис. 2.7. Передача вращения одного тела другому

Примеры решения задач на вращательное движение тел

Задача 23. Вал, начиная вращаться равноускоренно из состояния покоя, за первые 2 мин. сделал 3600 оборотов. Определить угловую скорость вала в конце 2-й минуты и угловое ускорение вала.

Решение

Допустим, вращение вала вокруг оси z происходит в сторону положительного направления отсчёта угла. Тогда алгебраические значения угловой скорости и углового ускорения равны модулям соответствующих векторов $\omega_z = \omega$; $\varepsilon_z = \varepsilon$.

Воспользуемся уравнениями равнопеременного вращения вала с нулевыми начальными условиями (начальный угол поворота $\varphi_0 = 0$ и начальная угловая скорость вала $\omega_0 = 0$). Имеем $\omega = \varepsilon t$; $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Подставим в уравнения параметры движения вала в момент времени $t = t_1$ = 2 мин = 120 с; $\varphi_1 = 3600$ об $= 7200\pi$ рад. Получим систему:

$$\omega_1 = \varepsilon \cdot 120, \quad 7200\pi = \frac{\varepsilon \cdot 120^2}{2}, \text{ откуда } \varepsilon = \pi \text{ с}^{-2}; \quad \omega_1 = 120\pi \text{ с}^{-1}.$$

Задача 24. В механизме стрелочного индикатора (рис. 2.8) движение от рейки мерительного штифта 1 передаётся шестерне 2, скреплённой на одной оси с зубчатым колесом 3. Колесо 3 сцепляется, в свою очередь, с шестернёй 4, несущей стрелку-индикатор. Определить угловую скорость стрелки, если движение штифта задаётся уравнением $x = 4\sin\pi t$ и радиусы зубчатых колёс: r_2 = 6 см, r_3 = 10 см, r_4 = 4 см.

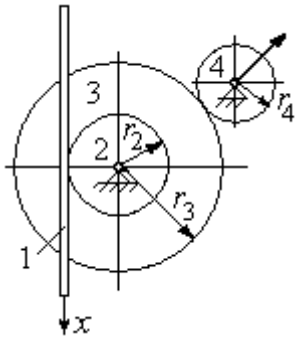


Рис. 2.8. Механизм стрелочного индикатора

Решение

Мерительный штифт движется поступательно вдоль оси x (см. рис. 2.8). Проекция скорости любой точки штифта на ось x $V_{1x} = \dot{x} = 4\pi\cos\pi t$ см/с. Такую же скорость имеет и точка касания штифта с шестернёй 2.

Полагая, что точка касания штифта с шестернёй 2 принадлежит и шестерне, найдём алгебраическое значение угловой скорости шестерни 2: $\omega_{2z} = \dfrac{V_{1x}}{r_2} = \dfrac{4\pi\cos\pi t}{6} = \dfrac{2\pi}{3}\cos\pi t$ рад/с. Зубчатое колесо 3 скреплено с шестернёй 2 на одной оси и имеет ту же угловую скорость $\omega_{3z} = \omega_{2z}$. Вращение колеса 3 через точку зацепления передаётся шестерне 4. Выразим соотношение между алгебраическими значениями угловых скоростей при передаче вращения одного тела другому: $\dfrac{\omega_{3z}}{\omega_{4z}} = \dfrac{r_4}{r_3}$. Отсюда получим: $\omega_{4z} = \dfrac{V_{1x} r_3}{r_2 r_4} = \dfrac{5\pi}{3}\cos\pi t$ с$^{-1}$. Угловая скорость стрелки равна угловой скорости шестерни 4.

Задача 25. Ведущее колесо 1 подъёмного устройства (рис. 2.9) передаёт движение шестерне 2. На одной оси с шестернёй 2 расположен шкив 3, жёстко скреплённый с

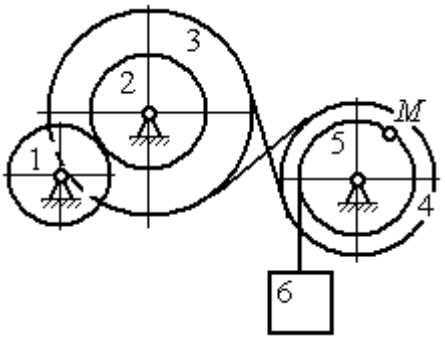


Рис. 2.9. Схема механизма подъёмного устройства

шестернёй. Шкив 3 соединяется со шкивом 4 бесконечным перекрёстным ремнём. Барабан 5 скреплён со шкивом 4 и находится с ним на одной оси. На барабан намотана нить, удерживающая груз 6. По заданному уравнению движения колеса 1 определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки M на ободе барабана 5 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение груза 6. Скольжение между звеньями механизма отсутствует.

Значения радиусов колёса, шкивов и барабана механизма: $r_1 = 20$ см, $r_2 = 10$ см, $r_3 = 40$ см, $r_4 = 16$ см, $r_5 = 8$ см. Уравнение вращения колеса 1: $\varphi_1 = 2t^2 - 5t$ рад.

Решение

Ведущим звеном в механизме является колесо 1. Выберем положительное направление отсчёта угла поворота колеса 1 в сторону, противоположную направлению вращения часовой стрелки. На рис. 2.10 это направление показано дуговой стрелкой φ_1.

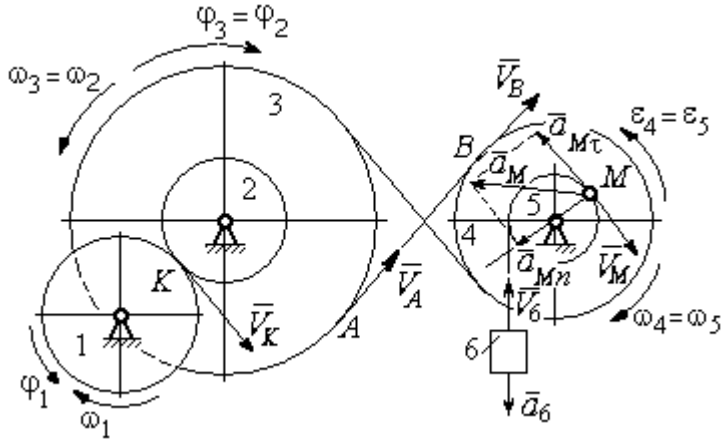


Рис. 2.10. Расчётная схема механизма

Продифференцировав по времени уравнение движения колеса 1, получим алгебраическое значение его угловой скорости: $\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 4t - 5$ рад/с. В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение угловой скорости колеса 1 отрицательно: $\dot{\varphi}_1(1) = -1$ рад/с. Это означает, что в данный момент времени колесо 1 вращается в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла φ_1. Угловая скорость колеса 1 равна модулю: $\omega_1 = |\omega_{1z}| = 1$ рад/с. Направление угловой скорости ω_1 колеса 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано дуговой стрелкой ω_1.

Вращение колеса 1 передаётся шестерне 2 через точку контакта *K*. Из соотношения $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$ найдём угловую скорость шестерни 2: $\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1}{r_2}$. Шкив 3, закреплённый на одной оси с шестернёй 2 имеет такую же угловую скорость, $\omega_3 = \omega_2$. Направление угловых скоростей шестерни 2 и шкива 3 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой ω_2.

Передача движения шкива 3 шкиву 4 производится с помощью ремённой передачи. На участке от точки *A*, где ремень сходит со шкива 3, и до точки *B*, где ремень набегает на шкив 4, ремень движется поступательно, поэтому скорости точек *A* и *B* равны: $V_A = V_B$. Выразив скорости точек через угловые скорости тел, имеем равенство $\omega_3 r_3 = \omega_4 r_4$, откуда с учётом, что $\omega_3 = \omega_2$, найдём угловую скорость шкива 4: $\omega_4 = \frac{\omega_3 r_3}{r_4} = \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}$. Угловая скорость барабана 5 равна угловой скорости шкива 4, $\omega_5 = \omega_4$. Направление угловых скоростей шкива 4 и барабана 5 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой ω_4.

Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_5 r_5$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4} = 5$ рад/с и $V_M = 20$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к ободу барабана в точке *M* и направлен в сторону вращения барабана 5 (см. рис. 2.10).

Нить, несущая груз 6, сматываясь с обода барабана, имеет скорость, равную скорости точек обода барабана, и, следовательно, равна скорости точки *M*: $V_6 = V_M$. Направление скорости груза 6 определяется направлением вращения барабана 5. При $t_1 = 1$с груз поднимается со скоростью $V_6 = 20$ см/с.

Определим ускорение точки *M*. Вектор ускорения точки *M* равен сумме векторов: $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$, где $\vec{a}_M^{\tau}$, $\vec{a}_M^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения.

Найдём алгебраическое значение угловой скорости барабана 5: $\omega_{5z} = \dfrac{\omega_{1z} r_1 r_3}{r_2 r_4} = 20t - 25$ рад/с. Алгебраическое значение углового ускорения барабана 5 ε_{5z} равно производной $\varepsilon_{5z} = \dot{\omega}_{5z} = 20$ рад/с^2. Так как в момент времени $t_1 = 1$ с знаки алгебраических значений угловой скорости барабана и его углового ускорения разные ($\omega_{5z} = -5$ рад/с $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$ $\varepsilon_{5z} = +20$ рад/с^2), угловое ускорение (по величине равное модулю $\varepsilon_5 = |\varepsilon_{5z}|$) направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис. 2.10 направление углового ускорения барабана 5 показано дуговой стрелкой ε_5.

Касательное ускорение точки: $a_{M\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с^2. Вектор $\vec{a}_{M\tau}$ касательного ускорения точки M направлен по касательной к траектории в точке M в сторону углового ускорения ε_5 (см. рис. 2.10).

Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_5^2 r_5$, где угловая скорость барабана $\omega_5 = |\omega_{5z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = 5$ рад/с и величина нормального ускорения: $\vec{a}_M^{\,n} = 100$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^{\,n}$ направлен по радиусу к центру барабана 5.

Модуль полного ускорения точки M в заданный момент времени: $a_M = \sqrt{(a_M^{\tau})^2 + (a_M^n)^2} = 128{,}06$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^{\,n}$ и $\vec{a}_M^{\tau}$ (см. рис. 2.10).

Ускорение a_6 груза 6 находится из условия, что груз движется прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. В результате, ускорение груза 6 $a_6 = a_6^{\tau} = \dot{V}_6 = \dot{V}_M = a_M^{\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с^2. Направление вектора ускорения груза 6 определяется направлением углового ускорения барабана 5. На рис. 2.10 направление ускорения груза 6 показано вектором $\vec{a}_6$.

Задача 26. По заданному уравнению поступательного движения звена 1 механизма (рис. 2.11, *a*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* диска 3 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение звена 4. Скольжение между звеньями механизма отсутствует. Значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2 = 20$ см, $r_2 = 5$ см, $R_3 = 8$ см, $r_3 = 4$ см, $x_1 = \cos\pi t + \sin\pi t$ см.

Решение

Звено 1 движется поступательно вдоль оси *x*. Положительное направление движения задаётся направлением оси *x* (рис. 2.11, *a*). Продифференцировав по времени уравнение движения звена 1, получим его алгебраическое значение скорости: $V_{1x}(t) = \dot{x}_1 = -\pi\sin\pi t + \pi\cos\pi t$.

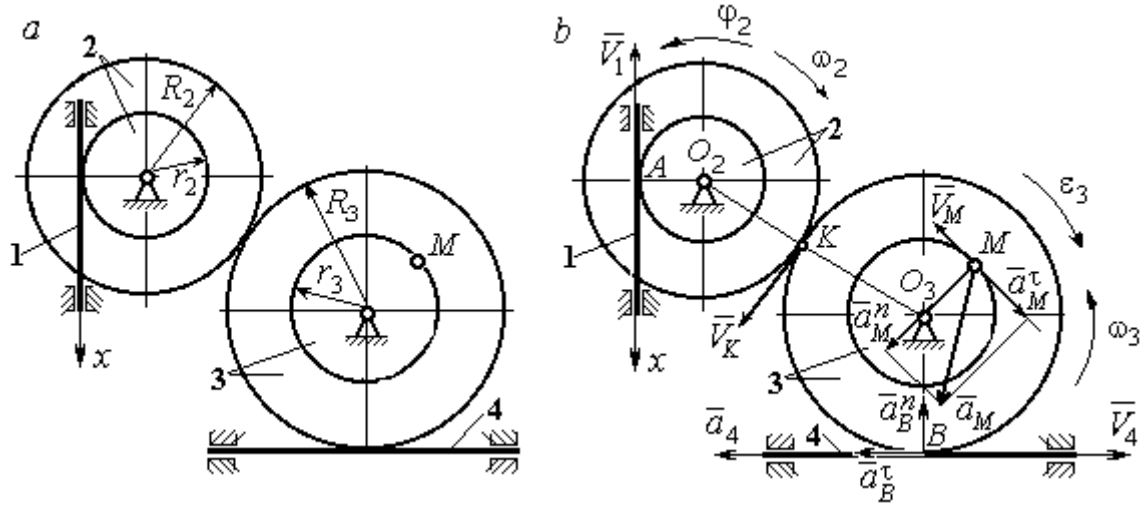


Рис. 2.11. Кинематика поступательного и вращательного движений твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей
и ускорений точек механизма

В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение скорости звена 1 отрицательное: $V_{1x}(1) = -\pi$ см/с. Это показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной $V_1(1) = |\dot{x}_1| = \pi$ см/с. На рис. 2.11, *b* показано направление вектора скорости $\vec{V}_1$.

Точка A соприкосновения звена 1 с диском 2 имеет ту же скорость, что и звено 1. Угловая скорость диска 2 определяется из равенства $\omega_2 = \frac{V_1}{r_2}$ рад/с. Направление угловой скорости вращения диска 2 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой ω_2.

Передача вращения диска 2 диску 3 происходит в точке *K*. Из соотношения $\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_3}$ находим угловую скорость диска 3: $\omega_3 = \frac{V_1 R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}$. Направление угловой скорости диска 3 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой ω_3.

Модуль скорости точки M $V_M = \omega_3 r_3 = 2\pi$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к траектории движения точки M в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.11, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Величина и направление скорости звена 4 совпадают с величиной и направлением скорости точки B касания звена 4 с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_4 = 4\pi$ см/с. Направление вектора скорости $\vec{V}_4$ определяется направлением вращения диска 3.

Определим ускорение точки M. Найдём алгебраическое значение ω_{3z} угловой скорости диска 3: $\omega_{3z} = \frac{V_{1x} R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}(-\sin\pi t + \cos\pi t)$. Алгебраическое значение ε_{3z} углового ускорения диска 3: $\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{\pi^2}{2}(\cos\pi t + \sin\pi t)$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon_{3z} = \frac{\pi^2}{2}$. Разные знаки алгебраических значений угловой скорости и углового ускорения диска 3 $(\omega_{3z} = -\frac{\pi}{2}; \varepsilon_{3z} = +\frac{\pi^2}{2})$ показывают, что угловое ускорение направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис 2.11, *b* направление углового ускорения диска 3 показано дуговой стрелкой ε_3.

Касательное ускорение точки M рассчитывается по формуле $a_M^{\tau} = \varepsilon_3 r_3$, где угловое ускорение $\varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $a_M^{\tau} = 2\pi^2$ см/с^2. Вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_M^{\tau}$ направлен по касательной к траектории точки M в сторону углового ускорения ε_3 (см. рис. 2.11, *b*).

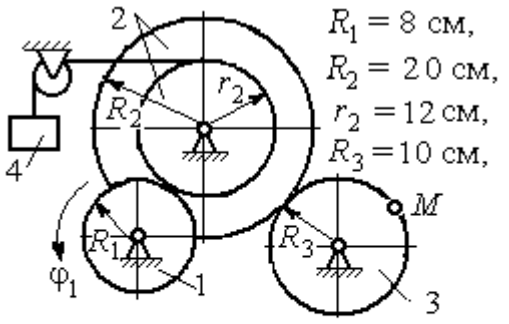
Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения $a_M^n = \pi^2$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^n$ направлен по радиусу к центру диска 3.

Модуль полного ускорения точки M: $a_M = \sqrt{(a_M^n)^2 + (a_M^{\tau})^2} = \pi^2\sqrt{5}$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^n$ и $\vec{a}_M^{\tau}$.

Звено 4 движется поступательно и прямолинейно. Ускорение звена 4 равно проекции ускорения точки B (касания диска 3 со звеном 4) на линию движения звена 4: $a_4 = a_B^{\tau} = \varepsilon_3 R_3 = 4\pi^2$ см/с^2. Направление ускорения звена 4 совпадает с касательным ускорением точки B.

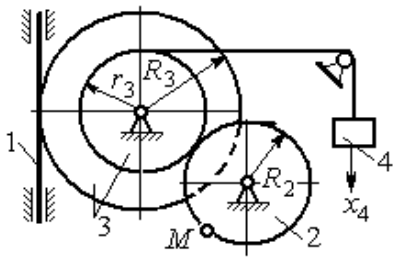
Упражнения

Упражнение 2.1



$\varphi_1 = 3t + 2\sin\frac{\pi t}{2}$ рад,
Найти скорость и ускорение точки M и груза 4 в момент $t = 1$ с

Упражнение 2.2



$R_2 = 0{,}2$ м, $R_3 = 0{,}4$ м, $r_3 = 0{,}3$ м,
$x_4 = t - 1 - \sin\frac{\pi t}{3} + \cos\frac{\pi t}{3}$ м.
Найти скорость и ускорение точки M и звена 1 в момент $t = t_1 = 3$ с.

Рис. 2.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.1, 2.2

2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

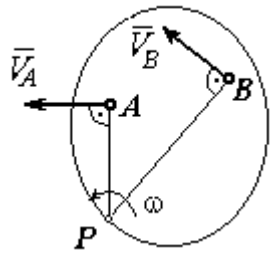
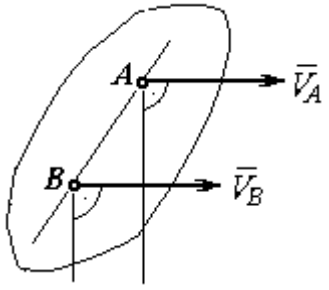
Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной (основной) плоскости.

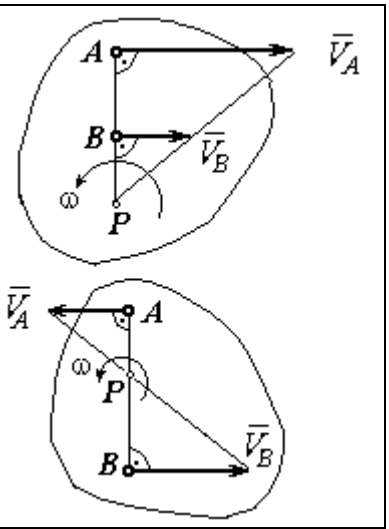
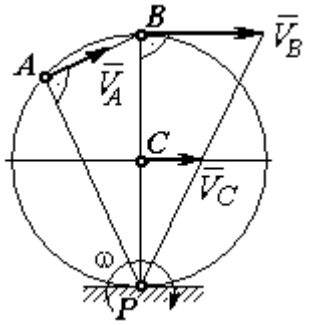
Для скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ двух точек A и M тела, совершающего плоское движение, справедливо утверждение: **проекции скоростей двух точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны друг другу:** $V_A\cos\alpha = V_M\cos\beta$, где α, β – углы между векторами скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ и осью, проходящей через точки A и M.

Мгновенным центром скоростей (МЦС) называется точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. При известном положении МЦС скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы движение фигуры было мгновенно вращательным вокруг мгновенного центра скоростей с угловой скоростью, равной угловой скорости плоской фигуры. Способы построения мгновенного центра скоростей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей P находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей.	
2. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, но точки A и B не лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то, как видно из рисунка, мгновенный центр P бесконечно удалён. В этом случае угловая скорость $\omega = 0$ и тело в данный момент движется поступательно (движение является мгновенным поступательным). При таком движении скорость любой точки тела равна $\vec{V}_A$.	

3. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, а точки A и B лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то мгновенный центр скоростей P находится как пересечение прямой, соединяющей точки A и B и линии, проходящей через концы векторов, изображающих скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$.	
4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей P расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью.	

Примеры решения задач на плоскопараллельное движение тела

Задача 27. Приводной механизм насоса находится в положении, показанном на рис. 2.13. Кривошип O_1C вращается с постоянной угловой скоростью ω_{O_1C} = 2 рад/с вокруг оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости чертежа. Определить скорость поршня D и угловые скорости шатуна BC, коромысла AB и штока AD, если O_1C = 20 см, $OB = 2 \cdot OA$ = 40 см, AD = 60 см.

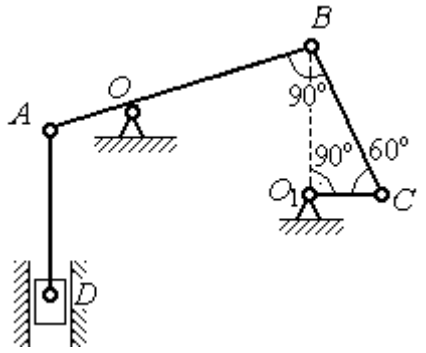


Рис. 2.13. Приводной механизм насоса

Решение

Предположим для определённости, что кривошип O_1C вращается в направлении по ходу часовой стрелки. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки C направлен

перпендикулярно кривошипу O_1C, в сторону его вращения (рис. 2.14). Модуль скорости $V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 40$ см/с.

Коромысло AB качается (вращается) вокруг оси, проходящей через точку O, параллельно оси вращения кривошипа. Скорость точки B направлена перпендикулярно коромыслу AB вдоль шатуна BC (рис. 2.14).

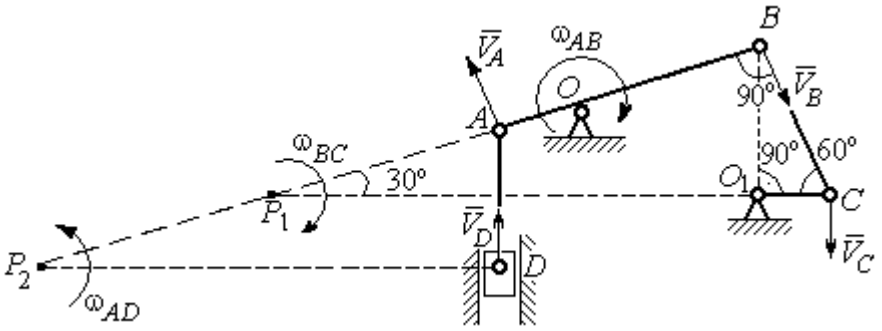


Рис. 2.14. Расчётная кинематическая схема механизма привода насоса

Шатун BC совершает плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей шатуна P_1 расположен в точке пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек C и B шатуна. Находим $P_1C = 4O_1C = 80$ см. Угловая скорость вращения шатуна BC $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_1} = 0{,}5$ рад/с. Направление угловой скорости вращения шатуна BC определяется направлением вращения кривошипа O_1C и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой ω_{BC}.

Скорость V_B найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем вектора скоростей $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек C и B на линию BC. Получим $V_B \cos 0^\circ = V_C \cos 30^\circ$. Отсюда $V_B = 20\sqrt{3}$ см/с.

Угловая скорость коромысла AB $\omega_{AB} = \dfrac{V_B}{OB} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости коромысла определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой ω_{AB}.

Скорость точки A коромысла равна половине скорости точки B: $V_A = \frac{1}{2}V_B$ = $10\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно коромыслу AB в сторону его вращения.

Точка P_2 пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$ является мгновенным центром скоростей штока AD. Тогда угловая скорость штока $\omega_{AD} = \frac{V_A}{AP_2} = \frac{\sqrt{3}}{12}$ рад/с. Направление угловой скорости штока определяется по направлению скорости точки A и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой ω_{AD}.

Скорость поршня $V_D = \omega_{AD} \cdot P_2D = 15$ см/с.

Задача 28. Механизм качалки (рис. 2.15) состоит из кривошипа OA, вращающегося вокруг оси O и несущего в точке A ось подвижной шестерни 2, которая катится по неподвижной шестерне 1. Вращение кривошипа происходит с угловой скоростью $\omega_{OA} = 2$ рад/с. Радиусы шестерён $r_1 = r_2 = 6$ см. К ободу шестерни 2 в точке B шарнирно прикреплён шатун BC длиной $BC = 8$ см, который в точке C передаёт движение коромыслу CO_1 длиной $CO_1 = 16$ см.

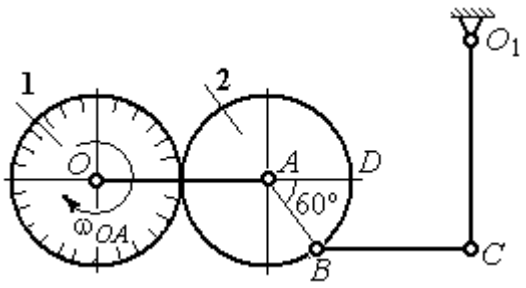


Рис. 2.15. Схема механизма качалки

Определить угловые скорости шестерни 2, шатуна BC, коромысла CO_1, а также скорости точек A, B, C, D в момент, когда кривошип OA и шатун BC горизонтальны и угол $\angle DAB = 60^\circ$.

Решение

Найдём скорость точки A кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA =$ 24 см/с. Вектор скорости точки $\vec{V}_A$ расположен перпендикулярно кривошипу OA и направлен в сторону вращения кривошипа (рис. 2.16).

Мгновенный центр скоростей P_2 шестерни 2 находится в точке касания с неподвижной поверхностью шестерни 1. Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2}$ = 4 рад/с. Направление угловой скорости шестерни 2 определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_A$ и на рис. 2.16 показано дуговой стрелкой ω_2.

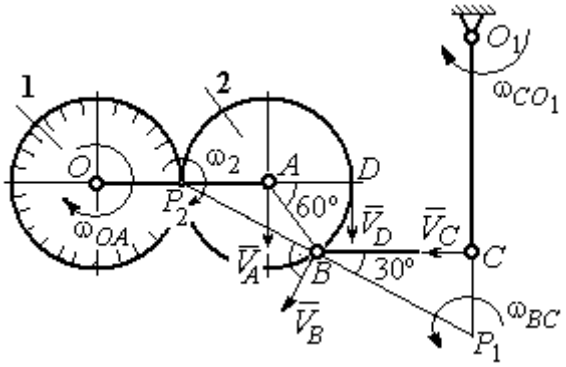


Рис.2.16. Расчётная кинематическая схема механизма качалки

Найдём расстояние P_2B из равнобедренного треугольника P_2AB по теореме косинусов: $P_2B = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2\cos 120^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Скорость точки B $V_B = \omega_2 \cdot P_2B = 24\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_2B и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Скорость точки D: $V_D = \omega_2 \cdot P_2D = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен линии P_2D и направлен в ту же сторону (см. рис. 2.16).

Скорость точки C перпендикулярна линии CO_1. Восстанавливая перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$, получим точку пересечения P_1, которая будет мгновенным центром скоростей шатуна BC. Расстояние $P_1B = \dfrac{BC}{\cos 30^\circ} = \dfrac{16}{\sqrt{3}}$ см. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = \dfrac{9}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по направлению скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой ω_{BC}.

Скорость точки C: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_1C = \dfrac{36}{\sqrt{3}}$ см/с. Направление вектора скорости определяется направлением вращения шатуна BC.

Угловая скорость коромысла CO_1: $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = \dfrac{9}{4\sqrt{3}}$ рад/с.

Задача 29. В планетарном механизме (рис. 2.17) кривошип *OA* длиной *OA* = 25 см вращается вокруг неподвижной оси *O*, перпендикулярной плоскости рисунка, с угловой скоростью ω_{OA} = 3,6 рад/с. На конец *A* кривошипа насажена шестерёнка 2, находящаяся во внутреннем зацеплении с колесом 1 радиуса r_1 = 45 см, соосным с кривошипом *OA* и вращающимся с угловой скоростью ω_1 = 1 рад/с. Шатун *BC*, шарнирно соединённый с шестерёнкой 2 на её ободе в точке *B*, приводит в движение кривошип CO_1. Определить угловые скорости шестерёнки 2, шатуна *BC* и кривошипа CO_1, скорости точек *A*, *B*, *C* в положении, показанном на рис.2.17, если длина шатуна *BC* = 100 см, длина кривошипа CO_1 = 50 см.

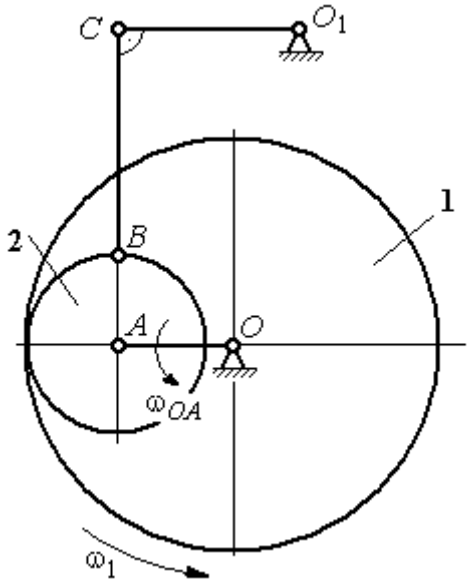


Рис. 2.17. Планетарный механизм

Решение

Найдём скорости точек *A* и *D*

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 90 \text{ см/с}; \quad V_D = \omega_1 \cdot r_1 = 45 \text{ см/с}.$$

Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу *OA* в сторону его вращения. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен радиусу *OD* колеса 1 и направлен в сторону вращения колеса (рис. 2.18).

Мгновенный центр скоростей P_2 шестерни 2 находится на пересечении прямой, соединяющей точки *A* и *D*, и линии, проходящей через концы векторов $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$, изображающих скорости точек *A* и *D* Расстояние P_2D от центра скоростей до точки *D* находится из пропорции $\frac{V_A}{V_D} = \frac{AP_2}{DP_2} = \frac{DP_2 + 20}{DP_2}$, откуда P_2D = 20 см.

Угловая скорость шестерёнки 2 $\omega_2 = \dfrac{V_D}{P_2 D} = 2{,}25$ рад/с. Направление угловой скорости ω_2 показано на рис. 2.18 дуговой стрелкой ω_2.

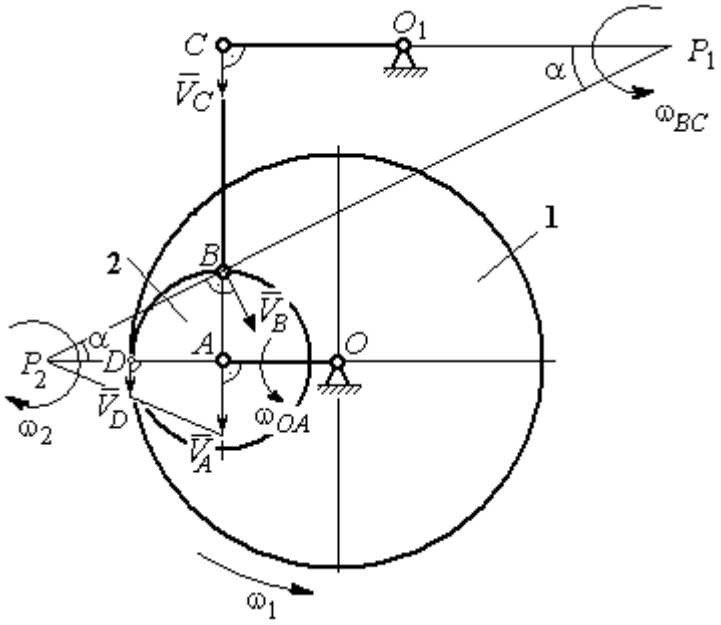


Рис. 2.18. Расчётная кинематическая схема планетарного механизма

Скорость точки *B,* которая находится на ободе шестеренки, $V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 45\sqrt{5}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_2B и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Направим вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярно кривошипу CO_1 и восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$. Точка P_1 пересечения перпендикуляров является мгновенным центром скоростей шатуна *BC*. Расстояние P_1B найдём из треугольника P_1BC: $P_1B = \dfrac{BC}{\sin\alpha}$, где $\sin\alpha = \dfrac{AB}{P_2B} = \dfrac{1}{\sqrt{5}}$. Тогда $P_1B = 100\sqrt{5}$ см.

Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1 B} = 0{,}45$ рад/с. Скорость точки *C* шатуна *BC* найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем скорости $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек *C* и *B* на линию, проходящую через эти точки Имеем: $V_C \cos 0^\circ = V_B \cos\alpha$, откуда $V_C = 90$ см/с.

Угловая скорость кривошипа CO_1 $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1 C} = 1{,}8$ рад/с.

Задача 30. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA}. На конец A кривошипа насажена шестерня 2, находящаяся во внешнем зацеплении с неподвижным колесом 1. Радиусы колеса и шестерни r_1 и r_2. Шестерня 2 соединяется с колесом 3 шатуном BC, закреплённым на шестерне в точке B и на колесе в точке C. Колесо 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Все соединения шарнирные. Качение шестерни 2 по неподвижному колесу 1 без проскальзывания. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить скорости точек A, B, C и угловые скорости шатуна BC, шестерни 2 и колеса 3, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с; $r_1 = 4$ см; $r_2 = r_3 = 8$ см.

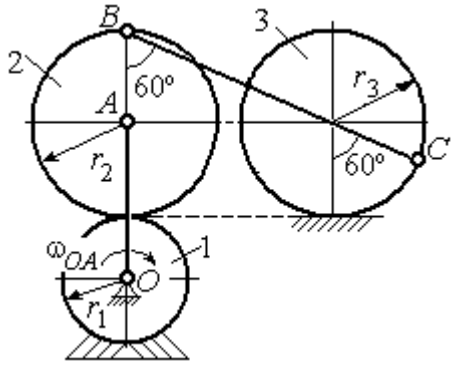


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

Решение

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость точки A кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA =$ 48 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения (рис. 2.20).

При качении шестерни 2 по неподвижной поверхности колеса 1 точка их соприкосновения P_2 является мгновенным центром скоростей шестерни.

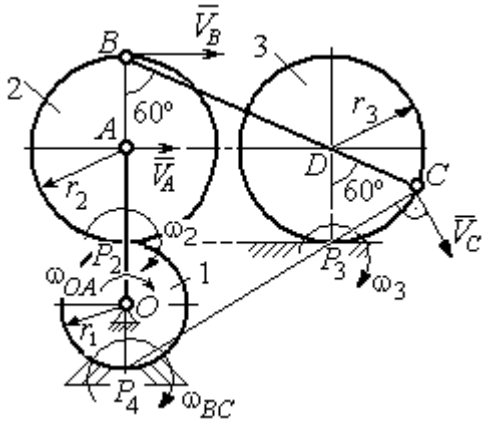


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 6$ рад/с.

Скорость точки B шестерни 2 $V_B = \omega_2 \cdot BP_2 = 96$ см/с.

Точка P_3 касания колеса 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки C колеса 3 перпендикулярен линии P_3C и направлен в сторону качения колеса (см. рис. 2.20).

Мгновенный центр скоростей шатуна BC – точка P_4 находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям точек B и C. По построению $BP_4 = BC = BD + DC = 2r_2 + r_3 = 24$ см. Угловая скорость шатуна BC $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_4} = 4$ рад/с. Так как $BP_4 = CP_4$, скорости точек C и B $V_C = 96$ см/с.

Угловая скорость колеса 3 $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с.

Задача 31. В плоском механизме (рис. 2.21) кривошип OC, вращаясь вокруг неподвижной оси O, приводит в движение два шатуна CD и CE, присоединённых к кривошипу в точке C. Шатун CE прикреплён в точке E к ободу цилиндрического выступа диска 1, который катится без проскальзывания своим выступом по неподвижному горизонтальному рельсу. К другому шатуну CD в точке D прикреплён ползун, перемещающийся вдоль направления вертикального диаметра диска 1. Все соединения шарнирные. Радиусы диска и цилиндрического выступа $R_1 = 3$ см, $r_1 = 2$ см. Длина шатуна $CE = 4$ см. В заданном положении механизма (см. рис. 2.21) шатун CE горизонтален.

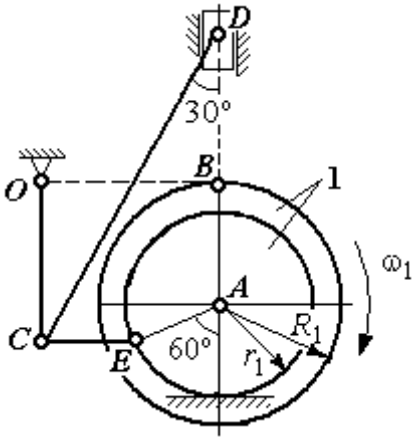


Рис. 2.21. Схема движения плоского механизма

Определить скорости точек A, E, C, D и угловые скорости диска 1, шатунов CE, CD и кривошипа CO, если известна скорость точки B на ободе диска 1 $V_B = 10$ см/с и направление ω_1 угловой скорости диска.

Решение

Изобразим вектор скорости точки *B* диска 1 в соответствии с заданным направлением его движения. При качении диска 1 по неподвижной поверхности рельса точка P_1 касания обода выступа с поверхностью рельса является его мгновенным центром скоростей (рис. 2.22).

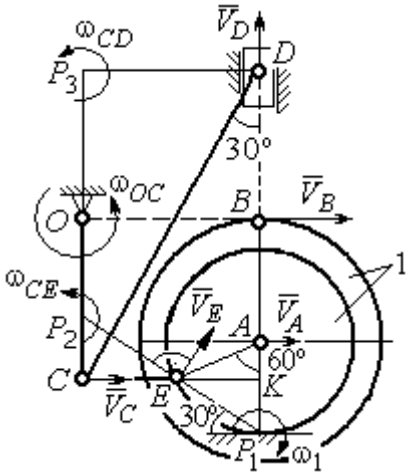


Рис. 2.22. Расчётная схема для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1}$ = 2 рад/с. Скорость точки A $V_A = \omega_1 \cdot AP_1$ = 4 см/с. Скорость точки E $V_E = \omega_1 \cdot EP_1 = 4$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ и вектор скорости $\vec{V}_E$ перпендикулярны, соответственно, линиям AP_1 EP_1 и направлены в сторону вращения диска.

Шатун *CE* совершает плоскопараллельное движение. Скорость точки *C* шатуна неизвестна по величине, но известно, что вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен кривошипу *OC* и направлен вдоль *CE* в сторону точки *E*. Мгновенный центр скоростей P_2 шатуна *CE* находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_E$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 2.22).

Расстояние $EP_2 = \dfrac{EC}{\cos 30^\circ}$ = 4,62 см. Угловая скорость шатуна *CE* $\omega_{CE} = \dfrac{V_E}{EP_2}$ = 0,86 рад/с. Направление угловой скорости шатуна, определяемое по направлению скорости точки *E*, на рис. 2.22 показано дуговой стрелкой ω_{CE}. Скорость точки C шатуна CE $V_C = \omega_{CE} \cdot CP_2 = \dfrac{V_E}{2} = 2$ см/с.

Длина кривошипа $OC = BK = R_1 + r_1 \sin 30^\circ =$ 4 см. Угловая скорость кривошипа $\omega_{OC} = \dfrac{V_C}{OC} = 0{,}5$ рад/с.

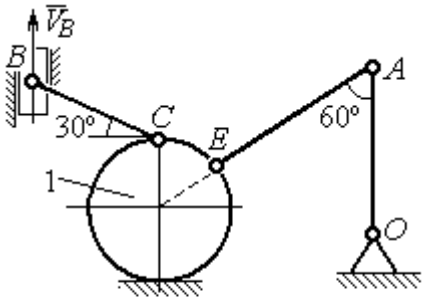
Для шатуна *CD* известны величина и направление вектора $\vec{V}_C$ скорости точки *C* и направление вектора $\vec{V}_D$ скорости точки *D*. Мгновенный центр скоростей шатуна *CD* находится в точке P_3, полученной на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_D$.

Расстояние $CP_3 = DK =$ $(CE + r_1 \cos 30^\circ)\operatorname{ctg} 30^\circ =$ 9,92 см (см. рис. 2.22). Угловая скорость шатуна *CD:* $\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}21$ рад/с.

Скорость ползуна *D:* $V_D = \omega_{CD} DP_3 = \omega_{CD}(CE + r_1 \cos 30^\circ) = 1{,}2$ см/с.

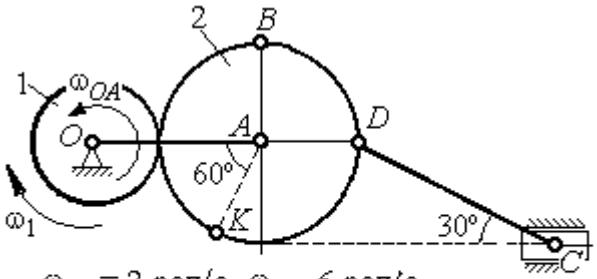
Упражнения

Упражнение 2.3



$R_1 = 2$ см, $OA = AE = 6$ см,
$BC = 5$ см, $V_B = 5$ см/с.
Найти: $\omega_{OA}, \omega_{AE}, \omega_{CE}, \omega_1, V_C, V_A, V_E$

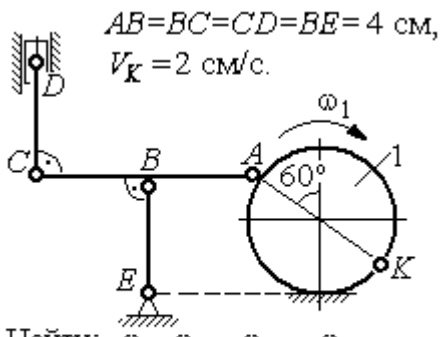
Упражнение 2.4



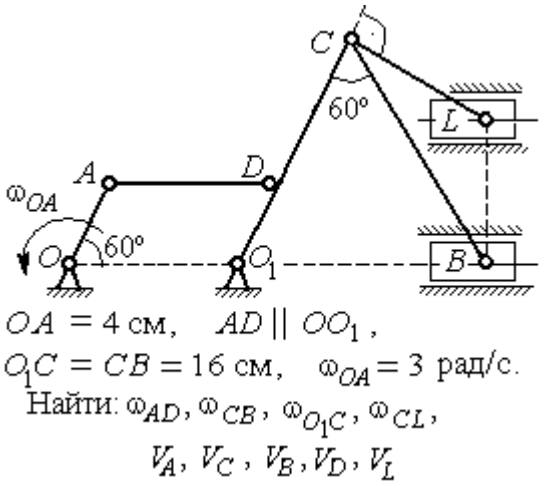
$\omega_{OA} = 2$ рад/с, $\omega_1 = 6$ рад/с,
$r_1 = 3$ см, $r_2 = 6$ см.
Найти: $\omega_2, \omega_{DC}, V_B, V_K, V_D, V_C$

Рис. 2.23. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.3, 2.4

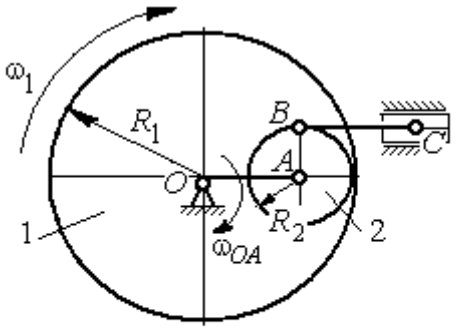
Упражнение 2.5



Упражнение 2.6



Упражнение 2.7



Упражнение 2.8

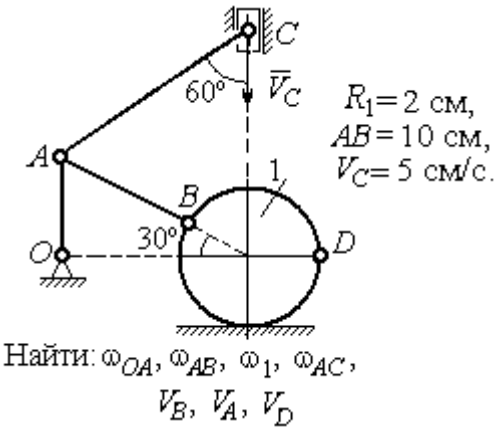


Рис. 2.24. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.5 – 2.8

2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

Ускорение любой точки M плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов $\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M при вращении фигуры вокруг полюса A (рис. 2.25).

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{MA}$ всегда направлен от точки M к полюсу A. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку AM в сторону вращения, если оно ускоренное (см. рис. 2.25, *a*), и против вращения, если оно замедленное (см. рис. 2.25, *b*). Величины касательного и нормального составляющих ускорения точки M определяются по формулам: $a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM$; $a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки M до полюса A.

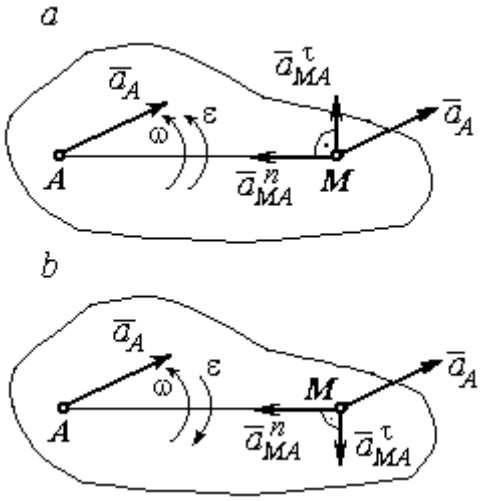


Рис. 2.25. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса A и точки M, то для определения ускорения точки M используется векторное равенство $\vec{a}^{\,\tau}_M + \vec{a}^{\,n}_M = \vec{a}^{\,\tau}_A + \vec{a}^{\,n}_A + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA}$, где $\vec{a}^{\,\tau}_M$, $\vec{a}^{\,n}_M$, $\vec{a}^{\,\tau}_A$, $\vec{a}^{\,n}_A$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M и полюса A при движении их по заданным траекториям.

Примеры решения задач на определение ускорений точек

Задача 32. Поршень D гидравлического пресса приводится в движение шарнирно-рычажным механизмом $OABD$. В положении механизма, указанном на рис. 2.26, точка L рычага имеет скорость $V_L = 0{,}6$ м/с и ускорение $a_L = 0{,}5$ м/с^2. Длина рычага $OA = 2 \cdot AL = 0{,}6$ м, длина звена $AB = 0{,}4$ м. Определить скорость и ускорение поршня D, угловую скорость и ускорение звена AB.

Решение

Найдём угловую скорость рычага OL: $\omega_{OL} = \dfrac{V_L}{OL} = \dfrac{2}{3}$ рад/с.

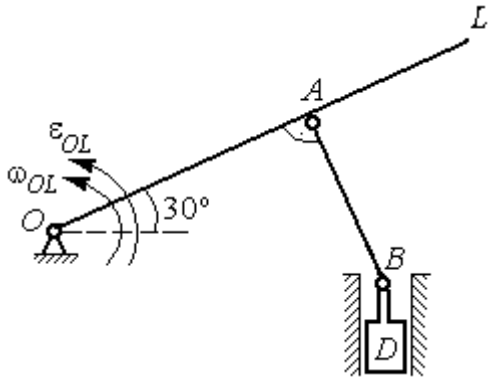


Рис. 2.26. Шарнирно-рычажный механизм гидравлического пресса

Ускорение точки L представляется в виде суммы векторов нормального и касательного ускорений: $\vec{a}_L = \vec{a}_L^{\,\tau} + \vec{a}_L^{\,n}$ (рис. 2.27). Модуль нормального ускорения точки L $a_L^n = \omega_{OL}^2 \cdot OL = 0{,}4$ м/с^2. Модуль её касательного ускорения и угловое ускорение рычага, соответственно, равны:

$$a_L^{\tau} = \sqrt{a_L^2 - (a_L^n)^2} = 0{,}3 \text{ м/с}^2, \quad \varepsilon_{OL} = \frac{a_L^{\tau}}{OL} = \frac{1}{3} \text{ рад/с}^2.$$

Скорость $\vec{V}_A$ точки A перпендикулярна рычагу OL и направлена в сторону вращения рычага. Её модуль $V_A = \omega_{OL} \cdot OA = 0{,}4$ м/с. Скорость $\vec{V}_B$ точки B направлена вертикально вверх вдоль линии движения поршня. Направления векторов скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ показаны на рис. 2.27. Точка P_1 – пересечения перпендикуляров, восстановленных к векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ - определяет положение мгновенного центра скоростей звена AB. Расстояние $AP_1 = P_1B \cdot \cos 30^\circ = 0{,}4\sqrt{3}$ м.

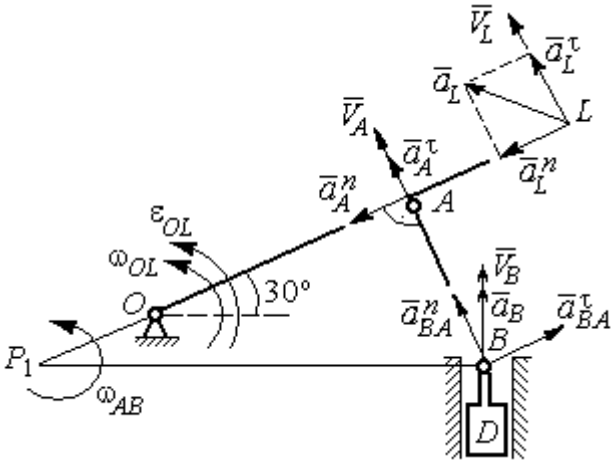


Рис. 2.27. Расчётная кинематическая схема механизма

Угловая скорость звена AB $\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{P_1A} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$ рад/с.

Представим ускорение точки B через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении звена AB вокруг полюса A. Так как траекторией точки A является окружность с центром в точке O, ускорение этой точки может быть разложено на две составляющие: $\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_A + \vec{a}^{n}_A$. В результате ускорение точки B представляется в виде векторной суммы $\vec{a}_B = \vec{a}^{\tau}_A + \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.27.

Модули ускорений:

$$a^{n}_A = \omega^2_{OL} \cdot OA = 0{,}27 \text{ см/с}^2;\ a^{n}_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 0{,}13 \text{ см/с}^2;$$

$$a^{\tau}_A = \varepsilon_{OL} \cdot OA = 0{,}2 \text{ см/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_{AB} \cdot AB$ остаётся неизвестной величиной, так как угловое ускорение ε_{AB} звена AB неизвестно.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки B на оси x, y, где ось x проходит вдоль линии звена AB, ось y – перпендикулярна ей (рис. 2.28). Получим равенства:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = a^{\tau}_A + a^{n}_{BA};\ \ a_B \cdot \cos 60^\circ = -a^{n}_A + a^{\tau}_{BA}.$$

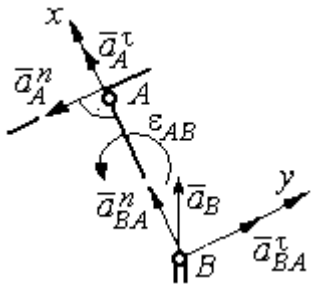


Рис. 2.28. Вычисление проекций векторов ускорений

Решая систему уравнений, находим модуль ускорения точки B: $a_B = 0{,}38$ см/с^2 и величину касательного ускорения: $a^{\tau}_{BA} = 0{,}46$ см/с^2. Угловое ускорение стержня AB $\varepsilon_{AB} = \dfrac{a^{\tau}_{BA}}{AB} = 1{,}15$ рад/с^2. Направление углового ускорения ε_{AB} звена AB определяется направлением вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ касательного ускорения точки B при вращении звена вокруг полюса A (см. рис. 2.28).

Ускорение поршня D равно ускорению точки B: $a_D = a_B = 0{,}38$ см/с^2.

Задача 34. Колесо 1 радиуса $r_1 = 0{,}6$ м катится без скольжения по прямолинейному участку пути и приводит в движение шатун 2, соединённый шарнирно с колесом в точке B на его ободе. На другом конце шатуна в точке C к нему присоединён ползун, перемещающийся горизонтально (рис. 2.29).

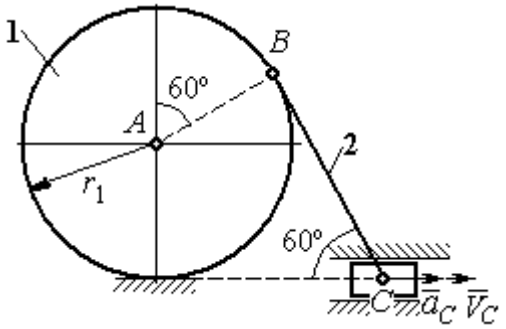


Рис. 2.29. Механизм, связывающий качение колеса с поступательным движением ползуна

В положении механизма, показанном на рис. 2.29, найти ускорение центра A колеса 1, его угловое ускорение, а также угловое ускорение шатуна 2, если заданы скорость и ускорение ползуна C: $V_C = 9$ м/с; $a_C = 4$ м/с^2.

Решение

При качении диска 1 по неподвижной поверхности точка P_1 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей диска. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_1B. Восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$. Их пересечение в точке P_2 определяет положение мгновенного центра скоростей шатуна 2 (рис. 2.30).

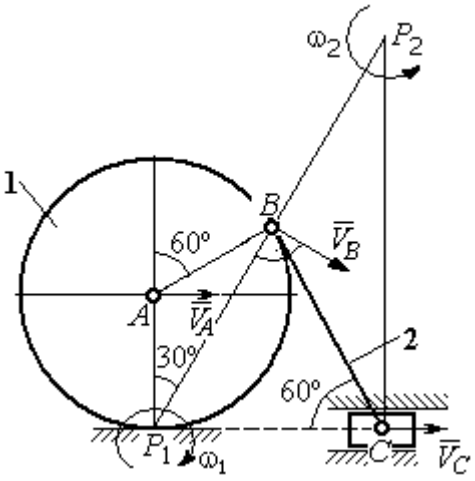


Рис. 2.30. Расчётная схема механизма для определения скоростей точек

Вычислим необходимые расстояния.

Расстояние P_1B (см. рис. 2.30) найдём из треугольника P_1AB по теореме косинусов: $P_1B = r_1\sqrt{3} = 1{,}04$ м. Из построения мгновенных центров скоростей P_1 и P_2 следует: $P_1B = BP_2 = BC$. Расстояние P_2C определяется из треугольника P_1P_2C: $P_2C = P_1P_2 \cdot \cos 30^\circ = 1{,}8$ м.

Угловая скорость шатуна 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{P_2C}$ = 5рад/с. Направление угловой скорости ω_2 определяется направлением скорости $\vec{V}_C$.

Скорость точки *B* найдём по формуле $V_B = \omega_2 \cdot P_2B$ = 5,2 м/с.

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{P_1B}$ = 5 рад/с. Скорость центра колеса 1 $V_A = \omega_1 \cdot P_1A$ = 3 м/с.

Найдём ускорение точки *A*.

Примем точку *B* за полюс и выразим ускорение точки *A* через полюс *B*: $\vec{a}_A = \vec{a}_B + \vec{a}^{\tau}_{AB} + \vec{a}^{n}_{AB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса *B*; $\vec{a}^{\tau}_{AB}$, $\vec{a}^{n}_{AB}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *A* при вращении диска 1 вокруг полюса *B* (рис. 2.31). Направления ускорения точки $\vec{a}_A$ и касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AB}$ точки *A* выбраны в предположении ускоренного движения диска.

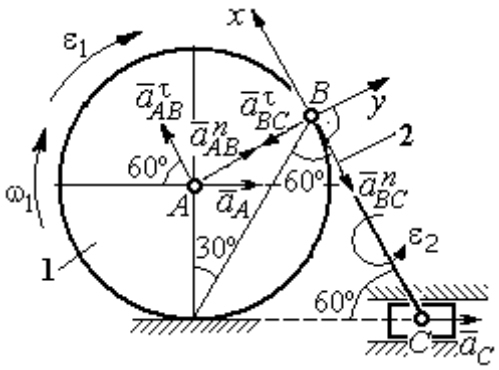


Рис. 2.31. Расчётная схема механизма для определения ускорений точек

Ускорение полюса *B* выразим через полюс *C*: $\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}^{\tau}_{BC} + \vec{a}^{n}_{BC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение полюса *C*; $\vec{a}^{\tau}_{BC}$, $\vec{a}^{n}_{BC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *B* при вращении шатуна 2 вокруг полюса *C*. Направление касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\tau}_{BC}$ точки *B* выбрано в направлении вращения шатуна 2 (см. рис. 2.30) исходя из предположения его ускоренного движения. В результате ускорение точки *A* выражается векторной суммой:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_{AB} + \vec{a}^{n}_{AB} + \vec{a}^{\tau}_{BC} + \vec{a}^{n}_{BC} + \vec{a}_C.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.31.

Заметим, что в любой момент времени движения колеса 1 расстояние от точки A до мгновенного центра скоростей колеса P_1 остаётся постоянным, равным радиусу колеса. Дифференцируем выражение $V_A = \omega_1 \cdot P_1A = \omega_1 \cdot r_1$. Получим $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} r_1 = \varepsilon_1 \cdot r_1$, откуда с учётом $\frac{dV_A}{dt} = a_A$ (прямолинейное движение точки A) угловое ускорение диска 1 $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r_1}$. В результате, касательное ускорение a^{τ}_{AB} точки A при вращении диска 1 вокруг полюса B $a^{\tau}_{AB} = \varepsilon_1 \cdot AB = a_A$.

Найдём модули векторов ускорений:

$$a^n_{AB} = \omega_1^2 \cdot AB = 15 \text{ м/с}^2;\ a^n_{BC} = \omega_2^2 \cdot BC = 26 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BC} = \varepsilon_2 \cdot BC$ остаётся неизвестным. Применить здесь способ дифференцирования выражения $V_C = \omega_2 \cdot P_2C$ для определения углового ускорения ε_2 невозможно, так как расстояние P_2C от мгновенного центра скоростей P_2 шатуна 2 до точки C меняется во время движения механизма неизвестным образом.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки A на оси x, y, выбранные, как показано на рис. 2.31. Получим систему уравнений:

$$\text{проекция на ось } x\text{: } -a_A \cos 60^\circ = a^{\tau}_{AB} - a^n_{BC} - a_C \cos 60^\circ;$$

$$\text{проекция на ось } y\text{: } a_A \cos 30^\circ = a^n_{AB} - a^{\tau}_{BC} + a_C \cos 30^\circ.$$

Из первого уравнения с учётом того, что $a^{\tau}_{AB} = a_A$, найдём ускорение точки A: a_A = 18,67 м/с^2. Положительное значение ускорения точки A означает, что вектор $\vec{a}_A$ направлен так, как показано на рис. 2.31, – в сторону направления вектора скорости $\vec{V}_A$. Из этого следует, что диск 1 движется ускоренно и угловое ускорение направлено в сторону его угловой скорости.

Из второго уравнения получим: $a^{\tau}_{BC} = 2{,}29$ м/с^2. Угловое ускорение шатуна 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{\left|a^{\tau}_{BC}\right|}{BC} = 2{,}2$ рад/с^2. Из того, что касательное ускорение a^{τ}_{BC} положительно, следует, что направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BC}$ совпадает с направлением, указанным на рис. 2.31. Это, в свою очередь, означает, что в данном положении механизма угловое ускорение шатуна 2 направлено так, как показано на рис. 2.31, – по направлению его угловой скорости, то есть шатун 2 вращается ускоренно.

Задача 35. По неподвижной шестерне 1 радиуса r_1 обкатывается шестерня 2 радиуса r_2, насаженная в центре на кривошип OA (рис. 2.32). Кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. На ободе шестерни 2 в точке B шарнирно прикреплен стержень BC, соединенный другим концом с центром C диска 3, катящегося без скольжения вдоль горизонтальной прямой. Радиус диска 3 равен радиусу шестерни 2: $r_3 = r_2$. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.32, определить ускорение точки D и угловое ускорение стержня BC, если $r_1 = 0{,}2$ м, $r_2 = 0{,}4$ м, $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2. Длина стержня $BC = 1$ м.

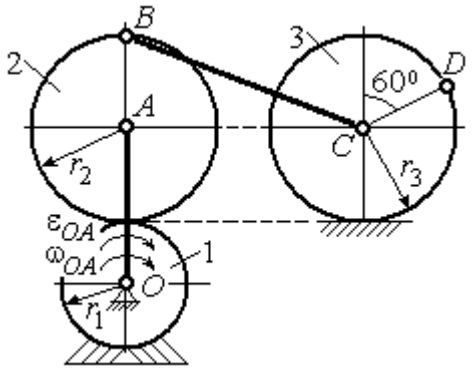


Рис. 2.32. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость его точки A: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 2{,}4$ м/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения (рис. 2.33).

При качении подвижной шестерни 2 по неподвижной 1, точка их соприкосновения P_2 является мгновенным центром скоростей шестерни 2. Угловая скорость шестерни 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 6$ рад/с. Скорость точки B шестерни 2:

$$V_B = \omega_2 \cdot BP_2 = 4{,}8 \text{ м/с}.$$

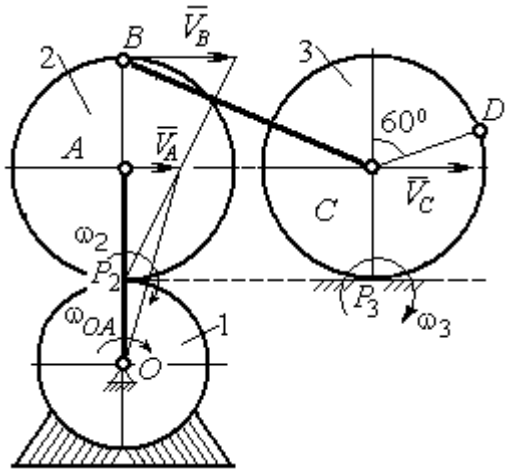


Рис. 2.33. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (или бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю и стержень совершает мгновенное поступательное движение. При таком движении мгновенные скорости всех точек стержня BC одинаковы по величине и направлению. Таким образом, $\omega_{BC} = 0$; $V_C = V_B = 4{,}8$ м/с.

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания диска с поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Направление угловой скорости ω_3 определяется направлением вектора $\vec{V}_C$.

Найдём ускорения точек и угловые ускорения звеньев механизма.

Выразим ускорение $\vec{a}_C$ точки C, направленное вдоль линии движения центра колеса 3, через полюс B. Ускорение представляется векторной суммой: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – вектор ускорения полюса B; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B. Вектор $\vec{a}^{\,n}_{CB}$ направлен вдоль стержня от точки C к

полюсу B, вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ перпендикулярен стержню BC. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ выбрано по предполагаемому угловому ускорению стержня BC, показанному на рис. 2.34 дуговой стрелкой ε_{CB}.

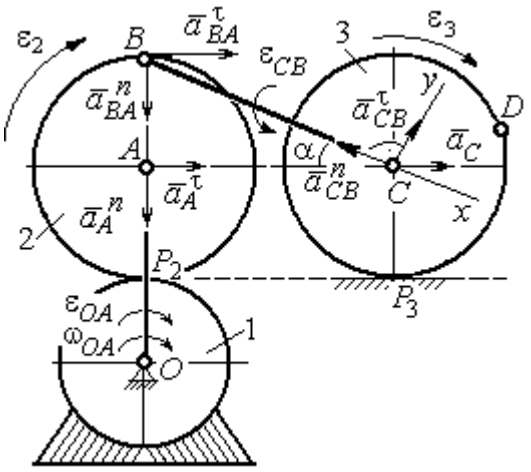


Рис. 2.34. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Рассмотрим плоскопараллельное движение шестерни 2 и выразим ускорение точки B через полюс A в виде векторного равенства: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки B при вращении шестерни 2 вокруг полюса A. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса шестерни от точки B к полюсу A, вектор $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ перпендикулярен линии BA. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ соответствует ускоренному вращению шестерни 2.

Рассмотрим вращение кривошипа OA. Вектор ускорения точки A кривошипа при вращении его вокруг неподвижной оси O представляется в виде суммы: $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A}$, где $\vec{a}^{n}_{A}$ и $\vec{a}^{\tau}_{A}$ – вектора нормальной и касательной составляющих ускорения точки A. Вектор $\vec{a}^{n}_{A}$ направлен вдоль кривошипа по направлению к оси вращения, вектор $\vec{a}^{\tau}_{A}$ перпендикулярен кривошипу и направлен в сторону углового ускорения ε_{OA} вращения кривошипа.

В результате для определения ускорения точки C имеем векторное равенство:

$$\vec{a}_C = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{CB} + \vec{a}^{\tau}_{CB}.$$

Направления всех векторов ускорений показаны на рис. 2.34.

Вычислим модули векторов, составляющих векторную сумму:

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 9{,}6 \text{ м/с}^2; \quad a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 1{,}2 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot BA = 14{,}4 \text{ м/с}^2; \quad a_{CB}^n = \omega_{BC}^2 \cdot BC = 0.$$

Заметим, что во время движения шестерни 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным r_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 r_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} r_2$. При криволинейном движении точки A производная от скорости равна касательному ускорению: $\frac{dV_A}{dt} = a_A^\tau$. С учётом, что $\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2$, получим: $a_A^\tau = \varepsilon_2 r_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a_A^\tau}{r_2} = 3$ рад/с^2 и $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 1{,}2$ м/с^2.

Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.34, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроектируем на них векторное равенство ускорения точки C. Получим систему уравнений:

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha - a_{CB}^n;$$

$$a_C \sin\alpha = -a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha - a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC, $\sin\alpha = \frac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$.

Находим из первого уравнения ускорение точки C: $a_C = 12{,}83$ м/с^2, из второго – касательное ускорение точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B: $a_{CB}^\tau = 33{,}95$ м/с^2. Величина углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \frac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 33{,}95$ рад/с^2. Положительное значение a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ направлен так, как показано на рис. 2.34. Тогда и

направление углового ускорения ε_{CB} стержня BC совпадает с направлением, показанным дуговой стрелкой на рис. 2.34.

При качении диска 3 точка C движется по прямой и расстояние CP_3 остается постоянным, равным радиусу диска 3. В этом случае равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 r_3$ можно продифференцировать по времени. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} r_3$. Так как движение точки C является прямолинейным, производная от скорости точки C равна ускорению этой точки: $\frac{dV_C}{dt} = a_C$. Тогда с учётом $\frac{d\omega_3}{dt} = \varepsilon_3$ имеем равенство $a_C = \varepsilon_3 r_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{r_3} = 32{,}07$ рад/с^2.

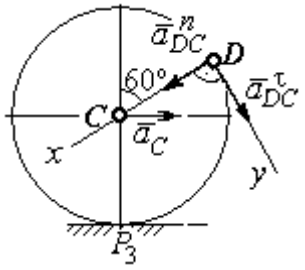


Рис.2.35. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Выразим ускорение точки D через полюс C, ускорение которого известно и по величине, и по направлению: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^n_{DC} + \vec{a}^\tau_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C; $\vec{a}^n_{DC}$, $\vec{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки D при вращении диска 3 вокруг полюса C. Модули ускорений

$$a_C = 12{,}83 \text{ м/с}^2;\ a^n_{DC} = \omega_3^2 DC = 57{,}6 \text{ м/с}^2;\ a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 DC = 12{,}83 \text{ м/с}^2.$$

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.34, и спроектируем векторное равенство ускорения точки D на оси. Получим систему уравнений:

$$a_{Dx} = -a_C \cos 30^\circ + a^n_{DC};\quad a_{Dy} = a_C \cos 60^\circ + a^\tau_{DC}.$$

Подставляя в уравнения проекций значения модулей ускорений, найдём: $a_{Dx} = 46{,}49$ м/с^2; $a_{Dy} = 19{,}25$ м/с^2.

Величина ускорения точки D: $a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 50{,}32$ м/с^2.

Заметим, что для определения ускорения точки D невозможно было сразу использовать приём с последовательным выражением ускорения точки D через ускорения полюсов C, B и A, так как в полученной в результате проекций системе двух уравнений будет три неизвестных величины - a_{Dx}, a_{Dy} и величина ускорения a_{CB}^{τ}.

Задача 36. Механизм качалки (рис. 2.36) включает в себя кривошип OA, вращающийся вокруг неподвижной оси O, шестерню 1 радиуса r_1, насаженную на кривошип в точке A и обкатывающуюся по неподвижной цилиндрической поверхности, и шатун BC, присоединённый одним концом в точке B к шестерне, а другим – в точке C к коромыслу CO_1. В положении, указанном на рис. 2.36, определить угловую скорость и угловое ускорение коромысла CO_1, если $\omega_{OA} = 2$ рад/с; $\varepsilon_{OA} = 4$ рад/с^2; $OA = 0{,}8$ м; $r_1 = 0{,}4$ м; $AB = 0{,}2$ м; $BC = 0{,}6$ м. Для этого же положения определить ускорение точки C.

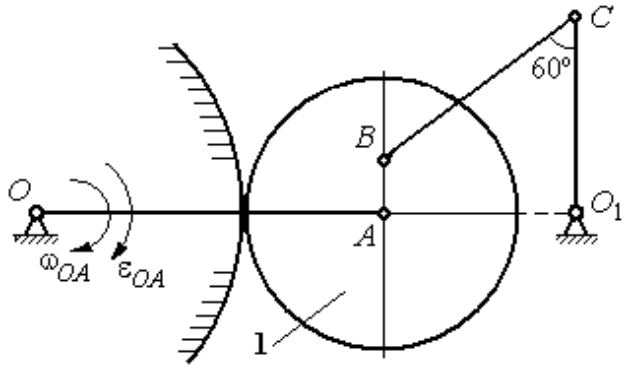


Рис. 2.36. Механизм качалки

Решение

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Скорость точки A кривошипа $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 1{,}6$ м/с. Вращаясь, кривошип передаёт движение шестерне 1, которая катится по неподвижной поверхности. Точка касания P_1 шестерни с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей шестерни. Тогда её угловая скорость $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 4$ рад/с. Направление угловой скорости показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой ω_1.

Расстояние от мгновенного центра скоростей шестерни до её точки B P_1B = 0,45 м. Скорость точки B: $V_B = \omega_1 \cdot P_1B =$ 1,8 м/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_1B и направлен в сторону вращения шестерни.

При вращении коромысла CO_1 вокруг неподвижной оси O_1 вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен коромыслу. Точка P_2, лежащая на пересечении перпендикуляров, восстановленных к векторам $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ – скоростей точек B и C, является мгновенным центром скоростей шатуна BC (рис. 2.37). Расстояние $BK = BC\cos 30^\circ = 0{,}52$ м; $\cos\alpha = \dfrac{AP_1}{BP_1} = 0{,}89$; $P_2B = \dfrac{BK}{\cos\alpha} = 0{,}58$ м. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_2} = 3{,}1$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой ω_{BC}.

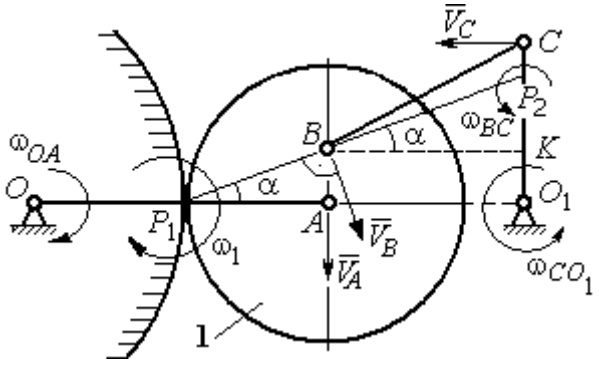


Рис. 2.37. Расчётная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Расстояние $P_2C = BC \cdot \sin 30^\circ - P_2B \cdot \sin\alpha = 0{,}04$ м. Скорость точки C шатуна BC: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_2C = 0{,}12$ м/с. Длина коромысла $CO_1 = CK + KO_1 = 0{,}5$ м, угловая скорость коромысла $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{CO_1} = 0{,}24$ рад/с.

Найдём ускорения звеньев механизма.

Считая, что точка C принадлежит шатуну BC, выразим ускорение точки C через полюс B: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса B; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки C при вращении шатуна вокруг полюса B.

Полагая, что точка B принадлежит шестерне 1, выразим её ускорение через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки A шестерни; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$

, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки B при вращении шестерни вокруг полюса A.

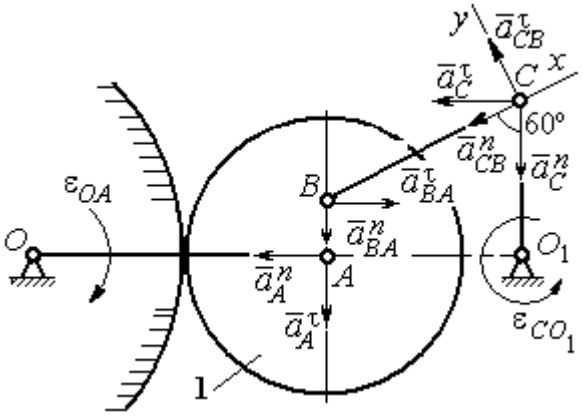


Рис. 2.38. Расчётная схема для определения ускорений точек механизма

Поскольку точка A принадлежит и кривошипу OA, а точка C – коромыслу CO_1, вращающихся вокруг своих неподвижных осей, вектора ускорений этих точек можно представить в виде сумм векторов:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\,n}_A + \vec{a}^{\,\tau}_A,\ \vec{a}_C = \vec{a}^{\,n}_C + \vec{a}^{\,\tau}_C,$$

где $\vec{a}^{\,n}_A$, $\vec{a}^{\,\tau}_A$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки A при вращении кривошипа вокруг оси O; $\vec{a}^{\,n}_C$, $\vec{a}^{\,\tau}_C$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки C при вращении коромысла вокруг оси O_1.

В результате подстановок получим полное векторное равенство, связывающее ускорения точек механизма:

$$\vec{a}^{\,n}_C + \vec{a}^{\,\tau}_C = \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB} + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA} + \vec{a}^{\,n}_A + \vec{a}^{\,\tau}_A.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.38.

Модули векторов ускорений:

$$a^n_C = \omega^2_{CO_1} \cdot CO_1 = 0{,}03 \text{ м/с}^2;\ \ a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB = 5{,}77 \text{ м/с}^2,$$

$$a^n_A = \omega^2_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ a^{\tau}_A = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2,$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_1 \cdot BA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ \ a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_1 \cdot BA.$$

Для определения ε_1 углового ускорения шестерни 1 продифференцируем равенство $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 r_1$. Получим: $a^{\tau}_A = \varepsilon_1 r_1$, откуда $\varepsilon_1 = \dfrac{a^{\tau}_A}{r_1} = 8$ рад/с^2.

Тогда $a^{\tau}_{BA} = 1{,}6$ м/с^2.

Неизвестными в векторном равенстве ускорений остаются модули векторов $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ и $\vec{a}^{\tau}_{C}$. Выберем ось *x* вдоль шатуна *BC*, как показано на рис. 2.38, и спроектируем на неё полное векторное равенство.

Получим уравнение:

$$-a^{n}_{C}\cos 60^{\circ} - \vec{a}^{\tau}_{C}\cos 30^{\circ} = -a^{n}_{CB} - a^{n}_{BA}\cos 60^{\circ} + a^{\tau}_{BA}\cos 30^{\circ} - a^{n}_{A}\cos 30^{\circ} - a^{\tau}_{A}\cos 60^{\circ},$$

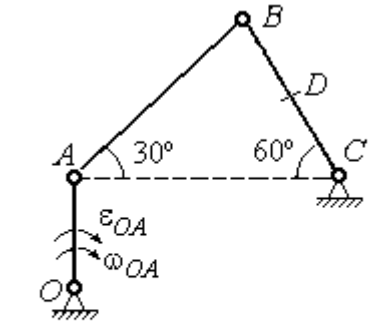
откуда найдём ускорение a^{τ}_{C} = 11,94 м/с^2. Угловое ускорение качалки

$$\varepsilon_{CO_1} = \frac{\left|a^{\tau}_{C}\right|}{CO_1} = 23{,}88 \text{ рад/с}^2.$$

Положительное значение касательного ускорения a^{τ}_{C} свидетельствует о том, что направление вектора ускорения $\vec{a}^{\tau}_{C}$ совпадает с направлением, показанным на рис. 2.38. В эту же сторону направлена и скорость $\vec{V}_C$ точки *C* (см. рис. 2.37). Следовательно, в данном положении движение качалки ускоренное и угловое ускорение направлено в сторону угловой скорости.

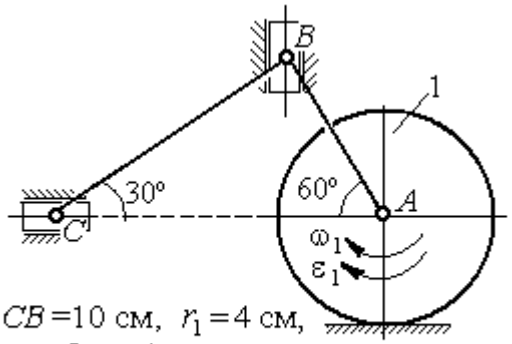
Упражнения

Упражнения 2.9



$OA = 4$ см, $BD = DC = 4$ см,
$\omega_{OA} = 3$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2.
Найти ускорение точки *D*

Упражнения 2.10



$CB = 10$ см, $r_1 = 4$ см,
$\omega_1 = 3$ рад/с, $\varepsilon_1 = 2$ рад/с^2.
Найти ускорение точки *C*

Рис. 2.39. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.9, 2.10

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки

Рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Неподвижная система координат, относительно которой определяются движения точки и тела, называется **основной**. Связанная с телом и движущаяся вместе с ним система координат называется **подвижной.**

Движение точки относительно подвижной системы координат (фактически движение точки относительно тела) называется **относительным**. **Переносным** движением называют движение, которое совершает точка вместе с подвижной системой координат (фактически вместе с телом). Движение точки относительно основной (неподвижной) системы координат называется **абсолютным.**

Скорость точки относительно подвижной системы координат называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Переносной скоростью точки и **переносным ускорением** называют скорость и ускорение той точки тела, с которой в данный момент совпадает движущаяся точка.

Скорость и ускорение точки относительно основной системы называют **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **скорость абсолютного движения точки равна векторной сумме переносной и относительной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **абсолютное ускорение точки равно векторной сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса:** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора

соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_{\text{к}}$ – вектор ускорения Кориолиса.

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением: $\vec{a}_{\text{к}} = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_{\text{к}}| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$ и вектором относительной скорости точки $\vec{V}_r$ (рис. 3.1).

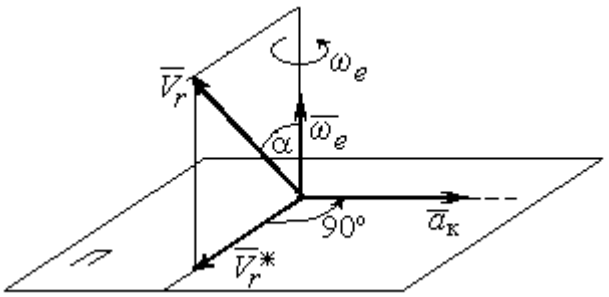


Рис. 3.1. Определение ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

На рис. 3.1 показан способ определения вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем. Построим плоскость *П*, перпендикулярную вектору угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроектируем вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости *П* вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. При этом модуль ускорения Кориолиса $a_{\text{к}} = 2|\omega_e| \cdot |V_r| \sin 90^\circ = 2\omega_e V_r$.

Примеры решения задач на сложное движение точки

Задача 37. Компрессор с криволинейными каналами (рис. 3.2) вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг оси O, перпендикулярной плоскости рисунка. Воздух перемещается по каналу AB с постоянной относительной скоростью $V_r = 4$ м/с. Найти ускорение частицы воздуха в начале канала в точке A и проекции этого ускорения на оси неподвижной системы координат xOy, если радиус $OA = 0{,}5$ м, радиус кривизны канала в точке A $\rho = 0{,}8$ м, угол между нормалью n к кривой AB в точке A и радиусом OA $\alpha = 30^\circ$.

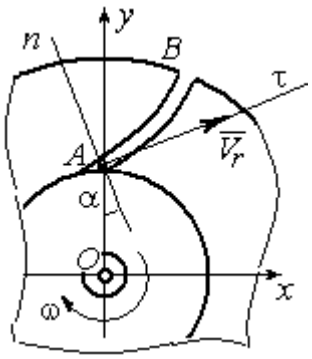


Рис.3.2. Движение воздуха по каналу компрессора

Решение

Переносным движением для частицы воздуха будет вращательное движение компрессора, а скорость точки A компрессора, где по условию находится частица воздуха, будет её переносной скоростью: $V_e = \omega \cdot OA = 5$ м/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости частицы перпендикулярен радиусу OA и направлен в сторону угловой скорости вращения компрессора (рис. 3.3).

Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости частицы воздуха направлен вдоль касательной к кривой AB (стенки канала) в точке A.

Вектор абсолютной скорости частицы воздуха равен геометрической сумме векторов относительной и переносной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ (см. рис. 3.3). Спроектируем это векторное равенство на оси x, y. Получим систему уравнений:

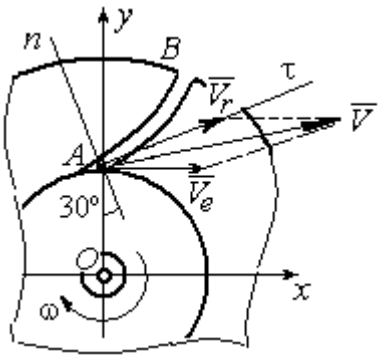


Рис. 3.3. Построение вектора абсолютной скорости частицы

$$V_x = V_e + V_r \cos 30^\circ = 8{,}46 \text{ м/с}; \; V_y = V_r \cos 60^\circ = 2 \text{ м/с}.$$

Модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 8{,}69$ м/с.

Найдём ускорение частицы воздуха.

Абсолютное ускорение частицы определяется по теореме сложения ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{\text{к}}.$$

В относительном движении частица движется между стенками канала по криволинейной траектории, и её ускорение $\vec{a}_r$ представляется суммой: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих относительного ускорения частицы.

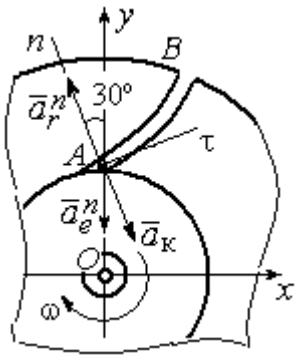


Рис. 3.4. Составляющие ускорения частицы в сложном движении

Переносное ускорение частицы $\vec{a}_e$ есть ускорение точки A вращающегося компрессора, которое выражается суммой $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$, где $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих переносного ускорения частицы.

В результате абсолютное ускорение частицы воздуха в точке А выражается векторной суммой:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Вычислим модули ускорений:

$$a_r^{\tau} = \dot{V}_r = 0,\ a_r^{n} = \frac{V_r^2}{\rho} = 20 \text{ м/с}^2;\ a_e^{\tau} = \varepsilon \cdot OA = \dot{\omega} \cdot OA = 0,$$

$$a_e^{n} = \omega^2 r = 50 \text{ м/с}^2;\ a_{\text{к}} = 2\omega V_r = 80 \text{ м/с}^2.$$

Направление ускорения Кориолиса определяется простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. Вектора ускорений показаны на рис. 3.4.

Спроектируем векторное равенство ускорения частицы на оси неподвижной системы координат *xOy*. Получим:

$$a_x = -a_r^{n}\cos 60^\circ + a_{\text{к}}\cos 60^\circ = 30 \text{ м/с}^2;$$

$$a_y = a_r^n \cos 30^\circ - a_e^n - a_к \cos 30^\circ = -101{,}96 \text{ м/с}^2.$$

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 106{,}28$ м/с^2.

Задача 38. При совмещении работы механизмов подъёма груза и поворота крана (рис. 3.5) груз A перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. На участке разгона барабан B радиуса $r_1 = 0{,}5$ м, на который навит канат, поддерживающий груз, вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon_1 = 3$ рад/с^2, а кран разворачивается вокруг оси O_1O_2 с угловым ускорением $\varepsilon_2 = 0{,}5$ рад/с^2.

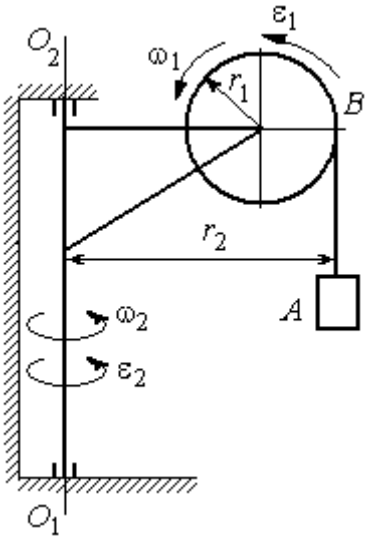


Рис. 3.5. Механизм поворотного крана

Пренебрегая отклонением каната от вертикали, определить скорость и ускорение груза в момент времени $t_1 = 1$ с, если вылет стрелы крана до линии подвеса груза $r_2 = 10$ м.

Решение

Подъём груза A на канате является для груза относительным движением, а вращение крана – переносным. Вектор абсолютной скорости груза равен сумме $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где вектора относительной $\vec{V}_r$ и переносной $\vec{V}_e$ скоростей.

При равноускоренном вращении барабана B из состояния покоя его угловая скорость $\omega_1 = \varepsilon_1 t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_1 = 3$ рад/с. Скорость подъёма груза A в этот момент $V_r(1) = \omega_1(1) r_1 = 1{,}5$ м/с. Вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ направлен вдоль линии движения груза, в сторону его подъёма (рис. 3.6).

Угловая скорость крана при постоянном угловом ускорении $\omega_2 = \varepsilon_2 t$. При $t_1 = 1$ с $\omega_2 = 0{,}5$ рад/с. Переносная скорость груза A равна скорости груза, движущегося вместе со стрелой крана по окружности радиуса r_2: $V_e = \omega_2 r_2 = 5$ м/с. Вектор переносной скорости груза $\vec{V}_e$ направлен по касательной к траектории переносного движения груза в сторону угловой скорости вращения крана (см. рис. 3.6).

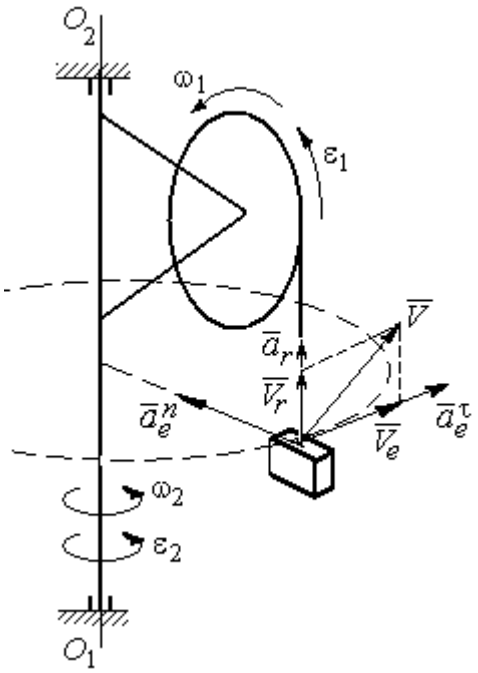


Рис. 3.6. Расчётная схема для определения скорости и ускорения груза на поворотном кране

Так как вектора относительной и переносной скоростей груза взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_r^2 + V_e^2} = 5{,}22$ м/с.

Найдём абсолютное ускорение груза.

Теорема сложения ускорений имеет вид векторной суммы: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_к = \vec{a}_r^n + \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_к$, где $\vec{a}_r^n$, $\vec{a}_r^\tau$, $\vec{a}_e^n$, $\vec{a}_e^\tau$, $\vec{a}_к$ – вектора нормального и касательного ускорений груза в относительном и переносном движениях и ускорение Кориолиса. Найдём модули векторов ускорений.

Нормальное относительное ускорение a_r^n груза, движущегося прямолинейно, равно нулю: $a_r^n = 0$, а касательное a_r^τ равно по величине касательному ускорению точки на поверхности барабана: $a_r^\tau = \varepsilon_1 r_1 = 1{,}5$ м/с^2. Направление вектора $\vec{a}_r^\tau$ относительного касательного ускорения груза определяется направлением углового ускорения барабана.

Переносные нормальное a_e^n и касательное a_e^τ ускорения груза: $a_e^n = \omega_2^2 r_2$ = 2,5 м/с^2; $a_e^\tau = \varepsilon_2 r_2$ = 5 м/с^2. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_e^\tau$ направлен в сторону углового ускорения вращения крана.

Ускорение Кориолиса $a_к$ равно нулю, так как вектор $\vec{V}_r$ параллелен вектору $\vec{\omega}_2$: $a_к = 0$.

Направления векторов ускорений, модули которых отличны от нуля, показаны на рис. 3.6. В результате вектор абсолютного ускорения груза представлен в виде разложения на три взаимно перпендикулярных вектора: $\vec{a} = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_r^\tau$, поэтому модуль абсолютного ускорения груза $a = \sqrt{(a_e^n)^2 + (\vec{a}_e^\tau)^2 + (\vec{a}_r)^2}$ = 5,79 м/с^2.

Задача 39. Фигура, состоящая из половины диска и построенного на его диаметре равнобедренного треугольника (рис. 3.7), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину A треугольника, по закону $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад. Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ.

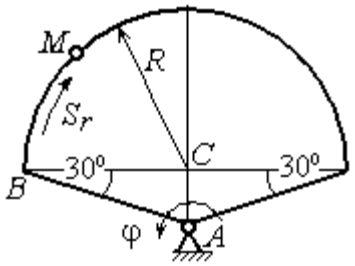


Рис. 3.7. Схема сложного движения точки

По ободу диска из начального положения B движется точка M. Уравнение движения точки: $B\breve{M} = S_r = 9\pi t^2$, см.. Положительное направление отсчёта дуги BM показано дуговой стрелкой S_r (см. рис. 3.7). Радиус диска R = 9 см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени t_1 = 1 с.

Решение

Переносным движением точки M является вращение фигуры вокруг оси A, относительным – её движение по окружности обода диска.

Положение точки M на окружности определяется центральным углом: $\alpha = \dfrac{S_r}{R}$, где S_r – длина дуги окружности, пройденная точкой. В момент времени $t_1 = 1$ с $S_r = 9\pi$ см и $\alpha = \pi$. Расчётное положение точки M на рис. 3.8 обозначено M_1.

Угловая скорость вращения фигуры равна модулю производной $\omega_e = |\dot{\varphi}_e| = |5 - 4t|$. При $t_1 = 1$ с $\omega_e(1) = 1$ рад/с. Направление угловой скорости определяется знаком производной $\dot{\varphi}_e$. Положительная на данный момент времени величина производной ($\dot{\varphi}_e = 1$) показывает, что вращение фигуры происходит в положительном направлении отсчёта угла φ_e и отмечено на рис. 3.8 дуговой стрелкой ω_e.

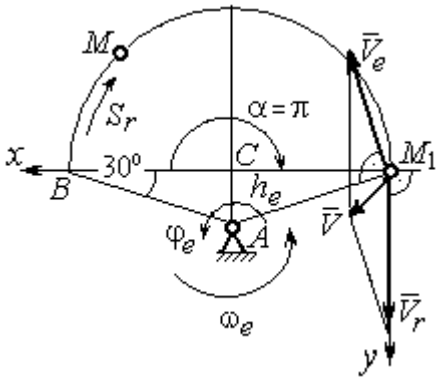


Рис. 3.8. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки

Переносная скорость точки V_e – это скорость расчётного положения точки M вращающейся фигуры: $V_e = \omega_e h_e = = \omega_e AM_1 = \dfrac{\omega_e R}{\cos 30^\circ} = 10{,}39$ см/с. Вектор переносной скорости точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен отрезку AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.8).

Скорость точки в относительном движении определяется как модуль производной: $V_r = |\dot{S}_r| = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r = 18\pi > 0$ указывает, что в этот момент времени относительное движение точки происходит в положительном направлении отсчёта дуги окружности, по которой движется точка. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки перпендикулярен отрезку CM_1 и направлен в сторону её движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти абсолютную скорость точки, выберем оси координат M_1x, M_1y, как показано на рис. 3.8, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 5{,}2 \text{ см/с}, \; V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = 47{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 47{,}8$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяется по теореме сложения ускорений: $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$.

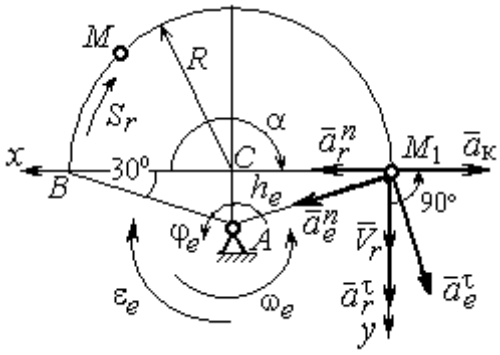


Рис. 3.9. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Переносное ускорение точки представляется в виде суммы: $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n}$, где $\vec{a}_e^{\,\tau}$ и $\vec{a}_e^{\,n}$ – переносные касательное и нормальное ускорения. В относительном движении точки (по дуге окружности) ускорение также может быть разложено на две составляющие – относительные касательное и нормальное ускорения: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$. В результате теорема о сложении ускорений приобретает вид: $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$.

Вычислим модули и направления векторов ускорений в расчётном положении точки M_1.

Относительное касательное ускорение a_r^τ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$, где $\ddot{S}_r = 18\pi = 56{,}5$ см/с^2. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,\tau}$ направлен по касательной в сторону положительного отсчёта траектории относительного движения. Относительное

нормальное ускорение точки a_r^n вычисляется по формуле: $a_r^n = \frac{V_r^2}{R}$ и в момент t_1 = 1 с равно 355,3 см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ направлен по радиусу диска к центру C (рис. 3.9).

Угловое ускорение фигуры в момент времени t_1 = 1 с, $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e|$ = 4 рад/с^2. Поскольку значение второй производной угла поворота отрицательное ($\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2), то угловое ускорение направлено в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота фигуры, как показано на рис. 3.9 дуговой стрелкой ε_e. Модуль переносного касательного ускорения a_e^τ определяется по формуле $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = \varepsilon_e \cdot AM_1$ и в момент времени t_1 = 1 с равен 41,6 см/с^2. Вектор переносного касательного ускорения точки $\vec{a}_e^\tau$ перпендикулярен AM_1 и направлен в сторону углового ускорения фигуры ε_e (см. рис. 3.9). Переносное нормальное ускорение вычисляется по формуле $a_e^n = \omega_e^2 h_e = \omega_e^2 \cdot AM_1$ и на момент времени t_1 = 1 с: a_e^n = 10,4 см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен вдоль отрезка M_1A к оси вращения тела (см. рис. 3.9).

Модуль ускорения Кориолиса в момент времени t_1 = 1 с $a_к = 2\omega V_r$ = =113,1 см/с^2. По условию задачи вектор $\vec{V}_r$ скорости относительного движения точки перпендикулярен вектору $\vec{\omega}_e$ угловой скорости переносного движения. В этом случае для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения (см. рис. 3.9).

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси M_1x и M_1y, как показано на рис. 3.9, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на эти оси. Получим:

$$a_x = -a_e^\tau \cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 230{,}4 \text{ см/с}^2;$$

$$a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 250{,}3 \text{ см/с}^2.$$

Задача 40. Диск (рис. 3.10) вращается вокруг оси O_1O_2, проходящей вдоль вертикального диаметра, с угловой скоростью $\omega = 2t^2 + 4\cos\pi t$ рад/с. Положительное направление отсчёта угла поворота диска отмечено на схеме дуговой стрелкой φ. Вдоль другого диаметра диска, наклоненного под углом 30º к вертикальному, движется точка M по закону $CM = S_r = (4t-1)^2 - 1$ см. Расстояние отсчитывается от точки C на краю диска. Положительное направление движения точки M показано стрелкой S_r. Радиус диска $R = 4$ см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

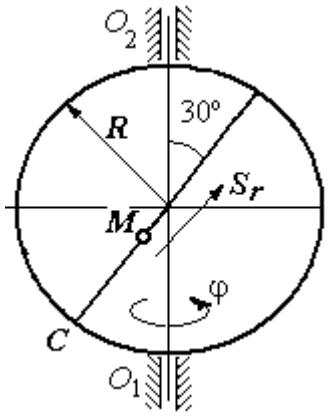


Рис. 3.10. Схема сложного движения точки

Решение

Переносным движением точки M является вращение диска вокруг вертикального диаметра, относительным – её прямолинейное движение вдоль наклонного диаметра диска.

Расстояние S_r, пройденное точкой, к моменту времени $t_1 = 1$ с равно 8 см. При радиусе диска $R = 4$ см точка M в данный момент времени находится на противоположном от точки C конце диаметра. На рис. 3.11 это положение обозначено буквой M_1.

Угловая скорость диска равна модулю производной: $\omega = |\dot{\varphi}| = |2 + 4\cos\pi|$ и при $t_1 = 1$ с $\omega = 2$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по знаку производной $\dot{\varphi}$. В данном случае производная имеет отрицательное значение ($\dot{\varphi} = -2$ рад/с). Это означает, что вращение диска происходит в сторону,

противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота. Направление угловой скорости диска в данный момент времени отмечено на рис. 3.11 дуговой стрелкой ω.

Переносная скорость точки V_e – это скорость точки M_1 на вращающемся диске: $V_e = \omega h_e = \omega \cdot KM_1$, где $KM_1 = h_e$ – расстояние от оси вращения диска до точки M_1. Очевидно, $KM_1 = 0{,}5R = 2$ см. При $t_1 = 1$ с величина переносной скорости $V_e = 4$ см/с. Вектор переносной скорости $\vec{V}_e$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ и направлен в сторону вращения диска (рис. 3.11, *a*).

(На рис. 3.11, *a* символ $\odot$ рядом с вектором означает, что данный вектор направлен перпендикулярно плоскости рисунка «к нам», символ $\oplus$ – «от нас».)

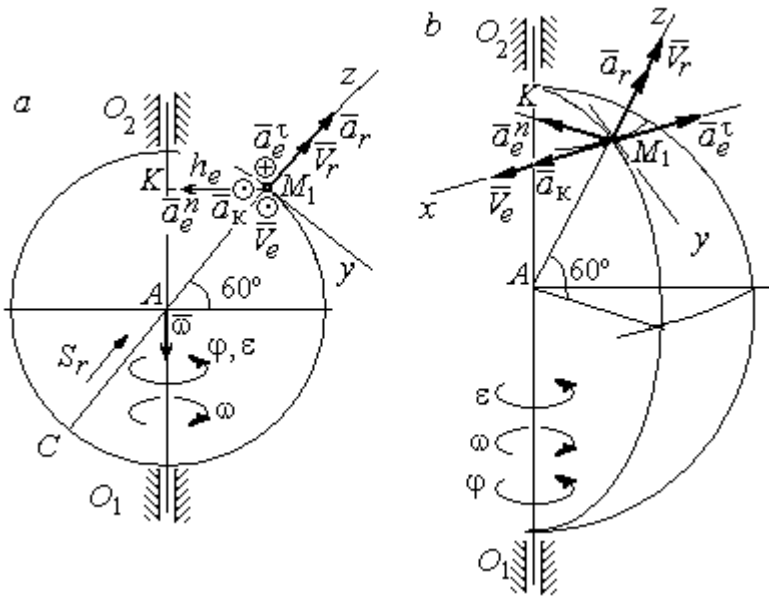


Рис. 3.11. Расчётная схема определения абсолютной скорости и ускорения точки:
a – плоская модель движения;
b – пространственная модель движения

Относительная скорость точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = = \left|8(4t-1)\right|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 24$ см/с. Положительное значение самой производной $\dot{S}_r$ указывает, что относительное движение точки в данный момент времени происходит в положительном направлении. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен вдоль диаметра диска CM_1 в сторону движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Так как векторы $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$ взаимно

перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_e^2 + V_r^2} =$ 24,33 см/с. Вектор абсолютной скорости на рис. 3.11 не показан.

Абсолютное ускорение точки определяется векторной суммой, которая при прямолинейном относительном и вращательном переносном движениях представляется в виде: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}$.

Относительное ускорение точки $a_r = \left|\ddot{S}_r\right| =$ 32 см/с^2. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r$ в точке M_1 направлен по линии движения точки в сторону положительного направления (см. рис. 3.11).

Угловое ускорение диска $\varepsilon = \left|\dot{\omega}\right| = \left|4t - 4\pi\sin\pi t\right|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon = 4$ рад/с^2. Положительное значение производной в данный момент времени ($\dot{\omega} = 4$ рад/с^2) означает, что угловое ускорение ε направлено в сторону положительного направления отсчёта угла поворота диска. Направление углового ускорения показано на рис. 3.11 дуговой стрелкой ε. Модуль переносного касательного ускорения a_e^{τ} определяется по формуле $a_e^{\tau} = \varepsilon h_e$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{\tau} = 8$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_e^{\tau}$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ в точке M_1 и направлен в сторону углового ускорения (противоположно вектору скорости).

Переносное нормальное ускорение a_e^{n} рассчитывается по формуле $a_e^{n} = \omega^2 h_e = \omega^2 \cdot KM_1$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{n} = 8$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^{n}$ направлен вдоль отрезка M_1K к оси вращения диска (см. рис. 3.11).

Вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ составляет с вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}$ угол 150º. Модуль ускорения Кориолиса на момент времени $t_1 = 1$ с $a_{\text{к}} = 2\left|\omega\right|\left|V_r\right|\sin 150^\circ =$ 48 см/с^2.

Направление вектора ускорения Кориолиса определяем по правилу Жуковского. Так, вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ проектируем на плоскость, перпендикулярную вектору $\vec{\omega}$ (т. е. на плоскость, перпендикулярную оси вращения тела). На рис 3.11, *а* это будет проекция на линию KM_1. Далее следует повернуть вектор проекции относительной скорости вокруг оси вращения на 90° в сторону угловой скорости вращения диска. На рис 1.11, *а* вектор ускорения Кориолиса перпендикулярен плоскости рисунка в точке M_1 и направлен «на нас».

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси координат M_1x, M_1y и M_1z, как показано на рис. 3.11 (на рис. 3.11, *а* ось M_1x направлена перпендикулярно рисунку «к нам» и на рисунке не показана). Спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на оси

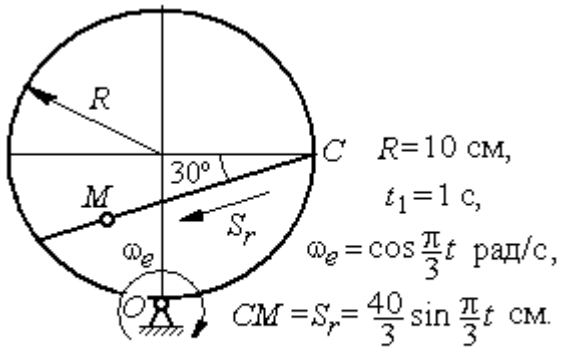
$$a_x = -a_e^{\tau} + a_{\text{к}} = 40 \text{ см/с}^2; \quad a_y = -a_e^n \cos 30^\circ = 6{,}93 \text{ см/с}^2;$$

$$a_z = a_r - a_e^n \cos 60^\circ = 28 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = 49{,}32$ см/с^2.

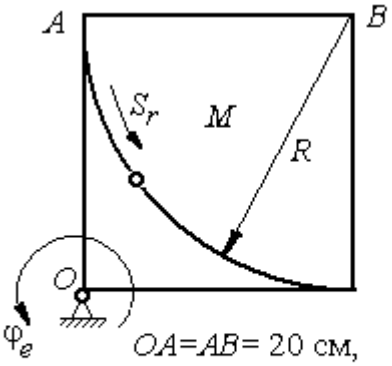
Упражнения

Упражнение 3.1



Найти скорость и ускорение точки M в момент $t = t_1$

Упражнение 3.2



$\overset{\smile}{AM} = S_r = 5\pi t^2$ см, $\varphi_e = t^2 - 5t$ рад.

Найти скорость и ускорение точки M в момент $t = t_1 = 1$ с

Рис. 3.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 3.1, 3.2

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение материальной точки под действием системы сил $\vec{F}_1,\ \vec{F}_2,\ldots,\ \vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:**

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx},\ m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky},\ m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}.$$

Обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнения движения можно записать в виде:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx};\ m\ddot{y} = \sum F_{ky};\ m\ddot{z} = \sum F_{kz},$$

где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций всех сил на оси координат.

Для удобства интегрирования дифференциальные уравнения движения иногда представляют в виде:

$$m\frac{dV_x}{dt} = \sum F_{kx};\ m\frac{dV_y}{dt} = \sum F_{ky};\ m\frac{dV_z}{dt} = \sum F_{kz},$$

где $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$ – проекции вектора скорости точки на оси координат.

В естественной системе координат движение материальной точки описывается уравнениями в естественной форме:

$$m\frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau};\ m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn};\ 0 = \sum F_{kb},$$

где ρ – радиус кривизны траектории; τ, n, b – оси естественного трехгранника – касательная, нормаль и бинормаль.

В общем случае правые части дифференциальных уравнений зависят от времени, положения и скорости точки. Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

Примеры решения задач на интегрирование уравнений движения

Задача 41. При обогащении по трению разделение частиц производится следующим образом. Барабанный питатель (рис. 4.1) сообщает частице в точке A сортировочного стола AB начальную скорость V_0, направленную вдоль поверхности стола, наклоненного под углом α к горизонту. Нижний край стола в точке B поднят на высоту h над уровнем пола. Частица скользит по столу, испытывая силу трения скольжения с коэффициентом трения f. Дойдя до края стола в точке B, частица отрывается от него и совершает свободное падение с высоты h. На каком расстоянии $CK = \ell$ на полу нужно установить стенку приёмного устройства, чтобы частицы с коэффициентом трения меньше заданного $f < f_1$ перелетали за точку C и попадали в приёмник, а с большим коэффициентом $f > f_1$ – не долетали до него.

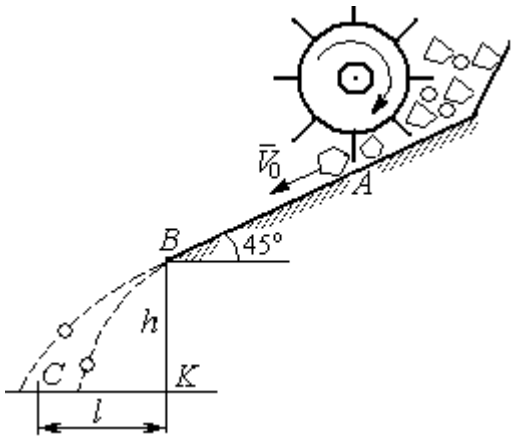


Рис. 4.1. Разделение частиц по трению

Начальная скорость частицы $V_0 = 1$ м/с, длина сортировочного стола $AB = S = 1{,}2$ м, угол наклона $\alpha = 45°$, высота точки отрыва $BK = h = 1{,}5$ м, заданный коэффициент трения для разделения частиц $f_1 = 0{,}4$.

Решение

Из условия задачи следует, что частица с коэффициентом трения, равным заданному, $f = f_1$ в конце своего движения (скольжение по столу + свободное падение) должна попасть ровно в точку C (см. рис. 4.1).

Рассмотрим первый участок движения такой частицы – прямолинейное движение по шероховатой поверхности наклонного стола. На частицу действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Выберем систему

координат *xAy*, направив ось *x* вдоль линии движения, а ось *y* – перпендикулярно ей (рис. 4.2). Движение частицы описывается уравнениями:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = P\cos 45^\circ - F_{\text{тр}};\ m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -P\cos 45^\circ + N.$$

Поскольку вдоль оси *y* частица не перемещается, то $\ddot{y} = 0$. Тогда второе уравнение движения представляется в виде: $-P\cos 45^\circ + N = 0$, откуда реакция опоры частицы $N = mg\cos 45^\circ$. Сила трения, которую испытывает частица, двигаясь по сортировочному столу: $F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 45^\circ$, где f – коэффициент трения.

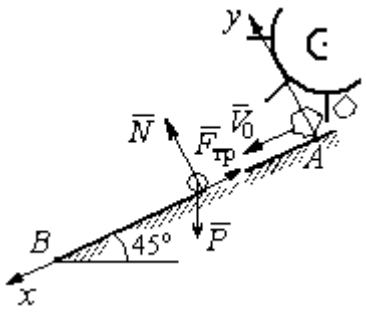


Рис. 4.2. Движение частицы по наклонной плоскости

Подставляя в уравнение движения частицы, выражение силы трения и полагая ускорение $\ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt}$, получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dV_x}{dt} = g(1 - f)\cos 45^\circ \text{ или при } f = f_1 = 0{,}4:\ \frac{dV_x}{dt} = 4{,}18.$$

После интегрирования найдём скорость и закон движения частицы как функции времени: $V_x = 4{,}18t + C_1$; $x = 2{,}09t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий движения. Подставляя начальные условия $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_x(0) = V_0$ в уравнение движения частицы, найдём $C_2 = 0$, $C_1 = V_0$.

Окончательно движение частицы на прямолинейном участке *AB* сортировочного стола описывается системой уравнений: $V_x = 4{,}18t + 1$; $x = 2{,}09t^2 + t$.

Допустим частица достигает края стола *B* в момент времени $t = t_B$. Её координата равна длине сортировочного стола: $x(t_B) = S$, а скорость равна скорости отрыва её от стола: $V_x(t_B) = V_B$. Подставим эти условия в уравнения

движения, получим систему: $V_B = 4{,}18t_B + 1$, $S = 2{,}09t_B^2 + t_B$, откуда скорость частицы в точке отрыва её от стола $V_B = \sqrt{1 + 8{,}36S}$. При длине стола S = 1,2 м скорость отрыва V_B = 3,32 м/с.

Рассмотрим участок BC свободного падения частицы, брошенной с высоты h с начальной скоростью V_B, направленной под углом 45° к горизонту (рис. 4.3). В полёте на частицу действует только сила тяжести $\vec{P}$. Выберем прямоугольную систему координат xKy с началом координат в точке K (см. рис. 4.3). Дифференциальные уравнения движения точки

$$m\ddot{x} = 0;\ m\ddot{y} = -P = -mg \text{ или } \ddot{x} = 0,\ \ddot{y} = -g.$$

Интегрируя первое уравнение, получим, что движение частицы вдоль оси x описывается уравнениями $\dot{x} = C_3$; $x = C_3t + C_4$. Константы интегрирования C_3 и C_4. определяются из начальных условий движения: при t = 0 , $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_{Bx}$, где V_{Bx} – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось x, $V_{Bx} = V_B\cos 45^\circ$ = 2,35 м/с. После подстановки начальных условий в уравнение движения частицы получим: C_4 = 0, C_3 = 2,35. В результате, движение частицы вдоль оси x при её свободном падении описывается уравнением $x = 2{,}35t$.

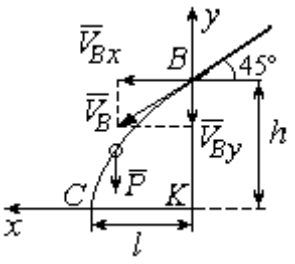


Рис. 4.3. Свободное падение частицы

Проинтегрируем уравнение движения частицы в направлении оси y. Получим: $\dot{y} = -gt + C_5$ и $y = -g\dfrac{t^2}{2} + C_5t + C_6$. Начальные условия движения частицы вдоль оси y: при t = 0 , $y(0) = h$ = 1,5 м, $\dot{y}(0) = V_{By} = -V_B\cos 45^\circ = -2{,}35$ м/с, где V_{By} – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось y. Подставляя начальные условия в уравнение движения, найдём: $C_6 = h$; $C_5 = V_{By} = -2{,}35$. Таким образом, движение частицы вдоль оси y при её свободном падении описывается уравнением $y = -4{,}91t^2 - 2{,}35t + 1{,}5$.

В момент $t = t_{\text{п}}$ падения частицы на пол её вертикальная координата обращается в нуль: $y = 0$, а горизонтальная – равна дальности полёта: $x = \ell$. Подставляя эти условия в уравнения движения частицы, получим систему:

$$\ell = 2{,}35t_{\text{п}},\ 0 = -4{,}91t_{\text{п}}^2 - 2{,}35t_{\text{п}} + 1{,}5.$$

Исключая в системе время $t_{\text{п}}$, выразим уравнение для определения дальности горизонтального полёта: $\ell^2 + 1{,}12\ell - 1{,}68 = 0$. Отсюда находим: $\ell = 0{,}85$ м.

Таким образом, частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}4$ в конце своего движения падают на горизонтальную поверхность на расстоянии 0,85 м от края стола. Очевидно, именно здесь необходимо установить разделительную стенку приёмного устройства. Частицы с меньшим коэффициентом трения ($f < 0{,}4$) будут улетать за стенку, а при большем ($f > 0{,}4$) – недолетать. К примеру, длина горизонтального полёта частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}3$ составляет 0,89 м, а при $f = 0{,}5$ равна 0,61 м.

Задача 42. Материальная точка массой $m = 1$ кг движется прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10 - kt$ Н, где k – коэффициент пропорциональности; $k = \text{const}$; t – время в секундах. Определить величину коэффициента k, при котором скорость точки за первую секунду от начала движения увеличится от начального значения $V_0 = 2$ м/с до величины $V_1 = 10$ м/с, а также путь, пройденный точкой до остановки.

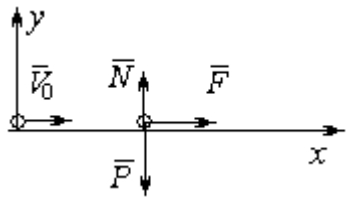


Рис. 4.4. Прямолинейное движение точки

Решение

Для описания движения точки выберем прямоугольную систему координат x, y с началом в том месте, откуда точка начала движение (рис. 4.4).

На точку действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и заданная сила $\vec{F}$. Направление силы $\vec{F}$ на рис. 4.4 соответствует начальному этапу движения,

когда проекция силы на ось x положительная. Движение точки описывается уравнением $m\ddot{x} = F_x = 10 - kt$.

Положим $\ddot{x} = \frac{dV}{dt}$. Здесь в силу того, что движение происходит только вдоль одной координаты, индекс x у скорости опущен. Учитывая массу точки, получим уравнение $\frac{dV}{dt} = 10 - kt$. Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение, найдём закон изменения скорости точки $V = 10t - k\frac{t^2}{2} + C_1$. Выражая скорость через производную от координаты $V = \frac{dx}{dt}$, получим дифференциальное уравнение $\frac{dx}{dt} = 10t - k\frac{t^2}{2} + C_1$, интегрируя которое, найдём уравнение движения точки $x = 5t^2 - k\frac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$.

Подставляя начальные условия (при $t = 0$, $V = V_0 = 2$ м/с, $x = 0$) в уравнения, получим: $C_1 = 2$, $C_2 = 0$. Окончательно движение точки описывается системой уравнений: $V = 10t - k\frac{t^2}{2} + 2$; $x = 5t^2 - k\frac{t^3}{6} + 2t$.

Известно, что через 1 с от начала движения точка приобрела скорость $V_1 = 10$ м/с. Подставляя это условие в первое уравнение, найдём $k = 4$.

В момент t_1 точка остановилась и её скорость обращается в нуль: $V(t_1) = 0$, а координата равна пройденному пути: $x(t_1) = S$. Подставляя эти условия в уравнения движения с учетом вычисленного значения коэффициента k, получим систему: $0 = 10t_1 - 2t_1^2 + 2$; $S = 5t_1^2 - \frac{2}{3}t_1^3 + 2t_1$, откуда находим путь, пройденный точкой до остановки: $S = 51{,}86$ м.

Задача 43. Материальная точка массой $m = 1$ кг, находясь на высоте $h_1 = 2$ м над уровнем Земли, подброшена вертикально вверх (ось x) с начальной скоростью $V_0 = 4$ м/с (рис. 4.5, *а*). При движении на точку действует сила

сопротивления, пропорциональная квадрату скорости, так, что проекция её на вертикаль направлена в сторону, противоположную движению, $R_x = -0{,}5mV^2$ Н, где V – скорость точки. Определить, на какой высоте h_2 от уровня Земли скорость падающей обратно точки достигнет значения начальной стартовой скорости.

Решение

Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе рассматривается движение точки вверх с высоты h_1 с начальной скоростью V_0 и определение максимальной высоты полёта H, на втором этапе – падение точки вниз с высоты H без начальной скорости (рис. 4.5, *b*).

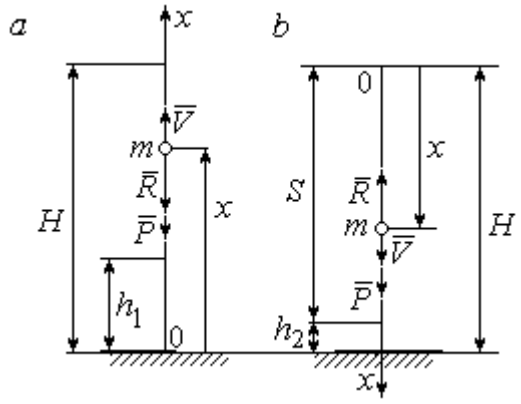


Рис. 4.5. Силы, действующие на точку в полёте:
a – движение точки вверх;
b – движение точки вниз

Рассмотрим первый этап движения и найдём максимальную высоту подъёма точки. На рис. 4.5, *a* показаны силы, действующие на точку в полёте: сила тяжести $\vec{P}$ и сила сопротивления $\vec{R}$. Ось *x*, вдоль которой происходит движение точки, выбрана по направлению движения, начало координат – на уровне Земли (см. рис. 4.5, *a*).

Дифференциальное уравнение движения точки в проекции на ось *x*: $m\ddot{x} = \sum F_x = P_x + R_x$, где проекции сил тяжести и сопротивления на ось *x*: $P_x = -P = -mg$; $R_x = -0{,}5mV^2$. Полагая $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$, получим уравнение движения точки в виде: $\dfrac{dV}{dt} = -(g + 0{,}5V^2)$.

Учитывая, что $\frac{dV}{dt}=\frac{dV}{dx}\frac{dx}{dt}=V\frac{dV}{dx}=\frac{dV^2}{2dx}$, исходное уравнение движения представляется в виде, удобном для интегрирования: $\frac{dV^2}{g+0{,}5V^2}=-2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g+0{,}5V^2)=-x+C$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, точка находилась на высоте $x = h_1$, а скорость её $V = V_0$. Подставив эти значения в проинтегрированное уравнение, получим: $C=h_1+\ln(g+0{,}5V_0^2)$. Окончательно положение точки в полёте определяется выражением $x=h_1+\ln\left(\frac{g+0{,}5V_0^2}{g+0{,}5V^2}\right)$.

При максимальном подъёме точки, т. е. при $x=H$, её скорость обращается в нуль: $V = 0$. Подставляя H, получим: $H=h_1+\ln\left(1+\frac{V_0^2}{2g}\right)$. При начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, с учётом высоты точки старта $h_1 = 2$ м, высота подъёма точки относительно уровня Земли $H = 2{,}6$ м.

Рассмотрим второй этап решения задачи – движение точки вниз с максимальной высоты H без начальной скорости. Выберем ось x по направлению движения и поместим начало координат в точке, откуда началось движение вниз (рис. 4.5, *b*). Дифференциальное уравнение движения падающей точки: $m\frac{dV}{dt}=P_x+R_x=mg-0{,}5mV^2$, которое, как и в предыдущем случае, приводится к виду: $\frac{dV^2}{g-0{,}5V^2}=2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g-0{,}5V^2)=-x+C_1$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, координата точки и скорость равны нулю: $x = 0$, $V = 0$. Подставив эти значения, находим: $C_1=\ln g$.

Окончательно положение падающей точки определяется выражением $x = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V^2}\right)$.

Расстояние S, которое пролетела точка с высоты H, приобретя скорость, V_0: $S = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V_0^2}\right)$. Высота h_2 этого положения от уровня Земли: $h_2 = H - S$ (см. рис. 4.5, *b*). С учётом величины начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, максимальной высоты подъёма точки $H = 2{,}6$ м высота $h_2 = 0{,}91$ м.

Задача 44. Точка 1 движется горизонтально с постоянной скоростью V_1 на высоте h. Точка 2 массой m_2 находится в начале координат (рис. 4.6).

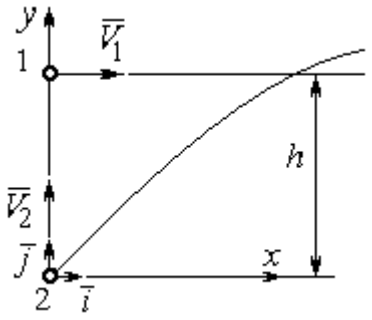


Рис. 4.6. Схема встречного движения точек

В момент, когда обе точки находились на одной вертикали y, точка 2 стартовала вертикально вверх со скоростью V_2. В полёте на точку 2 действует отклоняющая сила $\vec{F}_2$, которая представлена в виде разложения по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ системы координат xy: $\vec{F}_2 = p\vec{i} + q\vec{j}$, где p, q – const. С какой скоростью V_2 должна стартовать точка 2, чтобы обе точки встретились.

Решение

Рассмотрим движение точки 2. На точку действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, проекции которой на оси x, y: $F_{2x} = p$, $F_{2y} = q$ (рис. 4.7).

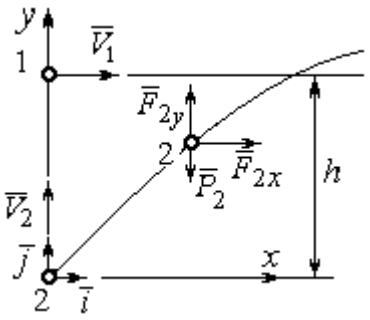


Рис. 4.7. Расчётная схема встречи точек

Уравнения движения точки в проекциях на оси xy имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = p,\ m_2\ddot{y} = q - m_2 g.$$

Дважды интегрируя первое уравнение, получим: $\dot{x} = \frac{p}{m_2}t + C_1$; $x = \frac{p}{2m_2}t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования найдём из условия, что в начальный момент вторая точка стартовала из начала координат вертикально, то есть при $t = 0$ $x = 0$ и $\dot{x} = V_{2x} = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = 0$. Таким образом, движение точки 2 вдоль оси x описывается уравнением $x = \frac{p}{2m_2} t^2$.

Аналогично, дважды интегрируя второе уравнение движения, получим зависимость скорости движения точки 2 от времени и закон её движения вдоль оси y: $\dot{y} = \left(\frac{q}{m_2} - g \right) t + C_3$; $y = \left(\frac{q}{m_2} - g \right) \frac{t^2}{2} + C_3 t + C_4$. Из начальных условий: при $t = 0$ $y = 0$, $\dot{y} = V_{2y} = V_2$ следует: $C_3 = V_2$, $C_4 = 0$.

В результате закон движения точки 2 вдоль оси y: $y = \left(\frac{q}{m_2} - g \right) \frac{t^2}{2} + V_2 t$.

Обозначим t_1 – время движения точек до встречи. В момент встречи высота точки 2 $y(t_1) = h$, а расстояние по горизонтали, которое прошла точка 2 до встречи, должно быть равно расстоянию, пройденному точкой 1 за это же время. Подставляя условия встречи в уравнения движения, получим систему:

$$V_1 t_1 = \frac{p}{2m_2} t_1^2; \quad h = \left(\frac{q}{m_2} - g \right) \frac{t_1^2}{2} + V_2 t_1,$$

откуда найдём: $V_2 = \frac{h}{t_1} - \left(\frac{q}{m_2} - g \right) \frac{t_1}{2}$, где $t_1 = \frac{2V_1 m_2}{p}$.

Упражнения

Упражнение 4.1. Тело массы m = 2 кг поднимается по прямой по шероховатой поверхности, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения f = 0,4. На тело действует сила $F = kt + 0{,}5P$, направленная в сторону движения, параллельно плоскости. Определить величину коэффициента k и начальную скорость тела, направленную вверх по наклонной плоскости, если за первую секунду тело прошло путь S = 2 м, а скорость увеличилась вдвое относительно начальной.

Упражнение 4.2. Материальную точку массы m = 1 кг, находящуюся на высоте H = 10 м над уровнем Земли, бросили под углом φ = 30° к горизонту с начальной

скоростью V_0. Свободное движение точки происходит в вертикальной плоскости. Определить начальную скорость V_0 и горизонтальную дальность полета l при падении точки на Землю, если высоту h =7 м она пересекла через 1 с от начала движения.

4.2. Колебания материальной точки

Если материальная точка массой m движется вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, равной $F = cx$, где c – постоянный коэффициент, x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат, то дифференциальное уравнение свободных прямолинейных колебаний имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0, \ \omega^2 = \frac{c}{m},$$

где ω – угловая частота колебаний.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется в виде $x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t$. Постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.** В случае гармонического возмущения $Q = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt, \ \omega^2 = \frac{c}{m}, \ h = \frac{H}{m}$$

где ω – угловая частота собственных колебаний; h – относительная амплитуда возмущающей силы.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при отсутствии резонанса (частота собственных колебаний точки не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$) имеет вид:

$x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2} \sin pt$, а в случае возникновения резонанса (p = ω) определяется формулой: $x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t - \dfrac{ht}{2p} \cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2 находятся с учётом начальных условий движения.

Колебания груза на двух параллельных пружинах с жесткостью c_1 и c_2 можно рассматривать как колебания груза на одной пружине с эквивалентной жесткостью $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – жесткость эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$.

Примеры решения задач на колебания точки

Задача 45. Подъёмное устройство (рис. 4.8) опускает груз Q массой $m = 400$ кг в шахту при помощи упругого троса с коэффициентом жесткости $c = 8 \cdot 10^4$ Н/м с постоянной скоростью $V = 10$ м/с. В некоторый момент во время спуска трос защемило в блоке. Пренебрегая массой троса, определить дальнейшее движение груза и найти максимальную силу натяжения троса.

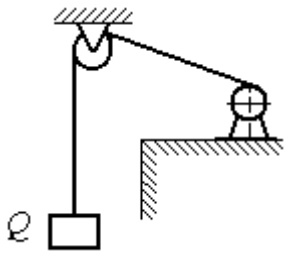


Рис. 4.8. Подъёмное устройство

Решение

После того как произошло защемление троса в обойме блока, вертикальную часть троса длиной ℓ_0 можно рассматривать как пружину с закреплённым верхним концом, а груз – материальной точкой.

Расчетная схема колебаний груза Q на пружине показана на рис. 4.9.

Ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, направлена вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* (точка *O*) выбрано в положении нерастянутой пружины.

На рис. 4.9, *a* положение нерастянутой пружины соответствует положению груза на тросе в момент его защемления. В произвольном положении груза (рис. 4.9, *b*), обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{Q}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}x} = -c\Delta\ell = -cx$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox* имеет вид: $m\ddot{x} = Q - cx$. В результате получаем

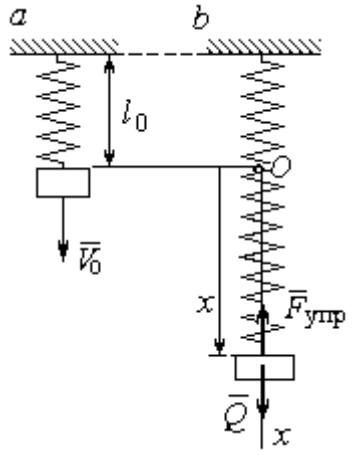


Рис. 4.9. Расчётная схема колебаний груза:
a – положение груза на начало колебаний; *b* – положение груза в произвольный момент времени

неоднородное дифференциальное уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} + cx = mg \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = g,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}14$ рад/с.

Решение неоднородного дифференциального уравнения представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{g}{\omega^2}$, где первые два слагаемых представляют общее решения однородного уравнения, последнее – частное решение неоднородного

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 используем начальные условия движения: при $t = 0$ груз находился в положении $x = 0$, а его скорость равнялась скорости груза $\dot{x} = V_0 = 10$ м/с. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = -\dfrac{g}{\omega^2} = -0{,}69$ м. Для определения второй константы вычислим скорость

груза: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставив начальное значение скорости груза при t = 0, получим: $C_2 = \frac{V_0}{\omega} =$ 0,71 м. Окончательно, движение груза после защемления троса в обойме блока описывается уравнением

$$x = -0{,}69\cos 14{,}14t + 0{,}71\sin 14{,}14t + 0{,}69.$$

Представим уравнение колебаний в виде $x = A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}$, где A – амплитуда собственных колебаний груза $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, α – фаза колебаний; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$. Максимальное растяжение троса равно максимальному значению координаты груза: $x_{\max} = \max[A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}] = A + \frac{g}{\omega^2} =$ 1,68 м. Соответственно, максимальное усилие в тросе равно значению силы упругости при максимальном растяжении: $F_{\text{упр max}} = cx_{\max} =$ 134,4 кН.

Задача 46. Рабочий орган вибрационной машины представляет собой массивное тело, расположенное на гладкой наклонной плоскости между двумя пружинами (см. рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 60º. Масса груза m = 9 кг. Пружины, зажимающие груз, имеют коэффициенты жесткости c_1 = 300 Н/м и c_2 = 600 Н/м.

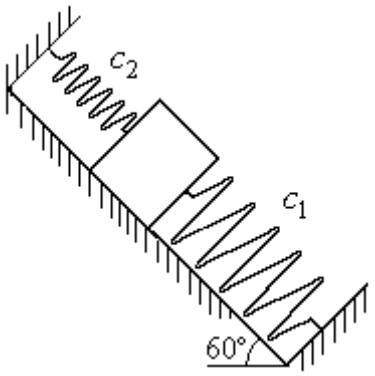


Рис. 4.10. Колебания груза на наклонной плоскости

В начальный момент груз, когда пружины не деформированы, груз оттягивают вниз по наклонной плоскости на расстояние $\Delta\ell$ = 0,12 м и отпускают без начальной скорости.

Найти период колебаний, амплитуду и уравнение движения груза.

Решение

Колебания груза, зажатого между двумя пружинами, представим как колебания груза, прикреплённого к одной пружине эквивалентной жёсткости: $c_э = c_1 + c_2$ = 900 Н/м (рис. 4.11). Ось, вдоль которой происходят колебания, направим вниз по наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты груза *x* выберем в положении его статического равновесия (точка *O*) (см. рис. 4.11).

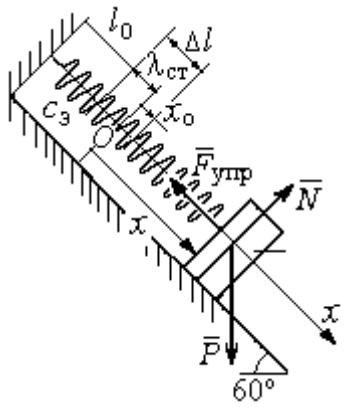


Рис. 4.11. Схема колебаний груза на эквивалентной пружине

Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*: $m\ddot{x} = P_x - F_{упр\,x}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{упр\,x} = -c_э \Delta\ell$, где $\Delta\ell = (x + \lambda_{ст})$ – удлинение пружины, включающее её растяжение $\lambda_{ст}$ относительно положения нерастянутой пружины и растяжение *x* относительно начала координат.

Удлинение пружины $\lambda_{ст}$ определяется из условия равновесия груза на наклонной плоскости в положении статического равновесия:

$$P\cos 30^\circ - F_{упр} = 0{,}87mg - c_э\lambda_{ст} = 0.$$

Находим $\lambda_{ст} = \dfrac{0{,}87mg}{c_э}$ = 0,085 м.

Подставляя выражение силы упругости, с учётом условия статического равновесия груза ($0{,}87mg = c_э\lambda_{ст}$), получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} = -c_э x$ или $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где ω – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}}$ = 10 рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим начальные условия движения груза.

Координата начального положения груза на оси Ox (см. рис. 4.11) $x_0 = \Delta\ell - \lambda_{ст} = 0{,}035$ м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим: $C_1 = x_0 = 0{,}035$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega_2 \sin\omega_2 t + C_2\omega_2 \cos\omega_2 t$. Подставив начальное значение скорости груза: при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза относительно его положения статического равновесия $x(t) = 0{,}035\cos 10t$ м. Амплитуда колебаний $A = 0{,}035$ м. Период колебаний $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 0{,}63$ с.

Задача 47. Пружинный амортизатор состоит из двух одинаковых вертикально стоящих пружин, к верхним концам которых прикреплена невесомая горизонтальная площадка (рис. 4.12). Жёсткость каждой пружины c = 350 Н/м. Груз массой m = 5 кг падает с высоты h = 0,3 м.

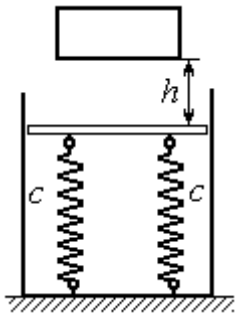


Рис. 4.12. Пружинный амортизатор

Коснувшись площадки, груз начинает двигаться вместе с ней. Определить максимальную осадку амортизатора и уравнение движения груза.

Решение

Заменим две пружины амортизатора одной с жесткостью, эквивалентной двум пружинам: $c_э = 2c$ = 700 Н/м. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.13. Начало координат оси x (точка O), вдоль которой происходят колебания, выбрано на уровне статического равновесия груза.

При движении (на рис. 4.13, *с* предполагается движение груза вниз) на груз действуют сила упругости $\vec{F}_{упр}$ и сила тяжести $\vec{P}$. Уравнение движения груза в проекции на ось x: $m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение (или сжатие) пружины относительно недеформированного состояния.

В произвольном положении груза, обозначенном координатой x (см. рис. 4.13, *c*), сжатие пружины относительно её недеформированного состояния (см. рис. 4.13, *a*) составляет величину: $\Delta\ell = x + \lambda_{ст}$. Величина $\lambda_{ст}$ находится из условия статического равновесия груза, которое выражается равенством (рис. 4.13, *b*): $P - F_{упр\ ст} = P - c_э\lambda_{ст} = 0$.

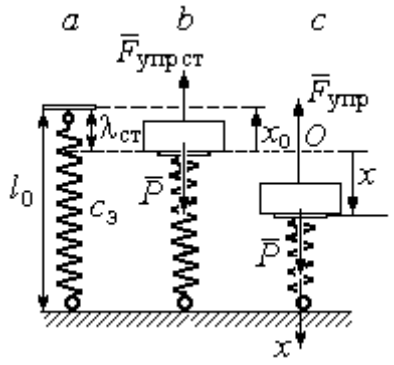


Рис. 4.13. Расчётная схема колебаний на эквивалентной пружине:
a – недеформированная пружина;
b – положение статического равновесия груза; *c* – произвольное положение

Подставляя это условие в уравнение движения груза, получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} + c_э x = 0$ или $m\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}}$ = 11,83 рад/с – угловая частота колебаний.

Общее решение однородного уравнения колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где C_1 и C_2 – произвольные постоянные, вычисляемые по начальным условиям движения груза.

По условию задачи груз падает на площадку, установленную на недеформированных пружинах. Это означает, что начальная координата груза при его движении на пружинах соответствует положению недеформированной пружины: $x_0 = -\lambda_{ст} = -\dfrac{mg}{c_э}$ = – 0,07 м.

Начальная скорость колебаний груза равна скорости груза при падении его с высоты 1 м. Интегрируя уравнение движения груза во время падения $m\ddot{s} = mg$, где *s* – путь, пройденный телом, получим зависимость скорости от пройденного пути: $V^2 = 2gs$. Полагая s = 0,3, найдём скорость груза при его встрече с площадкой: V = 2,43 м/с. Проекция начальной скорости колебаний груза на ось *x* положительна: $V_{0x} = V$ = 2,43 м/с.

Подставив начальные условия в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = x_0 = -\ 0{,}07$ м; $C_2 = \frac{V_{0x}}{\omega} =\ 0{,}2$ м. Окончательно уравнение колебаний груза на амортизаторе $x = -0{,}07\cos 11{,}83t + 0{,}2\sin 11{,}83t$. Амплитуда колебаний $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0{,}21$ м. Проседание амортизатора H отсчитывается от положения нерастянутых пружин: $H = A + \lambda_{ст} = 0{,}28$ м.

Задача 48. Для регистрации (записи) вертикальных колебаний тяжёлых платформ используется пружинный виброграф (рис. 4.14). Схема действия прибора состоит в следующем. Массивная платформа A совершает вертикальные гармонические колебания по закону $\xi = \xi(t)$. На платформе установлена вертикальная стойка с горизонтальной перекладиной, к которой прикреплена пружина жесткостью c. К нижнему концу пружины подвешен груз P массой m с индикаторной стрелкой B (см. рис. 4.14). Вертикальная шкала индикаторной стрелки закреплена на платформе A. В начальный момент груз на пружине находился в покое в положении статического равновесия. Определить закон колебаний стрелки B вдоль шкалы, если масса груза m = 1 кг, жесткость пружины c = 10 Н/м, платформа совершает вертикальные колебания по закону $\xi = a\sin pt$ см, где амплитуда a = 0,02 м, частота колебаний платформы p = 7 рад/с.

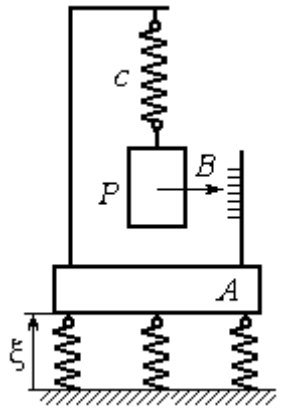


Рис.4.14. Регистратор вертикальных колебаний

Решение

Выберем неподвижную ось x, связанную, например, с неподвижной поверхностью, на которой стоит платформа. Начало координат – точку O выберем на уровне статического равновесия груза на пружине при неподвижной платформе. Произвольное положение груза отмечено координатой x (рис. 4.15).

Растяжение пружины при неподвижной платформе составляет величину $x+\lambda_{ст}$, где $\lambda_{ст}$ – удлинение пружины в положении статического равновесия груза, определяемое из условия $P-c\lambda_{ст}=0$. Вместе с тем колебание платформы вызывает аналогичное смещение точки подвеса пружины. В результате растяжение пружины при произвольном положении груза равно сумме: $\Delta\ell=(x+\lambda_{ст}+\xi)$.

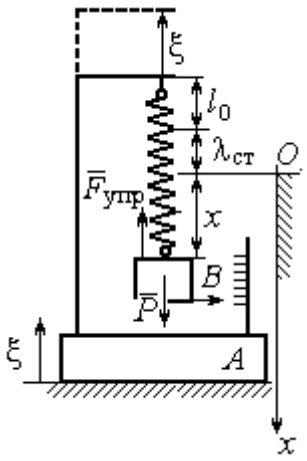


Рис. 4.15. Расчётная схема колебаний груза

На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{упр}$. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*: $m\ddot{x}=P_x+F_{упр\,x}$, где проекции $P_x=P$, $F_{упр\,x}=-c\Delta\ell=-c(x+\lambda_{ст}+\xi)$. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.15.

С учётом условия статического равновесия груза $P-c\lambda_{ст}=0$ получим дифференциальное уравнение вынужденных колебаний груза в виде:

$$\ddot{x}+\omega^2x=-h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega=\sqrt{\dfrac{c}{m}}=3{,}16$ рад/с; h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h=\dfrac{ca}{m}=0{,}2$ м/с^2; p – угловая частота вынужденных колебаний, $p=7$ рад/с.

Решение уравнения вынужденных колебаний представляется суммой $x=x_1+x_2$, где x_1 является общим решением однородного уравнения $\ddot{x}_1+\omega^2x_1=0$, а x_2 – частное решение уравнения вынужденных колебаний: $\ddot{x}_2+\omega^2x_2=-h\sin pt$.

Решив однородное уравнение, находим: $x_1=C_1\cos\omega t+C_2\sin\omega t$.

При отсутствии резонанса (а в данном случае частота вынужденных колебаний груза не совпадает с частотой собственных $\omega \neq p$) частное решение уравнения вынужденных колебаний ищем в виде $x_2 = b\sin pt$. Подставляя частное решение в уравнение вынужденных колебаний, получим уравнение $-bp^2\sin pt + \omega^2 b\sin pt = -h\sin pt$, откуда находим коэффициент: $b = \dfrac{h}{p^2 - \omega^2}$.

В результате общее решение уравнения колебаний принимает вид:

$$x = x_1 + x_2 = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{p^2 - \omega^2}\sin pt,$$

где константы C_1 и C_2 подлежат определению.

В начальный момент груз находился на пружине в положении статического равновесия, и потому его начальная координата и скорость равны нулю Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим C_1= 0. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \dfrac{hp}{p^2 - \omega^2}\cos pt$. Подставив начальное значение скорости груза, найдём $C_2 = -\dfrac{hp}{\omega(p^2 - \omega^2)} = -0{,}01$ м.

Таким образом, колебания груза относительно неподвижной системы координат описываются уравнением $x = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t$ и представляют абсолютное движение груза. Для того чтобы найти закон движения груза относительно платформы – относительное движение, нужно из его абсолютного движения исключить переносное – колебания платформы. Поскольку стрелка прибора закреплена на грузе, а шкала – на платформе, то закон движения стрелки относительно шкалы:

$$x_r = x - \xi = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t - 0{,}02\sin 7t = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}03\sin 7t.$$

Упражнения

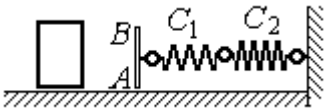


Рис. 4.16. Схема движения груза

Упражнение 4.3. Груз массы m = 0,5 кг, получив начальную скорость V_0 = 6 м/с, движется по горизонтальной поверхности, испытывая силу сопротивления, равную по величине $F = kV$ и направленную в сторону, противоположную движению. Через 1 с груз соединяется с невесомой вертикальной площадкой AB и продолжает движение вместе с ней, уже без сопротивления. К площадке прикреплены две горизонтальные последовательно соединённые пружины жёсткостью C_1 = 120 и C_2 = 40 Н/м (рис. 4.16).

Найти величину максимального сжатия пружины, если k = 0,5 Н/м/с. Определить закон движения груза.

Упражнение 4.4. Груз массы m =1 кг прикреплен к конструкции, состоящей из трёх вертикальных пружин одинаковой жёсткости C = 160 Н/м (рис. 4.17), и находится в равновесии. В некоторый момент времени грузу сообщают скорость V = 4 м/с, направленную вверх.

Найти амплитуду и частоту колебаний груза.

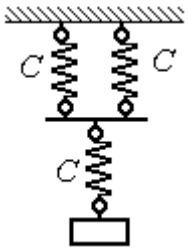


Рис. 4.17. Схема крепления груза на пружинах

4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой постоянной по величине и направлению силы $\vec{F}$ на прямолинейном перемещении точки приложения силы M (рис. 4.18) называется скалярная величина $A(\vec{F}) = FS\cos\alpha$, где F – модуль силы; S – конечное перемещение точки приложения силы; α – угол между направлением вектора силы и направлением перемещения точки приложения силы.

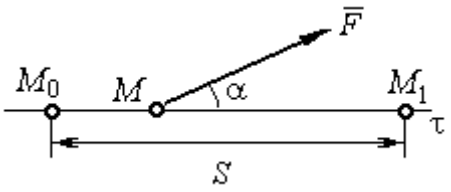


Рис. 4.18. Работа постоянной силы на прямолинейном участке

Работа силы тяжести материальной точки при перемещении её из положения M_0 в положение M_1 равна произведению $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – вертикальное перемещение точки (рис. 4.19).

Работа силы тяжести положительна, если начальная точка движения выше конечной (см. рис. 4.19, *a*), и отрицательна, если начальная точка ниже конечной (см. рис. 4.19, *b*).

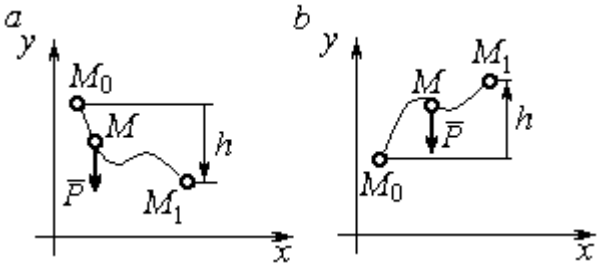


Рис. 4.19. Работа силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы упругости пружины при перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние *h* определяется формулой $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \frac{1}{2}mV^2$, где m – масса точки; V – её скорость.

Теорема об изменении кинетической энергии точки. Изменение кинетической энергии материальной точки при переходе её из начального положения в текущее равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0, V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при перемещении её из положения M_0 в положение M_1. При несвободном движении точки в сумму работ сил войдёт и работа реакций связи.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат, ρ – радиус кривизны траектории точки.

Примеры решения задач с использованием теоремы об изменении кинетической энергии точки

Задача 49. Подъёмное устройство в шахте опускает груз массой 500 кг с постоянной скоростью V_0 = 6 м/с. После обрыва каната подъёмника срабатывает предохранительное устройство, которое создаёт силу трения между лифтом подъёмного устройства и стенками шахты. Какую силу трения, считая её постоянной, должно создать предохранительное устройство, чтобы остановить лифт на протяжении пути 10 м.

Решение

Рассмотрим падение груза после обрыва каната подъёмника. На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, направленная в сторону, противоположную движению. Считая груз материальной точкой, составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки. Получим выражение $\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = Ps - F_{\text{тр}}s$, где V_0, V – скорость груза в начале движения (сразу после обрыва каната) и в конце; s – путь, проходимый грузом за время движения. В конце движения груз должен остановиться, то есть V = 0. Тогда уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_0^2}{2} = \left(P - F_{\text{тр}}\right)s$, откуда находим требуемую для остановки груза силу трения: $F_{\text{тр}} = P + \frac{mV_0^2}{2s}$. Подставляя условия задачи, получим: $F_{\text{тр}}$ = 5,81 кН

Задача 50. Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг сопряженных окружностей радиусов R = 1 м и r = 0,5 м (рис. 4.20). Линия OO_1, соединяющая центры окружностей, составляет с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик весом P = 10 Н. В точке A, положение которой на дуге радиуса R определяется углом α = 60°, шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он скользит по стержню без трения. Определить значение начальной скорости, при которой шарик достигнет

наивысшей точки *B* со скоростью, равной половине начальной. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге радиуса *r* определяется углом $\beta = 90°$ относительно линии центров.

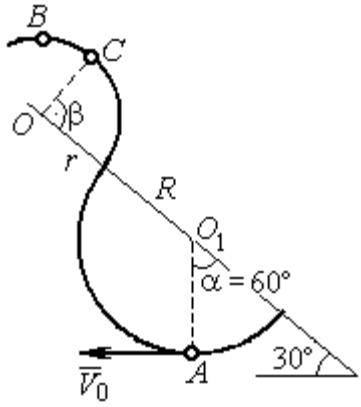


Рис. 4.20. Движение шарика по изогнутому стержню

Решение

При движении шарика по стержню без трения на него действуют сила тяжести $\vec{P}$ и реакция опоры $\vec{N}$. При этом работу совершает только сила тяжести шарика. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня и потому её работа равна нулю.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении её из начального положения *A* в положение *B* имеем равенство:

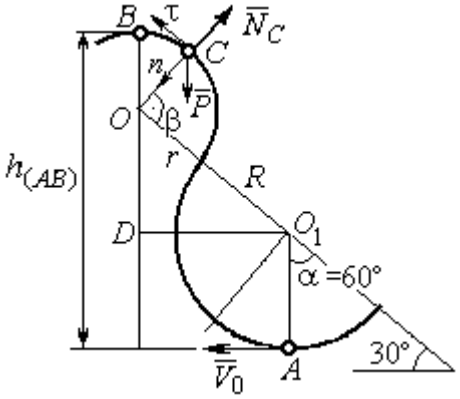


Рис. 4.21. Расчётная схема движения шарика

$$\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = -Ph_{(AB)},$$

где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек *B* и *A*, $h_{(AB)} = R + DO + r = \frac{3}{2}(R + r)$ (см. рис. 4.21); V_A, V_B – скорость шарика в точках *A* и *B*, причём $V_A = V_0$, $V_B = 0{,}5V_0$.

В результате уравнение, составленное на основании теоремы об изменении кинетической энергии, принимает вид: $\frac{3V_0^2}{8} = g\frac{3}{2}(R + r)$, откуда $V_0 = 2\sqrt{(R + r)g}$ = 7,67 м/с.

На рис. 4.21 показаны силы, приложенные к шарику, в момент, когда он находится в точке *C*. Проведём в точке *C* оси естественной системы координат –

касательную $C\tau$ и нормаль Cn. Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N_C$, откуда найдём реакцию N_C.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *C* в положение *B*. Получим равенство $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где $h_{(CB)}$ – перепад высот при движении шарика из начального положения *C* в положение *B*. С учётом известных значений $V_B = 0{,}5V_0 =$ 3,84 м/с и $h_{(CB)} = r\cos 30^\circ =$ 0,43 м получим: $V_C = \sqrt{V_B^2 + 2gh_{(CB)}} =$ 4,82 м/с.

Из уравнения движения шарика находим реакцию опоры $N_C = P\cos 30^\circ - m\frac{V_C^2}{r} =$ – 38,7 Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика показывает, что фактическое направление реакции противоположно тому, как показано на рис. 4.21. Искомое давление шарика на трубку равно модулю реакции опоры.

Задача 51. Желоб состоит из шероховатой наклонной прямой *AB* и гладкой дуги окружности радиуса *r* = 0,8 м, сопряжённых в точке *B* так, что прямая *AB* является касательной к окружности в точке *B* (рис. 4.22). Положение точки *B* на дуге задаётся углом 30º относительно вертикального диаметра окружности. Тяжёлый шарик массой *m* = 0,5 кг начинает движение из точки *A* со скоростью $V_0 = 0{,}2$ м/с.

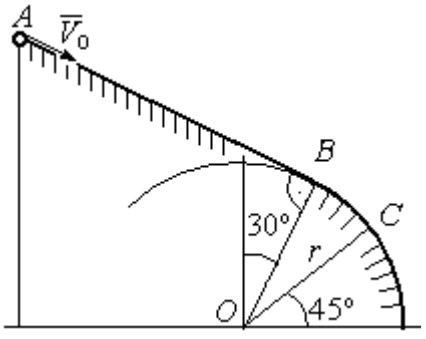


Рис. 4.22. Движение точки по составному желобу

Какой длины *S* должен быть желоб *AB*, чтобы шарик оторвался от окружности в точке *C*, определяемой углом 45º относительно горизонтального диаметра, если при движении по прямой *AB* шарик испытывает сопротивление скольжения с коэффициентом трения $f = 0{,}4$.

Решение

Рассмотрим движение шарика по дуге окружности. Проведём в точке C оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.23). На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция $\vec{N}_C$ опоры в точке C. Уравнение движения шарика в проекции на ось Cn имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 45^\circ - N_C$, где V_C – скорость шарика в точке C. Реакция опоры $N_C = P\cos 45^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r}$.

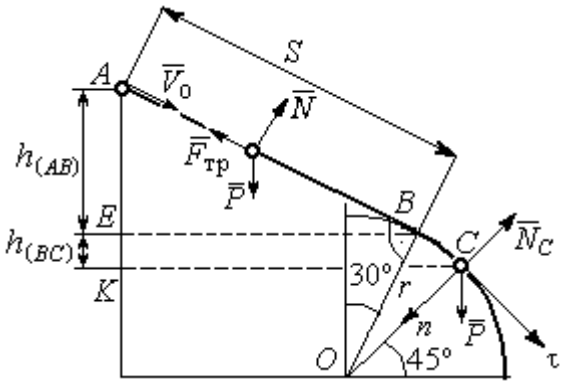


Рис. 4.23. Расчётная схема движения точки

В момент отрыва шарика в точке C реакция опоры обращается в ноль: $N_C = 0$. В результате получаем уравнение $V_C^2 = rg\cos 45^\circ$, из которого находим скорость шарика в момент его отрыва от опоры: $V_C = 2{,}36$ м/с.

Рассмотрим движение шарика из начального положения A в положение C. На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и, при движении по наклонной прямой AB, сила трения $\vec{F}_{тр}$ (см. рис. 4.23). Работу совершают сила тяжести шарика и сила трения. Реакция опоры $\vec{N}$ и в том и другом случае перпендикулярна траектории движения, и её работа равна нулю.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки $\dfrac{mV_C^2}{2} - \dfrac{mV_A^2}{2} = Ph_{(AC)} - F_{тр}S$, где S – длина участка AB; $h_{(AC)}$ – перепад высот на участке AC (см. рис. 4.23); $h_{(AC)} = h_{(AB)} + h_{(BC)} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right)$.

Модуль силы трения: $F_{тр} = fN$. Для того чтобы найти реакцию N опоры шарика на наклонную поверхность желоба AB, составим проекцию уравнения движения шарика на ось y, перпендикулярную AB (на рис. 4.23 не показана).

Получим: $m\ddot{y} = N - P\cos 30^\circ = 0$. Отсюда $N = P\cos 30^\circ$ и сила трения $F_{\text{тр}} = fP\cos 30^\circ$.

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии точки найдём выражение для определения длины S участка AB:

$$\frac{V_C^2 - V_A^2}{2g} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right) - fPS\cos 30^\circ,$$

откуда получим $S = 1$ м.

Задача 52. Груз подвешен на нити длиной l = 1 м, закреплённой в неподвижной точке O (рис. 4.24). В начальный момент груз находился в положении A, при котором линия OA составляет с вертикалью угол $60°$. В этом положении грузу сообщают начальную скорость $\vec{V}_0$, перпендикулярно нити. Достигнув горизонтального положения, нить, натянутая грузом, встречает препятствие в виде тонкой проволоки в точке O_1, расположенной на середине длины нити, и дальше навивается на неё.

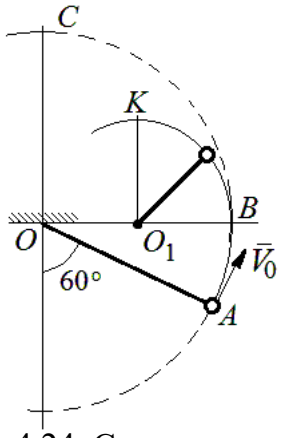


Рис. 4.24. Схема движения груза на нити

Какую минимальную начальную скорость нужно сообщить грузу в точке A, чтобы после встречи нити с проволокой в O_1 груз проскочил верхнюю точку траектории K. На какую максимальную высоту (относительно горизонтального диаметра OB) поднимется груз, двигаясь из той же точки A и с той же начальной скоростью, если нить будет двигаться беспрепятственно. Определить скачок натяжения нити в точке B при переходе груза с одной траектории на другую.

Решение

Построим оси естественной системы координат $n K \tau$ в точке K траектории – окружности радиуса $0{,}5l$ с центром O_1 (рис. 4.25, *a*). Во время движения на груз действуют сила тяжести и реакция нити. Уравнение движения груза в проекции на ось Kn имеет вид: $m\dfrac{V_K^2}{r} = P + N_K$, где V_K – скорость груза в точке K; N_K – реакция нити; r – радиус окружности движения груза; $r = 0{,}5l$. Из уравнения движения находим реакцию нити: $N_K = m\dfrac{2V_K^2}{l} - P$.

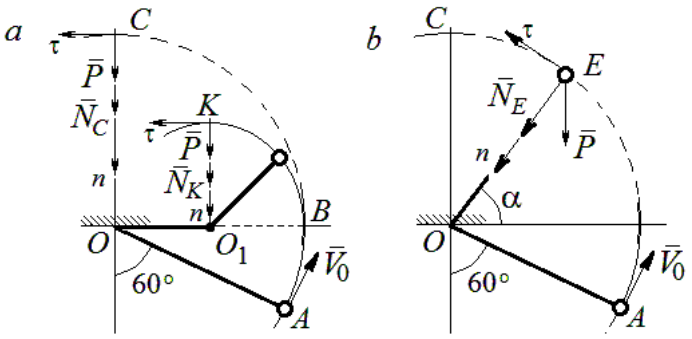


Рис. 4.25. Расчётная схема движения груза:
a – нить навивается на препятствие;
b – свободное движение

Так как нить представляет собой гибкую связь, то условием достижимости грузом точки K является требование, что при движении нить должна быть натянута, иначе говоря, всюду во время движения должно выполняться неравенство $N_K \geq 0$. С учётом уравнения движения груза это приводит к неравенству, выражающему требование к скорости в конечной точке: $V_K^2 \geq \dfrac{1}{2}gl$.

Скорость груза в точке K найдём на основании теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из положения A в положение K. Имеем равенство $\dfrac{mV_K^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AK)}$, где $h_{(AK)}$ – перепад высот точек A и K; $h_{(AK)} = l$ (см. рис. 4.25, *a*). Решая полученное уравнение, найдём зависимость скорости груза в точке K от начальной: $V_K^2 = V_0^2 - 2gl$. С учётом выполнения неравенства натяжения нити получим: $V_0 \geq \sqrt{\dfrac{5}{2}gl}$.

При минимальной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$ груз достигает верхней точки *K*. Однако, натяжение нити в точке *K* обращается в нуль: $N_K = 0$ и нить в этом месте перестаёт быть натянутой. Груз продолжает движение, но уже в виде свободного падения с начальной скоростью $V_K = \sqrt{\frac{1}{2}gl}$.

Определим, на какую высоту поднимется груз из положения *A* с минимальной начальной скоростью $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, если нить движется беспрепятственно (см. рис. 4.25, *b*). Построим в точке *E* оси естественной системы координат $nE\tau$ аналогично тому, как это было сделано в точке *K*. Уравнение движения груза в проекции на ось *En* имеет вид: $m\frac{V_E^2}{l} = P\sin\alpha + N_E$, где V_E – скорость груза в точке *E*; N_E – проекция реакции нити на нормальную ось.

Для определения скорости груза в точке *E* составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из начального положения *A* в положение *E*. Получим: $\frac{mV_E^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AE)}$, где $h_{(AE)}$ – перепад высот точек *A* и *E*; $h_{(AE)} = \frac{l}{2} + l\sin\alpha$ (см. рис. 4.25, *b*). Решая полученное уравнение относительно скорости V_E при заданной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, найдём: $mV_E^2 = \frac{3}{2}mgl - 2mgl\sin\alpha$. С другой стороны, из уравнения движения груза (учитывая, что в точке *E* натяжение нити равно нулю: $N_E = 0$) получим: $mV_E^2 = Pl\sin\alpha$. Приравнивая выражения, получим $\sin\alpha = \frac{1}{2}$. Высота подъёма относительно горизонтального радиуса составляет $\frac{1}{2}l$.

Для определения скачка натяжения нити при переходе груза в точке B с окружности радиуса l на окружность радиуса $\frac{1}{2}l$, т. е. в момент, когда нить начинает навиваться на проволоку, напишем проекции уравнения движения груза на нормальную ось в точке B. Получим для малой окружности $\frac{2mV_B^2}{l} = N_B$ и для большой $\frac{mV_B^2}{l} = N'_B$, где N_B и N'_B – проекции реакции нити в точке B при движении груза по окружности радиусов $\frac{1}{2}l$ и l. Из уравнений видно, что переход груза с большой окружности на малую вызывает двукратное увеличение натяжения нити: $N'_B = \frac{3}{2}mg$, $N_B = 3mg$.

Задача 53. Шарик массой m = 0,5 кг движется в вертикальной плоскости из положения A внутри трубки, которая состоит из полуокружности AB радиуса $R = 0{,}6$ м и прямолинейного участка BD, сопряжённого в точке B с окружностью (рис. 4.26). Диаметр полуокружности AB составляет с горизонталью угол 60°. Начальная скорость шарика V_0 = 5 м/с. В конце кругового участка в точке B шарик упирается в недеформированную пружину жесткостью c = 100 Н/м. Найти величину S максимального сжатия пружины.

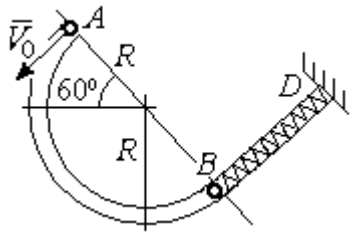


Рис. 4.26. Схема движения шарика

Решение

Найдём скорость шарика в точке B. Для этого составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения A в положение B. Получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = Ph_{(AB)}$, где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек A и B, $h_{(AB)} = 2R\sin 60^\circ = 1{,}04$ м (рис. 4.27).

Решая уравнение, найдём скорость шарика в точке B: $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2gh_{(AB)}}$ = 6,74 м/с.

Для того, чтобы найти величину максимального сжатия пружины, рассмотрим движение шарика на прямолинейном отрезке трубки BD. На этом отрезке работу совершают сила тяжести шарика и сила упругости пружины, приложенные к шарику (см. рис. 4.27).

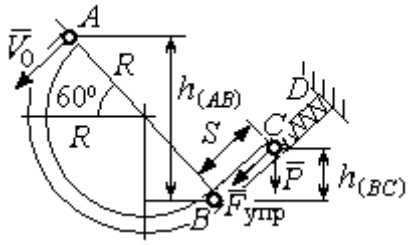


Рис. 4.27. Расчетная схема движения шарика

Обозначим S – максимальное сжатие пружины, равное BC. На основании теоремы об изменении кинетической энергии точки, применённой к движению шарика на отрезке BC, имеем уравнение $\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(P) + A(F_{упр}) = -Ph_{(BC)} - \frac{cS^2}{2}$,

где $h_{(BC)}$ – перепад высот точек B и C; $h_{(BC)} = S\sin 30^\circ = 0{,}5S$ (см. рис. 4.27).

В точке C максимального сжатия пружины скорость шарика обращается в нуль: $V_C = 0$. Подставляя это условие, с учётом $V_B = 6{,}74$ м/с, получим уравнение для определения величины максимального сжатия пружины: $S^2 + 0{,}05S - 0{,}23 = 0$.

Выбирая положительный корень уравнения, находим: S = 0,45 м.

Упражнения

Упражнение 4.5. Лётчик в самолёте пикирует из точки A по прямой, составляющей с горизонтом угол φ, с начальной скоростью V_0. Пройдя расстояние $AB = l$, самолёт продолжает движение по дуге окружности радиуса R, сопряженной с прямой AB в точке B (рис. 4.28).

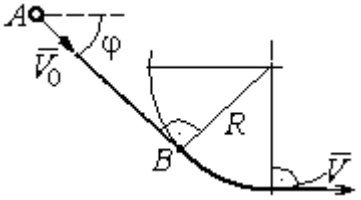


Рис. 4.28. Схема движения самолёта

Каким должен быть радиус окружности, чтобы в точке C – выхода самолёта на горизонтальный полёт - сила давления человека на корпус самолёта не превосходила его тройной вес.

Упражнение 4.6. Пружина жесткостью C = 100 Н/м, сжатая из недеформированного состояния на расстояние $KA = a = 0{,}3$ м, выталкивает шарик массой $m = 0{,}5$ кг, который отделяется от неё в точке K и продолжает движение в трубке по дуге KCB, окружности радиуса R = 1 м, затем – по горизонтальному участку BD. Определить давление шарика на трубку в точке C. Какой путь пройдёт шарик до остановки по прямой BD, если здесь на него действует сила трения с коэффициентом $f = 0{,}4$.

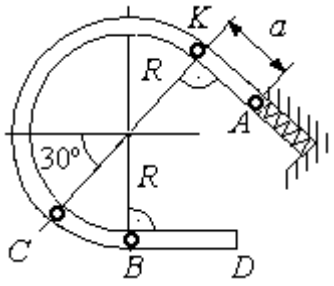


Рис. 4.29. Схема движения шарика в трубке

5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ

5.1. Теорема о движении центра масс системы

Центром масс системы материальных точек называют точку C, координаты которой x_C, y_C, z_C удовлетворяют равенствам:

$$mx_C = \sum m_k x_k \ , \quad my_C = \sum m_k y_k \ , \ mz_C = \sum m_k z_k \ ,$$

где m – масса системы: $m = \sum m_k$; m_k, x_k, y_k, z_k – массы и координаты материальных точек системы.

Теорема о движении центра масс системы. Центр масс механической системы движется как материальная точка с массой, равной массе системы, и к которой приложены внешние силы, действующие на систему: $m\vec{a}_C = \sum \vec{F}_k^e$, где $\vec{a}_C$ – вектор ускорения центра масс системы; $\sum \vec{F}_k^e$ – сумма всех внешних сил, действующих на систему.

Пример решения задач на применение теоремы о движении центра масс

Задача 54. Груз 1, находящийся на верхнем основании прямоугольной пирамиды *ABCD*, соединен с грузом 2 нерастяжимой нитью, перекинутой через блок C (рис. 5.1). Определить перемещение пирамиды, если груз 2 опустился на высоту 1 м. Масса груза 1 m_1 = 15 кг, груза 2 m_2 = 20 кг, пирамиды m = 50 кг. Трение при движении груза 1 по пирамиде и пирамиды по горизонтальной поверхности не учитывать.

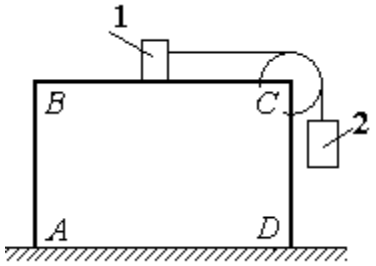


Рис. 5.1. Пирамида с системой подвижных грузов

Решение

Рассматриваем механическую систему, состоящую из двух грузов, соединённых нерастяжимой нитью, блока C и пирамиды *ABCD*.

Внешние силы, приложенные к системе: силы тяжести грузов и пирамиды – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}$ и нормальная реакция $\vec{N}$ опоры поверхности, на которой стоит пирамида. Направления векторов внешних сил показаны на рис. 5.2.

Выберем неподвижную систему координат *Axy*, как показано на рис. 5.2. Все внешние силы, действующие на механическую систему, вертикальны, поэтому дифференциальное уравнение, составленное на основании теоремы о движении центра масс механической системы в проекции на ось *Ax,* имеет вид:

$$(m + m_1 + m_2)\ddot{x}_C = P_{1x} + P_{2x} + P_x + N_x = 0$$

$$\text{или} \quad \ddot{x}_C = 0,$$

где x_C – координата центра масс системы.

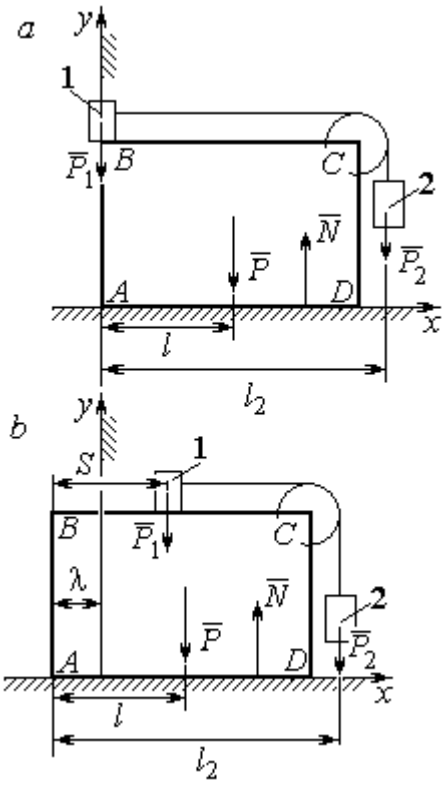


Рис. 5.2. Расчётная схема перемещения пирамиды: *a* – начальное положение; *b* – положение пирамиды при перемещении грузов на расстояние *S*

Проинтегрировав его дважды, получим закон движения центра масс системы: $x_C = C_1 t + C_2$, где константы интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. Предположим, в начальный момент движение в механической системе отсутствовало и координата центра масс системы была равна x_{C0} (на рис. 5.2, *a* не показана), то есть при $t = 0$ $x_C(0) = x_{C0}$ и $\dot{x}_C(0) = 0$. Подставляя начальные условия, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = x_{C0}$. В результате закон движения центра масс системы имеет вид: $x_C = x_{C0}$. Последнее означает, что при любом перемещении тел в системе координата центра масс системы на оси *Ax* остаётся постоянной, равной своему начальному значению.

Предположим, в начальный момент времени груз 1 находился у левого края призмы, как показано на рис. 5.2, *a*.

Начальная координата x_{C0} центра масс системы находится из равенства $(m_1 + m_2 + m)x_{C0} = \sum m_k x_k = m_1 \cdot 0 + m_2 l_2 + ml$, где l_2 – расстояние от начала координат до линии действия силы тяжести груза 2 (координата центра масс груза 2 на оси *Ax*); l – аналогичное расстояние до линии действия силы тяжести

пирамиды (см. рис. 5.2, *a*). Тогда начальная координата центра масс системы: $x_{C0} = \dfrac{m_2 l_2 + ml}{(m_1 + m_2 + m)}$.

Положение грузов в системе, после того как груз 1 переместился на расстояние *S*, и положение призмы показано на рис. 5.2, *b*. На рисунке отмечено, что при перемещении груза 1 вправо на расстояние *S* призма *ABCD* сместилась влево на расстояние λ. Координата x_{C1} центра масс для нового положения системы определяется из равенства:

$$(m_1 + m_2 + m)x_{C1} = m_1(S - \lambda) + m_2(l_2 - \lambda) + m(l - \lambda).$$

Выражая отсюда координату x_{C1} и приравнивая её начальному значению координаты центра масс $x_{C0} = x_{C1}$, найдём перемещение пирамиды $\lambda = \dfrac{m_1 S}{(m_1 + m_2 + m)}$. Подставляя данные задачи, получим $\lambda = 0{,}18$ м.

5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси

Момент инерции однородного диска радиусом *R*, массой *m* относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска: $J_z = \dfrac{1}{2}mR^2$. **Для неоднородных тел момент инерции** относительно оси *z* вычисляется по формуле: $J_z = mi_z^2$, где i_z – радиус инерции тела.

Кинетическим моментом (моментом количества движения) системы относительно неподвижной оси *z* называется величина, равная сумме моментов количеств движения точек относительно этой оси $\vec{L}_z = \sum M_z(m_k\vec{V}_k)$.

Для твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*, **кинетический момент**: $L_z = J_z\omega$, где J_z и ω – момент инерции и угловая скорость тела. **Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси**. Производная по времени от кинетического момента системы

относительно неподвижной оси z равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетического момента системы

Задача 55. Для подъёма груза используется лебёдка со ступенчатым барабаном и противовесом. Груз 1 массой m_1 поднимается на канате, навитом на барабан 2 массой m_2 радиуса R. Противовес 3 массой m_3 прикреплён к канату, который навит на малую ступень барабана радиуса r (рис. 5.3). Радиус инерции барабана относительно оси вращения i_z. На барабан действует постоянный момент сил сопротивления $M_c = 60$ Н·м. В начале движения к барабану лебёдки прикладывается вращающий момент, пропорциональный времени: $M_{вр} = 620 + 30t$ Н·м, который через 2 с отключается. Определить, на какую высоту поднимется груз, если движение началось из состояния покоя. Массы грузов и барабана: $m_1 = 100$ кг, $m_2 = 50$ кг, $m_3 = 20$ кг. Радиусы ступеней барабана и радиус инерции: $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}4$ м; $i_z = 0{,}5$ м.

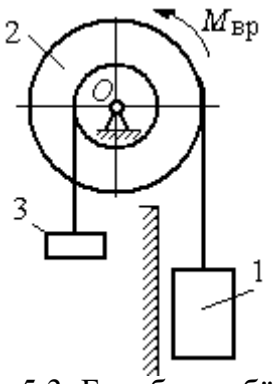


Рис. 5.3. Барабан лебёдки с грузом и противовесом

Решение

Решение следует рассматривать на двух этапах. На первом груз поднимается под действием вращающего момента, на втором – по инерции.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, барабана 2 и противовеса 3. На систему действуют силы тяжести груза $\vec{P}_1$, барабана $\vec{P}_2$, противовеса $\vec{P}_3$, реакция шарнира $\vec{R}$, пара сил с моментом, равным моменту вращения $M_{вр}$, и пара сил с моментом сопротивления M_c. Направления векторов сил и моментов показаны на рис. 5.4. Выберем начало оси y, вдоль

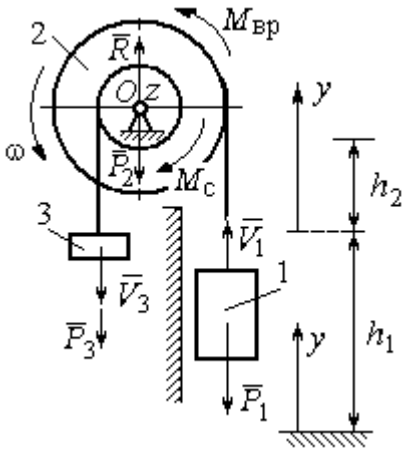


Рис. 5.4. Силы, действующие на систему во время движения

которой поднимается груз на первом участке движения, в точке начала движения (см. рис. 5.4).

Воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента системы относительно оси z, проходящей через центр O: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$. Кинетический момент системы относительно оси z равен сумме кинетических моментов барабана, груза и противовеса: $L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} + L_z^{\text{пр}}$. Кинетический момент барабана, вращающегося вокруг неподвижной оси z: $L_z^{\text{бар}} = J_z\omega$, где J_z – момент инерции барабана относительно оси z, $J_z = m_2 i_z^2$; ω – угловая скорость барабана. Рассматривая груз и противовес как материальные точки, найдём их кинетические моменты относительно оси z: $L_z^{\text{гр}} = M_z(m_1\vec{V}_1) = m_1V_1R$; $L_z^{\text{пр}} = M_z(m_3\vec{V}_3) = m_3V_3r$.

Суммарный кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} + L_z^{\text{пр}} = m_2 i_z^2\omega + m_1V_1R + m_3V_3r.$$

Выразим скорости груза 1 и противовеса 3 через угловую скорость барабана: $V_1 = \omega R$, $V_3 = \omega r$ - и подставим их в выражение кинетического момента. Получим $L_z = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\omega = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{V_1}{R}$.

Суммарный момент внешних сил относительно оси z

$$\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - M_{\text{с}} - P_1R + P_3r.$$

Дифференциальное уравнение движения груза:

$$(m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(M_{\text{вр}} - M_{\text{с}} - P_1R + P_3r\right)R,$$

или с учётом данных задачи $\frac{dV_1}{dt} = 0{,}58 + 0{,}35t$.

Дважды интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём скорость груза V_1 и проходимый им путь y как функции времени:

$$V_1(t) = 0{,}58t + 0{,}175t^2; \quad y(t) = 0{,}29t^2 + 0{,}058t^3.$$

Из уравнений движения найдём: при $t = 2$ с (конец первого участка) груз поднялся на высоту $h_1 = y(2) = 1{,}62$ м и имел скорость $V_1 = V_1(2) = 1{,}86$ м/с.

На втором участке движения груз продолжает подниматься вверх. Уравнение движения груза здесь аналогично первому участку, за исключением вращающего момента (см. рис. 5.4):

$$(m_2 i_z^2 + m_1 R^2 + m_3 r^2)\frac{dV_1}{dt} = (-M_c - P_1 R + P_3 r)R, \text{ или } \frac{dV_1}{dt} = -6{,}61.$$

Представим ускорение груза в виде: $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_1 dy}{dy dt} = V_1 \frac{dV_1}{dy}$. Теперь уравнение движения груза на втором участке имеет вид: $V_1 \frac{dV_1}{dy} = -6{,}61$. Интегрируя его, получим зависимость скорости груза от пройденного пути $\frac{V_1^2}{2} = -6{,}61y + C_3$. Выберем начало второго участка на высоте h_1. Из начальных условий движения груза: при $t = 0$, $y = 0$, $V_1 = 1{,}86$ м/с, получим: $C_3 = 1{,}73$.

Максимальную высоту h_2, на которую поднялся груз на втором участке, определим из условия, что в этой точке скорость груза обращается в нуль. Имеем $0 = -6{,}61h_2 + 1{,}73$, откуда $h_2 = 0{,}26$ м. Максимальная высота подъёма груза $H = h_1 + h_2 = 1{,}88$ м.

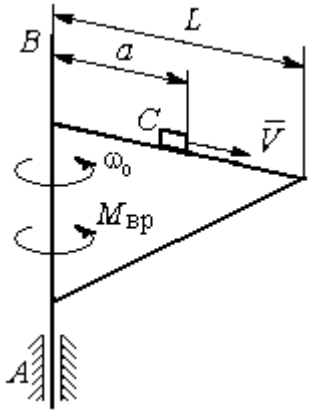


Рис. 5.5. Поворотный кран

Задача 56. Тележка C поворотного подъёмного крана (рис. 5.5) движется с постоянной относительно стрелы скоростью $V = 0{,}5$ м/с. Длина стрелы $L = 10$ м, масса тележки с грузом $m_1 = 100$ кг, момент инерции крана относительно оси вращения AB без учёта тележки и груза $J = 1800$ кг·м^2. Двигатель крана создаёт

постоянный вращающий момент $M_{\text{вр}} = 400$ Н·м. Определить угловую скорость крана в момент, когда тележка достигнет края стрелы, если в начальный момент конструкция вращалась с угловой скоростью $\omega_0 = 2$ рад/с, а тележка находилась на расстоянии $a = 1$ м от оси вращения.

Решение

На систему действуют внешние силы: $\vec{P}_1$ – сила тяжести тележки с грузом, $\vec{P}_2$ – сила тяжести поворотного крана (на рис. 5.6 показана в условном центре тяжести крана); $\vec{R}_x$, $\vec{R}_y$ – составляющие реакции подшипника A и пара сил с моментом, равным вращающему моменту $M_{\text{вр}}$ (см. рис. 5.6). Применим к описанию движения системы теорему об изменении кинетического момента системы относительно оси вращения z, направленной вдоль линии AB.

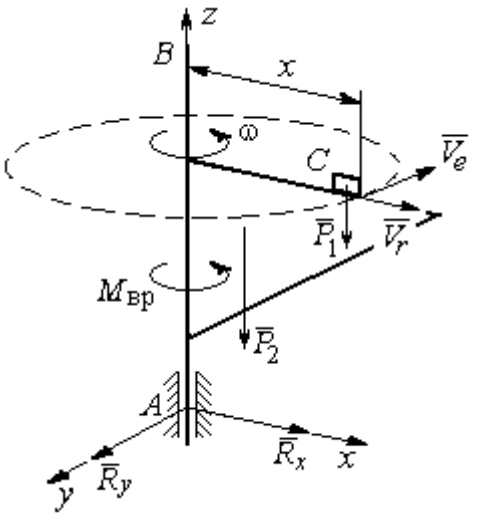


Рис. 5.6. Внешние силы, действующие на кран при его движении

Поскольку силы тяжести параллельны оси вращения крана, а составляющие реакции шарнира A пересекают её, то моменты этих сил относительно оси z равны нулю и теорема об изменении кинетического момента системы принимает вид: $\dfrac{dL_z}{dt} = M_{\text{вр}}$. Интегрируя это уравнение при постоянном вращающем моменте, получим равенство: $L_z - L_{z0} = M_{\text{вр}} t$, где L_z, L_{z0} – кинетический момент системы в текущий и начальный моменты времени.

Кинетический момент системы L_z равен сумме: $L_z = L_z^{\text{кран}} + L_z^{\text{груз}}$. Кинетический момент крана как твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси: $L_z^{\text{кран}} = J\omega$. Полагая тележку с грузом материальной точкой, определим её кинетический момент $L_z^{\text{груз}}$, как момент вектора количества

движения тележки относительно оси *z*. Тележка с грузом участвует в сложном движении. Вектор абсолютной скорости тележки $\vec{V}_{\text{абс}}$ равен сумме $\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где $\vec{V}_r$ относительная скорость тележки (перемещение по стреле крана); $\vec{V}_e$ – переносная скорость (движение вместе с краном). Воспользовавшись теоремой Вариньона при вычислении момента количества движения тележки с грузом, получим:

$$L_z^{\text{груз}} = M_z(m_1\vec{V}_{\text{абс}}) = M_z(m_1\vec{V}_e + m_1\vec{V}_r) = M_z(m_1\vec{V}_e) = m_1V_ex = m_1\omega x^2.$$

В результате суммарный кинетический момент системы в текущий момент времени $L_z = L_z^{\text{кран}} + L_z^{\text{груз}} = \left(J + m_1x^2\right)\omega$. Тогда начальный кинетический момент систем: $L_{z0} = \left(J + m_1a^2\right)\omega_0$.

Подставляя выражения начального и текущего кинетического моментов в уравнение движения, получим: $\left(J + m_1x^2\right)\omega - \left(J + m_1a^2\right)\omega_0 = M_{\text{вр}}t$, откуда закон изменения угловой скорости крана $\omega = \dfrac{M_{\text{вр}}t + \left(J + m_1a^2\right)\omega_0}{\left(J + m_1x^2\right)}$. Момент времени $t_{\text{к}}$, когда тележка достигнет края стрелы ($x = L$), найдём из условия движения тележки по стреле с постоянной скоростью: $Vt_{\text{к}} = L - a$. С учётом данных задачи угловая скорость крана в этот момент $\omega(t_{\text{к}}) = 0{,}93$ рад/с.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела; **при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \dfrac{1}{2}J_z\omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела; **при плоскопараллельном движении**: $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2 + \dfrac{1}{2}J_{zC}\omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра

масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной силы F при прямолинейном перемещении точки приложения силы $A = FS\cos\alpha$, где S – перемещение точки; α – постоянный угол между перемещением и направлением силы. **Работа пары сил с постоянным моментом** M при повороте тела на конечный угол φ вычисляется по формуле: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы F называют величину, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}$, где V – скорость точки приложения силы. При плоском движении тела мощность силы равна сумме скалярных произведений: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O \cdot \vec{\omega}$, где V_O – скорость точки, выбранной полюсом; ω – угловая скорость тела; $\vec{M}_O = M_O(\vec{F})$ – момент силы относительно полюса. Если в качестве полюса выбрать точку K – мгновенный центр скоростей, то мощность силы $N(\vec{F}) = \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}$, где $M_K(\vec{F})$ – момент силы относительно мгновенного центра скоростей.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы при перемещении её из начального состояния в текущее равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему: $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В

неизменяемых системах сумма работ и сумма мощностей внутренних сил равны нулю: $\sum A(\vec{F}_k^i) = 0$.

Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы

Задача 57. Планетарный механизм, позволяющий получать повышенные передаточные отношения угловых скоростей, состоит из трех одинаковых колёс, соединённых кривошипом *OA* (рис. 5.7). Колесо 1 неподвижно, кривошип *OA* вращается с угловой скоростью ω_{OA} и приводит в движение колёса 2 и 3. Полагая массы колёс и их радиусы одинаковыми, равными *m* и *r,* и пренебрегая массой кривошипа, найти кинетическую энергию механизма.

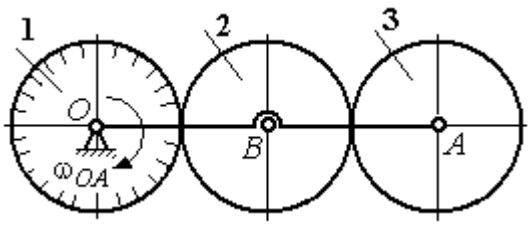


Рис. 5.7. Планетарный механизм

Решение

Кинетическая энергия механизма *T* равна сумме энергий колёс 2 и 3: $T = T_2 + T_3$. Энергия колеса 1 равна нулю потому, что оно неподвижно, а энергия кривошипа равна нулю, так как массой кривошипа пренебрегаем. При движении механизма колесо 2, увлекаемое кривошипом, катится по неподвижной поверхности первого колеса. Энергия колеса 2: $T_2 = \frac{mV_B^2}{2} + \frac{J_{2B}\omega_2^2}{2}$, где V_B – скорость центра масс колеса 2, J_{2B} – момент инерции колеса 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости колеса, $J_{2B} = \frac{mr^2}{2}$.

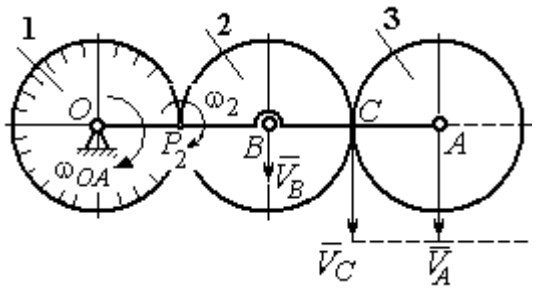


Рис. 5.8. Расчётная схема вычисления энергии механизма

Выразим кинетическую энергию колеса 2 через угловую скорость ω_{OA} кривошипа OA.

Скорость точки B, лежащей на кривошипе OA: $V_B = \omega_{OA} \cdot OB = \omega_{OA} 2r$.

Так как точка P_2 касания колёс 1 и 2 является мгновенным центром скоростей колеса 2 (рис. 5.8), угловая скорость колеса 2 $\omega_2 = \dfrac{V_B}{BP_2}$. В результате получим: $\omega_2 = 2\omega_{OA}$. Подставив зависимости V_B и ω_2 в выражение кинетической энергии колеса 2, найдём:

$$T_2 = \frac{m(\omega_{OA} 2r)^2}{2} + \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{(2\omega_{OA})^2}{2} = 3m\omega_{OA}^2 r^2.$$

Вычислим кинетическую энергию колеса 3. Найдём скорость точки C, считая, что она принадлежит колесу 2: $V_C = \omega_2 \cdot P_2C = 4\omega_{OA} r$. Скорость точки A – центра колеса 3 определим, полагая, что точка A лежит и на кривошипе: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 4\omega_{OA} r$. Скорости двух точек A и C колеса 3 равны и параллельны, причём линия AC перпендикулярна векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 5.8). В этом случае мгновенный центр скоростей отсутствует и колесо 3 совершает мгновенно-поступательное движение. Энергия поступательного движения колеса 3: $T_3 = \dfrac{mV_A^2}{2} = \dfrac{m(4\omega_{OA} r)^2}{2} = 8m\omega_{OA}^2 r^2$.

Окончательно, энергия механизма: $T = T_2 + T_3 = 11m\omega_{OA}^2 r^2$.

Задача 58. Горизонтальный желоб DE опирается на блок 1 и на каток 3 одинакового радиуса r (рис. 5.9). Блок 1 весом P_1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Каток 3 катится по горизонтальному рельсу без проскальзывания. На одной оси с катком 3 жестко связано колесо 2 радиуса R. Их общий вес равен Q, а общий радиус инерции относительно оси z, проходящей через центр масс C перпендикулярно плоскости катка, равен i_z. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Массой желоба пренебрегаем. Скольжение между желобом и блоком 1, а также

катком 3 отсутствует. Определить ускорение центра масс колеса 2 и катка 3 и угловое ускорение блока 1, если: P_1 = 40 Н, Q = 60 Н, F = 50 Н, M = 45 Н·м, R = 0,8 м, r = 0,6 м, i_z = 0,4 м.

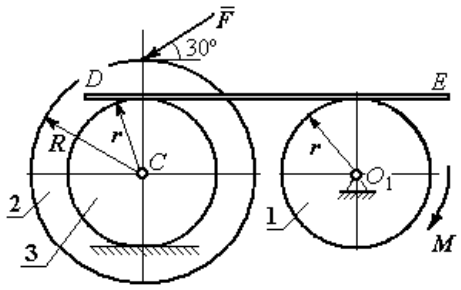


Рис. 5.9. Схема движения механической системы

Решение

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии для неизменяемых механических систем: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

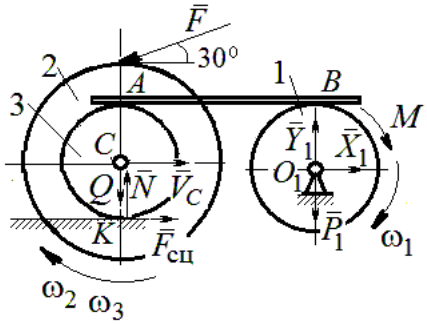


Рис. 5.10. Расчетная схема для исследования движения системы

Предположим, во время движения системы блок 1 вращается по ходу часовой стрелки.

Угловые скорости ω_1, ω_2 блока 1, катка 3 и скорость $\vec{V}_C$ центра масс катка 3 показаны на рис. 5.10. Угловая скорость колеса 2 и катка 3 равны: $\omega_3 = \omega_2$.

Кинетическая энергия вращательного движения блока 1 $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где J_{zO_1} – осевой момент инерции блока, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$.

Фигура, состоящая из катка 3 и колеса 2, двигается плоскопараллельно. Кинетическая энергия фигуры определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где m – общая масса катка и колеса, $m = \frac{Q}{g}$, J_{zC} – момент инерции фигуры относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m i_z^2$,

У катка 3 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка K на рис. 5.10). Тогда $\omega_3 = \dfrac{V_C}{r}$. Скорость точки A катка $V_A = \omega_3 2r = 2V_C$. Приравнивая скорость точки A на катке 2 к скорости точки B на блоке 1, получим $\omega_1 = \dfrac{2V_C}{r}$.

Найдём кинетическую энергию системы, выраженную через скорость центра масс катка 3:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{Q}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) V_C^2 = \frac{V_C^2}{2g}\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил.

На блок 1 действуют: сила тяжести $\vec{P}_1$, пара сил с моментом M и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ (рис. 5.10). Мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Момент M направлен в сторону вращения блока 1, его мощность $N(M) = M\omega_1 = M\dfrac{2V_C}{r}$.

На каток 3 (вместе с жестко связанным с ним колесом 2) действуют: сила $\vec{F}$, сила тяжести $\vec{Q}$ катка и колеса, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления $\vec{F}_{\text{сц}}$ катка 3 с поверхностью.

Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей катка 3, скорость которого равна нулю. Мощность силы тяжести $\vec{Q}$ равна нулю, так как угол между вектором силы и вектором скорости точки C равен 90°.

Для определения мощности силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2. С учётом того, что скорость $V_K = 0$, получим:

$$N(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{V}_K + \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}_2 = \vec{M}_K(\vec{F})\vec{\omega}_2 =$$

$$= - F(r + R)\omega_2 \cos 30° = - FV_C\left(1 + \frac{R}{r}\right)\cos 30°.$$

Поскольку вращение, создаваемое моментом силы $\vec{F}$ относительно центра *K*, противоположно выбранному направлению угловой скорости катка, мощность силы $\vec{F}$ отрицательная.

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = - FV_C\left(1 + \frac{R}{r}\right)\cos 30° + M\frac{2V_C}{r}.$$

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы. Находим производную по времени от кинетической энергии системы $\frac{dT}{dt} = \frac{V_C}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]$ и приравниваем суммарной мощности внешних сил. Получим:

$$\frac{1}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = - F\left(1 + \frac{R}{r}\right)\cos 30° + \frac{2M}{r},$$

откуда с учётом исходных данных задачи ускорение центра масс диска 2 $a_C = 2{,}88$ м/с^2. Для определения углового ускорения блока 1 продифференцируем по времени равенство $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$. Получим: $\varepsilon_1 = \frac{2a_C}{r} = 9{,}6$ рад/с^2.

Задача 59. Каток радиуса *r*, весом *P* закатывают вверх по наклонной плоскости приложив в центре катка силу $\vec{F}$ под углом 30° к наклонной плоскости (рис. 5.11). Сама плоскость наклонена под углом 30° к горизонту. Величина силы *F* = 2*P*. В начальном положении центр катка имел скорость V_0.

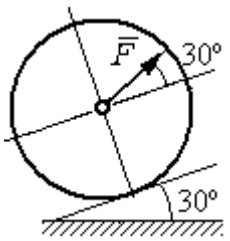


Рис. 5.11. Движение катка на наклонной плоскости

На какое расстояние S переместился центр катка, если в конце перемещения его скорость удвоилась.

Решение

Применим теорему об изменении кинетической энергии на конечном перемещении системы: $T - T_0 = \sum A(F_k)$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, сила $\vec{F}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с наклонной плоскостью (рис. 5.12). При перемещении центра катка на расстояние S вдоль наклонной плоскости работу совершают только сила $\vec{F}$: $A(\vec{F}) = F\cos 30° S$ и сила тяжести: $A(\vec{P}) = -Ph$, где h – перепад высот при перемещении центра масс катка. Работа реакции опоры и силы сцепления равна нулю.

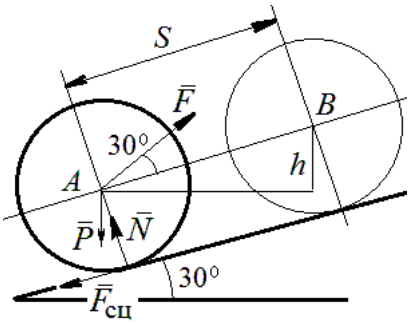


Рис. 5.12. Расчётная схема движения катка

Кинетическая энергия катка $T = \frac{1}{2} m V_A^2 + \frac{1}{2} J_{zA} \omega^2$, где J_{zA} – момент инерции фигуры относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zA} = \frac{mr^2}{2}$. Выражая угловую скорость катка через скорость центра масс $\omega = \frac{V_A}{r}$, с учётом выражения момента инерции катка, получим энергию катка в виде: $T = \frac{3}{4} m V_A^2$.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии при перемещении центра катка на расстояние S: $\frac{3}{4} m V_B^2 - \frac{3}{4} m V_A^2 = F\cos 30° S - Ph$, где $V_A = V_0$ $V_B = 2V_0$, $F = 2P$, $h = S\sin 30°$.

Найдём искомое перемещение: $S = \frac{9V_0^2}{4g(2\cos 30° - \sin 30°)}$.

Упражнения

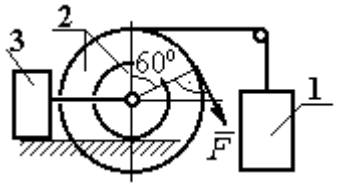


Рис. 5.16. Схема механизма катка

Упражнение 5.1. Крановая тележка массы m_1 может перемещаться по горизонтальной балке без трения (рис. 5.13). В центре масс тележки закреплён трос длиной l, на другом конце которого привязан груз массы m_2. Трос может совершать колебательные движения в вертикальной плоскости. В начальный момент трос был в вертикальном положении. Определить горизонтальное перемещение тележки в зависимости от угла наклона троса. Весом троса пренебречь.

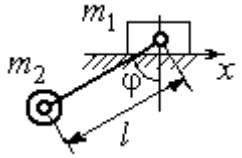


Рис. 5.13. Движение крановой тележки

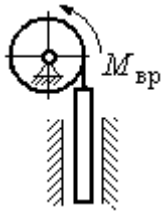


Рис. 5.14. Схема механизма лебёдки

Упражнение 5.2. К барабану лебёдки, поднимающей штангу, приложен вращающий момент, пропорциональный времени $M_{ВР} = kt$ (рис. 5.14). Штанга массы m_1 поднимается посредством каната, навитого на барабан массы m_2 и радиуса r. В начальный момент система находилась в покое. Определить угловую скорость барабана, считая его однородным диском.

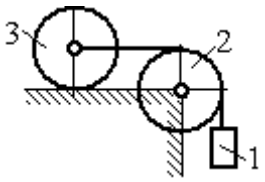


Рис. 5.15. Схема движения системы

Упражнение 5.3. Груз 1 массы m_1 подвешен на нерастяжимом тросе, другой конец которого переброшен через блок 2 и закреплён в центре масс катка 3 (рис. 5.15). Каток 3 катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. Блок 2 и каток 3 – однородные диски массы m_2 и m_3, радиуса r. В начальный момент система находилась в покое. Определить скорость груза, когда он опустится на высоту h, если к катку 3 приложен момент M.

Упражнение 5.4. Механическая система включает два груза 1 и 3 одинакового веса P и каток 2 весом $2P$, радиусом $R = 2r$ с цилиндрическим выступом радиусом r (рис. 5.16). Каток катится выступом по неподвижной поверхности без проскальзывания. К катку по касательной к окружности приложена сила $F = 2P$. Найти ускорение центра масс катка, если его радиус инерции относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения: $i_{zC} = r\sqrt{2}$.

5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию движений твёрдого тела

Поступательное движение твердого тела описывается дифференциальными уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}^e$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}^e$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}^e$ - или в алгебраической форме $ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e$, $ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e$, $ma_{Cz} = \sum F_{kz}^e$, где m – масса тела; $\ddot{x} = a_{Cx}$, $\ddot{y} = a_{Cy}$, $\ddot{z} = a_{Cz}$ – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F_{kx}^e, F_{ky}^e, F_{kz}^e – проекции внешних сил.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается дифференциальным уравнением: $J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$ или алгебраическим уравнением: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; $\sum M_z(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается уравнениями движения центра масс и вращательного движения тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e;\ ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e;\ J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}_k^e),$$

где a_{Cx}, a_{Cy}– проекции ускорения центра масс тела; F_{kx}^e, F_{ky}^e – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^e)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение каждого тела системы в отдельности, предварительно освободив его от связей и заменив их действие реакциями.

Примеры решения задач на составление уравнений движения твердых тел

Задача 59. Лебёдка поднимает груз 1 массы $m_1 = 50$ кг посредством троса,

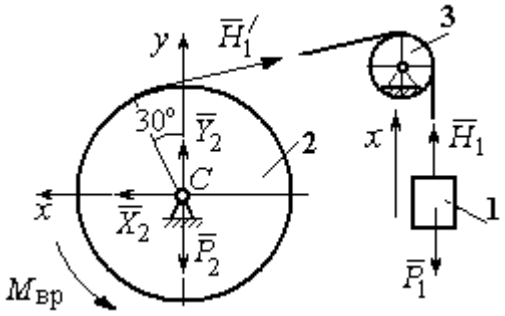


Рис. 5.18. Внешние силы и реакции, действующие на груз и барабан при движении системы

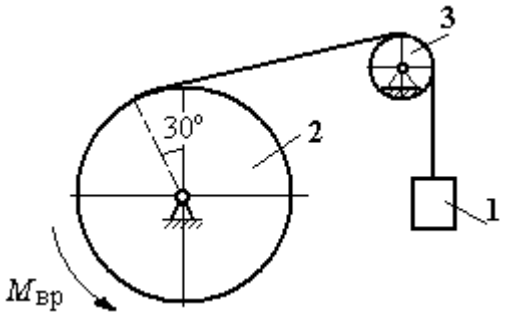


Рис. 5.17. Механизм лебёдки

переброшенного через блок 3 и навитого на барабан 2 массы $m_2 = 20$ кг, радиуса $r = 0{,}8$ м (рис. 5.17). К барабану приложен постоянный вращающий момент $M_{вр} = 480$ Н·м. Определить ускорение груза, натяжение троса и реакцию шарнира барабана 2. Весом троса и массой блока 3 пренебречь, барабан считать сплошным цилиндром.

Решение

Составим уравнение движения груза 1. Для этого освобождаем груз от связей, заменив действие троса реакцией. На груз действует сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция троса $\vec{H}_1$ (рис. 5.18). Выберем ось x по направлению движения груза. Уравнение движения груза в проекции на ось x: $m_1 a_1 = H_1 - P_1$.

Рассмотрим движение барабана 2. Освободим барабан от связей и заменим их действие реакциями.

На барабан действует сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом вращения $M_{вр}$, реакция троса $\vec{H}_1'$ и реакция шарнира (на рис. 5.18 разложена на составляющие $\vec{X}_2$, $\vec{Y}_2$). Так как массой блока 3 пренебрегаем, то модули сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$ равны. Направления действия сил и момента показаны на рис. 5.18.

Уравнение вращательного движения барабана относительно оси z: $J_z\varepsilon_2 = \sum M_z(F_k) = M_{\text{вр}} - H_1' r$, где момент инерции барабана $J_z = \dfrac{m_2 r^2}{2}$.

Продифференцируем по времени равенство $V_1 = \omega_2 r$ и выразим угловое ускорение барабана через ускорение груза 1. Получим $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Подставляя выражение углового ускорения в уравнение вращательного движения барабана с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, напишем уравнения движения барабана и груза в виде системы уравнений:

$$m_1 a_1 = H_1 - P_1, \;\; m_2 a_1 = \frac{2M_{\text{вр}}}{r} - 2H_1,$$

откуда находим a_1= 1,82 м/с^2, H_1 = 581,8 Н. Натяжение троса численно равно реакции.

Для определения реакции шарнира составим (формально) уравнение движения центра масс блока 2 в проекциях на оси x, y (см. рис. 5.18):

$$m_2 a_{Cx} = X_2 - H_1' \cos 30^\circ = 0, \; m_2 a_{Cy} = Y_2 + H_1' \cos 60^\circ - P_2 = 0.$$

Отсюда X_2 = 503,84 Н, Y_2 = – 94,7 Н, $R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$ = 512,66 Н.

Задача 60. Барабан весом G, радиусом R имеет цилиндрический выступ радиусом r (рис. 5.19). Барабан скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30°, опираясь на неё поверхностью выступа. К барабану приложены постоянные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Сила $\vec{F}_1$ направлена по касательной к поверхности барабана. Сила $\vec{F}_2$ действует под углом 30° к диаметру барабана, перпендикулярному наклонной плоскости. В начальный момент времени барабан приведён в равновесие парой сил с моментом M.

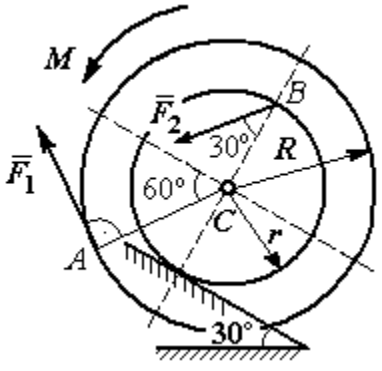


Рис. 5.19. Схема движения барабана по наклонной плоскости

Определить угловое ускорение барабана и закон движения центра масс, если в положении равновесия величину уравновешивающего момента увеличить в 1,2 раза. Исходные данные для решения задачи: R = 0,6 м, r = 0,2 м, G = 100 Н, F_1 = 60 Н, F_2 = 25 Н, радиус инерции барабана i_z = 0,4 м.

Решение

На барабан действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{G}$, пара сил с неизвестным моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления барабана с поверхностью. Сила сцепления приложена в точке K касания выступа барабана с наклонной плоскостью и направлена вдоль неё (рис. 5.20).

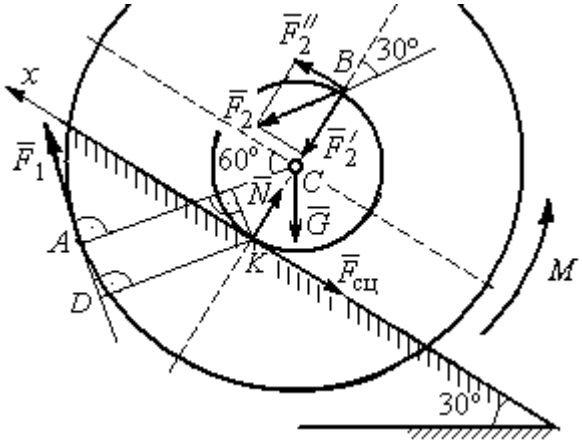


Рис. 5.20. Силы, действующие на барабан, во время движения

Для определения момента M, приводящего барабан в равновесие, запишем уравнение равновесия в виде равенства нулю моментов сил $\sum M_K(\vec{F}_k^e) = 0$ относительно точки K. Точка K выбрана с той целью, что в уравнение не будет входить момент неизвестной силы сцепления.

На рис. 5.20 показано разложение силы $\vec{F}_2$: $\vec{F}_2 = \vec{F}_2' + \vec{F}_2''$. Значения составляющих определяются как проекции: $F_2' = F_2\cos 30°$, $F_2'' = F_2\sin 30°$.

Применяя теорему Вариньона, вычислим момент силы $\vec{F}_2$ относительно точки K: $M_K(\vec{F}_2) = M_K(\vec{F}_2') + M_K(\vec{F}_2'') = F_2\sin 30° \cdot 2r$.

Момент силы $\vec{F}_1$ относительно точки K:

$$M_K(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot KD = -F_1(R - r\cos 30°).$$

В результате уравнение моментов сил при равновесии барабана принимает вид

$$\sum M_K(\vec{F}_k^e) = -F_1(R - r\cos 30°) + F_2\sin 30° \cdot 2r - Gr\sin 30° + M = 0.$$

Подставляя сюда исходные данные задачи, находим величину уравновешивающего момента $M = 30{,}61$ Н·м. Направление момента показано дуговой стрелкой на рис. 5.20.

Увеличим значение момента M, удерживающего барабан в равновесии, в 1,2 раза: $M_1 = 1{,}2M$. Возникшее после этого качение барабана вверх по наклонной плоскости представляет собой плоскопараллельное движение, которое описывается с применением теорем о движении центра масс и об изменении кинетического момента.

Уравнение движения центра масс барабана в проекции на ось x, направленную вверх по наклонной плоскости, имеет вид:

$$m\ddot{x}_C = F_1\cos 30° + F_2\cos 60° - G\cos 60° - F_{\text{сц}},$$

где x_C – координата центра масс барабана.

Применив теорему об изменении кинетического момента барабана относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения и считая моменты сил положительными, если они создают вращение в сторону движущегося вверх барабана, выразим уравнение вращательного движения барабана вокруг оси z в виде:

$$J_{zC}\ddot{\varphi} = -F_1R + F_2r\cos 60° + F_{\text{сц}}r + M_1,$$

где φ – угол поворота барабана; J_{zC} – момент инерции барабана, $J_{zC} = mi_z^2$; i_z – радиус инерции. С учётом соотношения $\ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r}$ получим уравнение:

$$m\ddot{x}_C\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) = -F_1\left(\frac{R}{r} - \cos 30°\right) + 2F_2\cos 60° - G\cos 60° + \frac{M_1}{r}.$$

После подстановки данных задачи находим дифференциальное уравнение движения центра масс: $\ddot{x}_C = 0{,}6$. Дважды интегрируя его с нулевыми начальными условиями (так как движение началось из состояния покоя), находим закон движения центра масс: $x_C = 0{,}3t^2$ м. Из уравнения следует, что барабан движется в сторону положительного направления оси x.

Угловое ускорение барабана $\varepsilon = \ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r} = 3$ рад/с^2.

Задача 61. Механизм (рис. 5.21) включает в себя груз 1, каток 2 и ступенчатый барабан 3, соединённых нерастяжимыми нитями. Движение механизма происходит из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, и пары сил с моментом M, приложенной к барабану 3. Качение катка 2 по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30º происходит без проскальзывания.

Каток 2 считать однородным диском радиуса R_2. Радиусы ступеней барабана 3: R_3, r_3, радиус инерции барабана i_3.

Найти ускорение груза 1, силы натяжения нитей и динамическую реакцию шарнира барабана 3, если $P_1 = P_2 = 2P$; $P_3 = 3P$, $F = 3P$; $M = Pr$, $R_2 = 2r$; $R_3 = 3r$; $r_3 = r$; $i_3 = r\sqrt{3}$.

Решение

Рассмотрим движение каждого тела системы отдельно, предварительно освободив тела от связей и заменив их действие реакциями. На рис. 5.22 изображены силы, действующие на тела системы, после освобождения их от

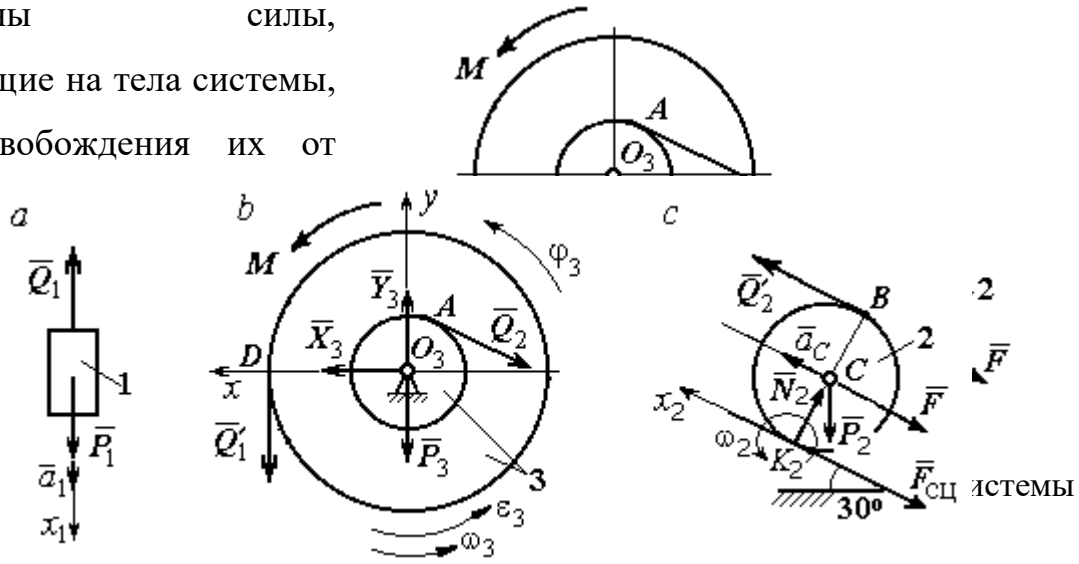


Рис. 5.22. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему

связей и направление движения каждого тела.

Допустим, груз движется вниз со скоростью V_1, ускорением a_1. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.22, *a*). Направим ось x_1 в сторону движения груза. Уравнение движения груза вдоль оси x_1 имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1 .$$

Барабан 3 вращается вокруг неподвижной оси z , проходящей через центр масс O_3. На диск 3 действует сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника $\vec{R}_3$ (на рис. 5.22, *b* показано разложение реакции на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$), пара сил с моментом M и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$.

При составлении уравнения вращательного движения барабана моменты сил относительно оси считаем положительными, если они создают поворот в сторону вращения барабана. Уравнение вращения барабана 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1' 3r + Pr - Q_2 r ,$$

Момент инерции барабана относительно оси z: $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \dfrac{9Pr^2}{g}$;

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$, нормальная реакция $\vec{N}_2$ наклонной плоскости и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с поверхностью (рис. 5.22, *c*).

Выберем ось x_2 по направлению движения центра масс катка 2. Плоскопараллельное движение катка описывается уравнениями движения его центра масс в проекции на ось x_2 и вращения вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2' - 3P - F_{\text{сц}} - P ;$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2' 2r + F_{\text{сц}} 2r , \quad J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} .$$

При составлении второго уравнения момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения катка.

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей между ускорениями точек и угловыми ускорениями тел. Предположим, скорость центра масс катка 2 равна V_C (см. рис. 5.22, *c*). Угловая скорость катка $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK_2} = \dfrac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей. Продифференцировав по времени последнее равенство, получим: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = 2V_C$. Приравняв скорость точки *A* к скорости точки *B* (см. рис. 5.21), получим: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \dfrac{2V_C}{r}$. После дифференцирования найдём: $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс катка 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда ускорение груза 1 $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения с учётом равенства модулей сил $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_1$, а также $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ получим систему:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1; \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}; \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

откуда находим: $a_C = 0{,}09g$, $Q_1 = 0{,}92P$, $Q_2 = 2{,}14P$.

Динамические реакции $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, действующие на ось вращающегося барабана 3 (рис. 5.22, *b*), определяются из уравнений, которые можно получить, формально применив к барабану теорему о движении центра масс. Так как центр масс барабана 3 неподвижен, его ускорение равно нулю, $a_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения его центра масс в проекциях на оси *x*, *y* имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0;$$

$$m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0.$$

Подставляя значения $Q_1 = 0{,}92P$ и $Q_2 = 2{,}14P$, находим составляющие реакции оси барабана 3: $X_3 = Q_2 \cos 30° = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60° = 4{,}98P$.

Полная величина реакции оси барабана 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

Задача 62. Подъёмное устройство (рис. 5.23) состоит из однородного диска 1 массой m_1, радиусом r_1, ступенчатого диска 2 массой $m_2 = 3m_1$, радиусом $R_2 = 4r_1$ и радиусом ступеньки $r_2 = r_1$ и груза 3 массой $m_3 = 2m_1$. Система движется из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести и пары сил с моментом $M = m_1 g r_1$, приложенной к диску 1. Определить ускорение груза 3 и натяжение нити груза 3, если радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, походящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска 2, $i_{2C} = 2r_1$.

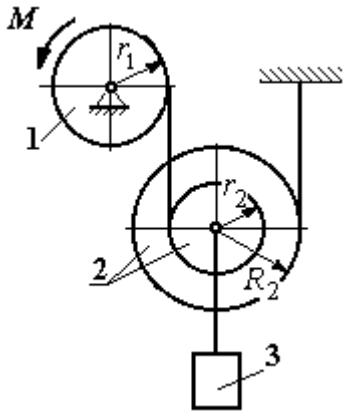


Рис. 5.23. Конструкция подъёмного устройства

Решение задачи осуществить с применением теоремы об изменении кинетической энергии системы и проверить его методом динамического расчёта, составляя уравнения движения тел, входящих в систему.

Решение

1. Для неизменяемой системы (состоящей из абсолютно твёрдых тел, соединённых нерастяжимыми нитями), движущейся из состояния покоя, теорема об изменении кинетической энергии на конечном перемещении имеет вид $T = \sum A(\vec{F}_k^e)$. Схема движения механизма в предположении, что груз 3 опускается, показана на рис. 5.24.

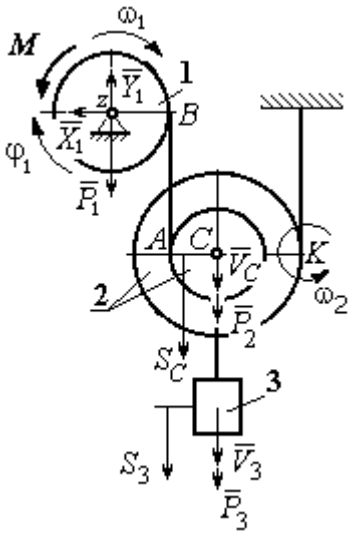


Рис. 5.24. Схема движения механизма

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси z. Кинетическая энергия диска 1: $T_1 = \dfrac{J_{1z}\omega_1^2}{2}$, где момент инерции диска $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

У диска 2 плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия диска 2: $T_2 = \dfrac{m_2 V_C^2}{2} + \dfrac{J_{2C}\omega_2^2}{2}$, где V_C – скорость центра масс диска 2. Момент инерции диска 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно движению диска, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$.

Кинетическая энергия груза 3: $T_3 = \dfrac{m_3 V_3^2}{2}$.

Энергия механизма равна сумме энергий тел, входящих в систему:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{J_{1z}\omega_1^2}{2} + \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2} + \frac{m_3 V_3^2}{2}.$$

Выразим угловые скорости дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 через скорость груза 3.

Скорость центра масс диска 2 равна скорости груза 3, $V_C = V_3$. Угловая скорость диска 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_3}{R_2}$, где CK – расстояние от центра диска 2 до его мгновенного центра скоростей.

Скорость точки B нити равна скорости точки A. Из равенства $\omega_1 r_1 = \omega_2 (R_2 + r_2)$ найдём: $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\omega_2 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$.

Подставляя найденные зависимости в выражение энергии системы, получим кинетическую энергию механизма:

$$T = \frac{V_3^2}{2}\left[\frac{m_1}{2}\left(1 + \frac{r_2}{R_2}\right)^2 + m_2\left(1 + \frac{i_{2C}^2}{R_2^2}\right) + m_3\right] = \frac{209}{64}m_1 V_3^2.$$

Во время движения механизма работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом M. Перемещения S_C и S_3 точек приложения сил $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и угол φ_1 поворота диска 1 показаны на рис. 5.24.

Сумма работ сил $\sum A(\vec{F}_k^e) = P_3 S_3 + P_2 S_C - M\varphi_1$. Работа момента отрицательная, так как заданное направление момента противоположно выбранному направлению вращения колеса 1.

Выразим перемещение центра масс диска 2 и угол поворота диска 1 через перемещение груза 3. Проинтегрировав равенство скоростей $V_3 = V_C$, получим равенство перемещений: $S_3 = S_C$. Аналогично, из равенства $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует соотношение $\varphi_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{S_3}{R_2}$.

В итоге суммарная работа внешних сил в механизме:

$$\sum A(\vec{F}_k^e) = \left[P_3 + P_2 - M\frac{(r_2 + R_2)}{r_1 R_2}\right]S_3 = \frac{15}{4}m_1 g S_3.$$

Составляя уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы, получим равенство:

$$\frac{209}{64}m_1 V_3^2 = \frac{15}{4}m_1 g S_3 \text{ или } V_3^2 = \frac{240}{209}g S_3.$$

Продифференцируем последнее равенство. Получим: $2V_3\dfrac{dV_3}{dt}=\dfrac{240}{209}g\dfrac{dS_3}{dt}$. Так как $\dfrac{dS_3}{dt}=V_3$, а $\dfrac{dV_3}{dt}=a_3$, находим ускорение груза 3: $a_3=\dfrac{120}{209}g$ м/с^2.

Для того чтобы найти натяжение нити груза 3, необходимо написать уравнение его движения. Выделим груз 3 из системы, заменив действие нити её реакцией H_3. Выберем ось x по направлению движения груза. Применим к описанию движения груза теорему о движении центра масс, написав её проекцию на ось x: $m_3a_3=P_3-H_3$, где H_3 –реакция нити. При известном ускорении a_3 находим реакцию нити $H_3=\dfrac{178}{209}m_1g$. Натяжение нити численно равно реакции, но направлено в противоположную сторону.

2. Для решения задачи вторым способом – путём составления уравнений движения тел, входящих в состав механизма, освободим тела от связей и заменим их реакциями. На рис. 5.25 изображены силы и реакции, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей, а также направления угловых ускорений тел и ускорения центров масс.

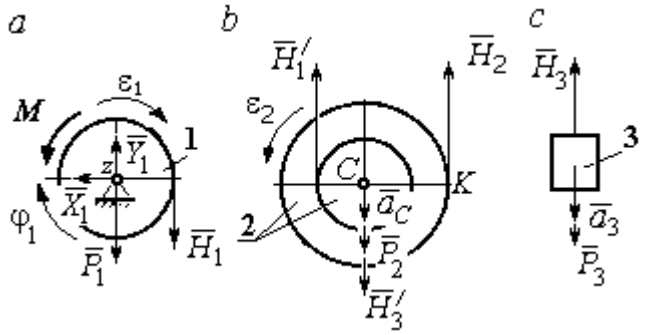


Рис. 5.25. Внешние силы и реакции связей, действующие на тела системы

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси z. На диск действует сила тяжести $\vec{P}_1$, реакция подшипника $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_1$. Вращение диска описывается уравнением: $J_{1z}\varepsilon_1=\sum M_z(F_k)=H_1r_1-M$. Момент инерции диска 1 относительно оси z, $J_{1z}=\dfrac{m_1r_1^2}{2}$.

Диск 2 (рис. 5.25, *b*) совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$ и реакции нитей $\vec{H}_1'$, $\vec{H}_2$ и $\vec{H}_3'$. Плоскопараллельное движение диска 2 описывается уравнением движения его центра масс в проекции

на вертикальную ось и уравнением вращения диска вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = P_2 - H_1' - H_2 + H_3';\ \ J_{2C}\varepsilon_2 = H_2 R_2 - H_1' r_2 .$$

Момент инерции диска 2 $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$. При составлении уравнения вращательного движения диска 2 момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения диска.

Груз 3 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 5.25, *c*). Уравнение движения груза 3 в проекции на вертикальную ось, направленную в сторону его движения, имеет вид:

$$m_3 a_3 = P_3 - H_3 ,$$

Выразим угловые ускорения дисков 1 и 2 и ускорение центра масс диска 2 через ускорение груза 3. Для этого нужно продифференцировать соответствующие кинематические соотношения между скоростями. Так, из найденных ранее выражений: $V_3 = V_C$, $\omega_2 = \dfrac{V_3}{R_2}$, $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует:

$a_3 = a_C$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{R_2}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{a_3}{R_2}$.

Подставляя кинематические соотношения между ускорениями в уравнения движения тел с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, а также $\vec{H}_3$ и $\vec{H}_3'$, получим систему уравнений, описывающих движение звеньев механизма:

$$\frac{5}{8} m_1 a_3 = H_1 - m_1 g;\ \ 3m_1 a_3 = 3m_1 g - H_1 - H_2 + H_3;$$

$$3m_1 a_3 = 4H_2 - H_1;\ \ 2m_1 a_3 = 2m_1 g - H_3 .$$

Решая систему, найдём $a_3 = \dfrac{120}{209} g$ м/с^2, $H_3 = \dfrac{178}{209} m_1 g$. Выражения ускорения a_3 груза 3 и натяжения нити H_3 совпадают с аналогичными

выражениями, полученными в пункте 1 при решении данной задачи с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

Упражнения

Упражнение 5.5. Система состоит из двух катков 1 и 2, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.26). Каток 1 весом P, радиуса r. Каток 2 весом $2P$, радиуса $3r$ имеет цилиндрический выступ радиуса r. Невесомый стержень, параллельный плоскости качения катков, закреплён в центре катка 1 и передаёт движение катка 1 катку 2 в верхней точке вертикального диаметра цилиндрического выступа без проскальзывания. Качение катков без скольжения. К катку 1 приложена пара сил с моментом $M = 4Pr$. В центре масс катка 2 приложена сила $F = 2P$. Радиус инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр катка перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = r\sqrt{2}$. Найти ускорение центра масс катка 1 и реакцию стержня.

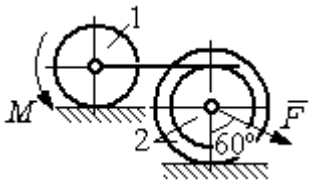


Рис. 5.26. Система катков

Упражнение 5.6. С помощью подъёмного устройства (рис. 5.27) производится подъём груза 1. Нить, закреплённая одним концом на неподвижной поверхности, спускается, охватывает снизу блок 2 массы $m_2 = m$, радиуса r, затем поднимается и проходит параллельно горизонтальной плоскости, где к концу её привязан груз 3 массы $m_3 = m$, передвигающийся по плоскости под действием силы $F = 2{,}5mg$. Нити, удерживающие блок 2, вертикальны. Груз 1 массы $m_1 = 3m$ прикреплён к оси блока 2. Найти ускорение груза 1 и натяжения нитей, удерживающих блок 2.

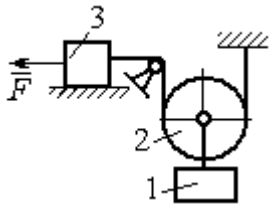


Рис. 5.27. Подъёмное устройство

Упражнение 5.7. Груз 1 массы $m_1 = m$, спускается вниз по наклонной плоскости без трения (рис. 5.28). Нить, прикреплённая к грузу 1, другим своим концом намотана на барабан катка 2 радиуса $R = 2r$ и при движении груза заставляет барабан катиться по горизонтальной поверхности цилиндрическим выступом радиуса r. Качение происходит без проскальзывания. К центру катка привязана другая нить, посредством которой каток тащит за собой груз 3 массы $m_3 = 2m$, скользящий по горизонтальной поверхности без трения. Масса катка $m_2 = 3m$, радиус инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения $i_2 = r\sqrt{3}$. По касательной к ободу катка 2 приложена сила $F = mg$ (точка приложения силы см. рис. 5.28). Определить ускорение груза 1 и натяжения нитей.

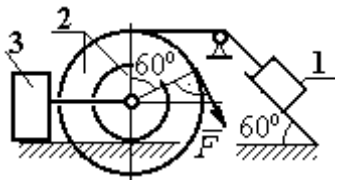


Рис. 5.28. Схема движения механической системы

6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

6.1. Принцип Даламбера для системы

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения. Направлен вектор силы инерции точки в сторону, противоположную ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

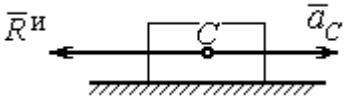


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

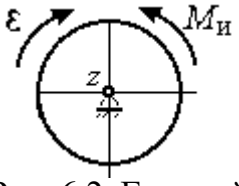


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции обращается в нуль. Главный момент $\vec{M}^{\text{и}}$, сил инерции относительно оси вращения равен по величине $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

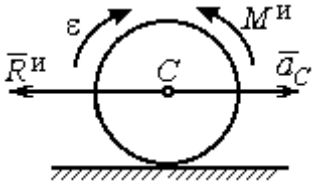


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ равен по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению центра масс $\vec{a}_C$ (рис. 6.3).

Главный момент сил инерции $\vec{M}^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения: $M^{\text{и}} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела относительно оси вращения, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению.

Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной.

Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия (метод кинетостатики):

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{\text{и}} = 0,\ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{\text{и}} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ –внешние силы, действующие на систему; $\vec{R}^{\text{и}}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$, $\vec{M}_O^{\text{и}}$ – моменты внешних сил и главный момент сил инерции относительно произвольного центра O.

Примеры решения задач на применение принципа Даламбера

Задача 63. Груз 1 массы m_1 = 10 кг спускается вниз по наклонной грани клина, образующей угол 60º с горизонтом, и посредством нити, переброшенной через блок 2, укреплённый в верхней точке клина, приводит в движение груз 3 массы m_3 = 5 кг (рис. 6.4). Клин ABC массы m_4 = 15 кг стоит гранью AC на горизонтальной гладкой поверхности и упирается в выступ E.

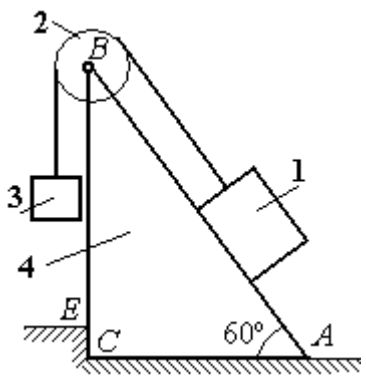


Рис. 6.4. Клин с грузами

Найти давление клина на выступ. Массой блока 2 и нити пренебречь.

Решение

Выберем систему, состоящую из клина ABC, блока 2, грузов 1 и 3 и нити, соединяющей грузы. Внешние силы, действующие на систему, – силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$ грузов 1, 3 и клина 4, горизонтальная реакция $\vec{R}_x$ упора клина в

выступ и вертикальная реакция $\vec{R}_y$ опоры на горизонтальную поверхность. Реакция нити, реакция опоры груза 1 на наклонную поверхность клина и реакция шарнира *B* блока 2 для данной системы являются внутренними.

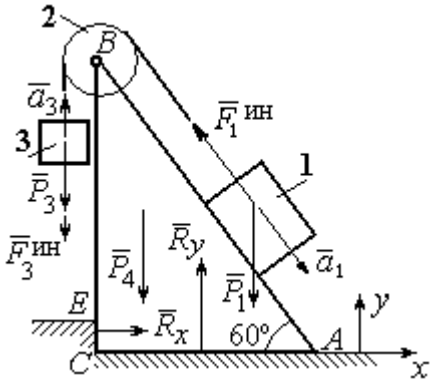


Рис. 6.5. Внешние силы и силы инерции, действующие на систему

Допустим, груз 1 движется вниз, груз 3 – вверх. Приложим силы инерции. Направления ускорений грузов и сил инерции показаны на рис. 6.5.

В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Условие равновесия: $\sum \vec{F}_k^e + \vec{F}_1^{ин} + \vec{F}_3^{ин} = 0$.

Выберем оси *xy,* как показано на рис. 6.5, и спроектируем векторное равенство на ось *x*. Получим: $R_x - F_1^{ин}\cos 60^\circ = 0$, где модуль силы инерции $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

Найдём ускорение груза 1. С этой целью рассмотрим отдельно движение грузов 1 и 3 (рис. 6.6 *a*, *b*).

Рассматривая груз 1 как отдельную систему, изобразим внешние силы: силу тяжести $\vec{P}_1$, реакцию нити $\vec{T}'$ и реакцию опоры $\vec{N}$ (см. рис. 6.6, *b*). Присоединим силу инерции $\vec{F}_1^{ин}$ и составим уравнение равновесия полученной системы сил в проекции на ось *x*, расположенную вдоль наклонной грани клина: $P_1 \sin 60^\circ - T' - F_1^{ин} = 0$, где $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

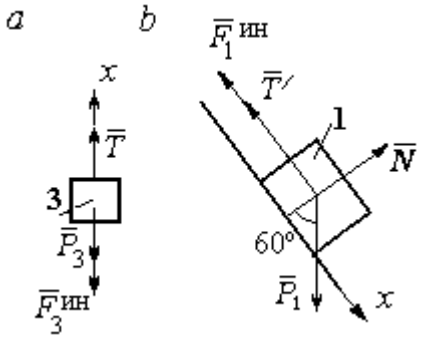


Рис. 6.6. Равновесие грузов

Для груза 3 внешними силами будут сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{T}$. Присоединим к грузу 3 силу инерции $\vec{F}_3^{ин}$ (см. рис. 6.6, *a*) и составим уравнение

равновесия системы сил в проекции на ось x, выбранную по направлению движения груза 3: $T - P_3 - F_3^{\text{ин}} = 0$, где модуль силы инерции $F_3^{\text{ин}} = m_3 a_3$.

Решая полученную систему с учётом, что модули реакций нити и модули ускорений грузов равны: $T = T'$ и $a_1 = a_3$, находим ускорение грузов. Получим: $a_1 = a_3 = \dfrac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)g}{m_1 + m_3}$. Тогда давление клина на уступ:

$$R_x = F_1^{\text{ин}} \cos 60^\circ = m_1 g \frac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)}{(m_1 + m_3)} \cos 60^\circ .$$

Подставляя данные из условия задачи, найдём R_x = 11,97 Н.

Задача 64. Для подъёма грузов используется лебёдка со ступенчатым воротом, изображённая на рис. 6.7. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота r_1 и r_2, радиус инерции барабана относительно оси вращения i_3. Лебёдка установлена на горизонтальной балке AB, которая закреплена в точке A на неподвижном цилиндрическом шарнире и опирается на каток в точке B. Груз 1 поднимается на верёвке, навитой на большую ступеньку ворота. На малой ступеньке барабана ворота закреплена другая верёвка, удерживающая противовес 2. К барабану лебёдки приложен постоянный вращающий момент $M_{\text{вр}}$.

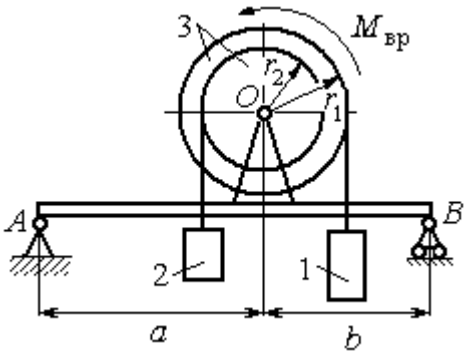


Рис. 6.7. Лебёдка на балке

Найти реакции опор балки во время движения груза, если радиусы ступенек барабана r_1 = 0,8 м, r_2 = 0,2 м, радиус инерции барабана относительно оси вращения i_3 =0,6 м, масса груза 1 m_1 = 100 кг, противовеса 2 m_2 =30 кг, масса барабана m_1 = 50 кг, величина вращающего момента $M_{\text{вр}}$ = 1050 Н·м, расстояния от крайних точек балки A и B до линии вертикального диаметра барабана a = 2 м, b = 1 м.

Решение

Выберем систему, включающую только барабан 3, грузы 1 и 2 и нити, связывающие грузы с барабаном (рис. 6.8). Внешние силы, действующие на эту систему, – пара сил, создающая вращающий момент $M_{\text{вр}}$, силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ грузов 1, 2 и барабана 3 и реакция $\vec{R}_O$ опоры барабана на шарнир в точке O. Натяжения нитей для данной системы являются внутренними и на рис. 6.8 не показаны.

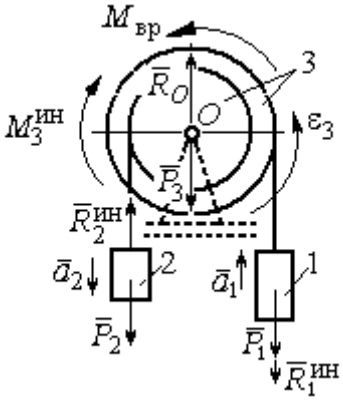


Рис. 6.8. Расчётная схема равновесия барабана

Приложим силы инерции. Направления главных векторов сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ и момента сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ показаны на рис. 6.8.

Согласно принципу Даламбера, полученная система внешних сил и сил инерции является уравновешенной. Составим уравнения равновесия:

$$R_O + R_2^{\text{ин}} - P_2 - P_3 - P_1 - R_1^{\text{ин}} = 0; \;\; M_{\text{вр}} - M_3^{\text{ин}} - R_2^{\text{ин}} r_2 + P_2 r_2 - P_1 r_1 - R_1^{\text{ин}} r_1 = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $M_3^{\text{ин}} = J_{3O}\varepsilon_3$, $J_{3O} = m_3 i_3^2$.

Из второго уравнения с учётом кинематических соотношений: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{r_1}$ и $a_2 = \dfrac{r_2}{r_1} a_1$, найдём ускорение груза 1: $a_1 = \dfrac{r_1(M_{\text{вр}} + P_2 r_2 - P_1 r_1)}{m_3 i_3^2 + m_2 r_2^2 + m_1 r_1^2}$. Подставляя данные задачи, получим a_1 = 3,49 м/с^2.

Вычислим модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$=349 Н; $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$ = 26,17 Н.

Подставляя модули сил инерции в первое уравнение условий равновесия, найдём реакцию опоры барабана на шарнир O:

$$R_O = -R_2^{\text{ин}} + P_2 + P_3 + P_1 + R_1^{\text{ин}} = 2088{,}63 \text{ Н}.$$

Для определения реакций опор балки AB выберем объектом равновесия саму балку (рис. 6.9). На балку действуют сила $\vec{R}'_O$ давления со стороны шарнира O, реакция шарнира в точке A (на рис. 6.9 разложенная на составляющие $\vec{R}_{Ax}$, $\vec{R}_{Ay}$) и реакция $\vec{R}_{By}$ опоры балки на шарнир в точке B. Составим уравнения равновесия балки:

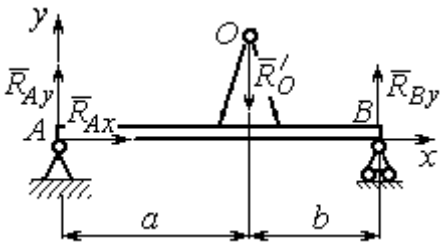


Рис. 6.9. Равновесие балки

$$\sum F_x = R_{Ax} = 0,\ \sum F_y = R_{Ay} - R'_O + R_{By} = 0,$$

$$\sum M_A(F) = R_{By}(a+b) - R'_O a = 0.$$

Решая систему с учётом того, что модули сил $\vec{R}'_O$ и $\vec{R}_O$ равны, найдём реакции опор балки: $R_{By} = R_O \dfrac{a}{a+b}$ = 1392,42 Н; $R_{Ay} = R_O - R_{By}$ = 696,21 Н.

Для сравнения реакции опор балки при неподвижном барабане R_{By} = 1419,18 Н, R_{Ay} = 346,62 Н.

Упражнение

Упражнение 6.1. Груз 1 соединён с грузом 2 нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок (рис. 6.10). Опускаясь вниз, груз 2 перемещает груз 1 по горизонтальной поверхности призмы 3 без трения. Призма стоит на горизонтальной гладкой поверхности и упирается левым краем в выступ. Определить силу давления призмы на пол, если массы грузов 1, 2 и призмы 3 одинаковы и равны m. Массой нити и блока пренебречь.

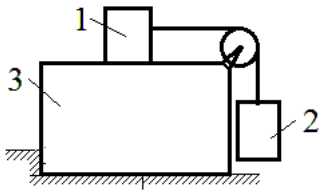


Рис. 6.10. Схема движения грузов в системе

6.2. Принцип возможных перемещений

Возможными перемещениями механической системы называют любую совокупность элементарных (бесконечно малых) перемещений точек системы из занимаемого в данный момент времени положения, которые допускаются всеми наложенными на систему связями.

Идеальными связями в механической системе называют такие связи, для

которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений.

Если все приложенные к точкам системы внешние и внутренние силы разделить на **активные силы** и **реакции связей**, то для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$.

Примеры решения задач на применение принципа возможных перемещений

Задача 65. В талевом механизме барабан 1 состоит из двух соосных жестко связанных валов (рис. 6.11). При поднятии груза верхний трос барабана 1 наматывается на вал большего радиуса R_1, нижний – сматывается с вала меньшего радиуса r_1.

Какой вращающий момент M, постоянный по величине, нужно приложить к барабану, чтобы уравновесить груз весом P, прикреплённый в центре блока 4. Массами блоков и троса пренебречь.

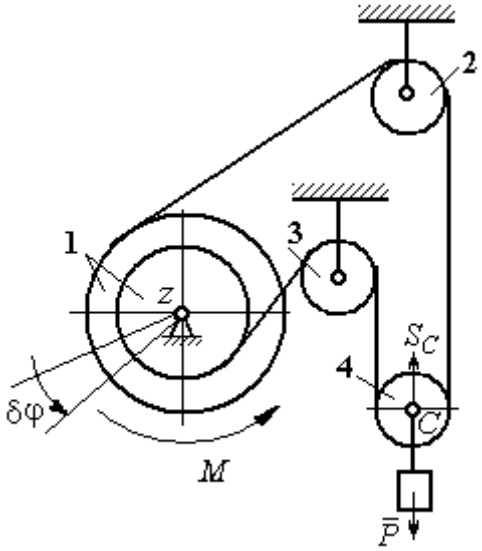


Рис. 6.11. Уравновешивание талевого механизма

Решение

Активными силами в системе являются сила тяжести груза $\vec{P}$ и уравновешивающий момент M. По принципу возможных перемещений для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(M) + \delta A(\vec{P}) = 0, \text{ или } M\delta\varphi_1 - P\delta S_C = 0.$$

где $\delta\varphi_1$ и δS_C – возможные перемещения барабана и груза.

Найдём связь между перемещениями $\delta\varphi_1$ и δS_C. Предположим, в механизме осуществляется подъём груза. На рис. 6.12 показано построение мгновенного центра скоростей блока 4 – точки *K*. Здесь скорость точки *A* блока 4 (рис. 6.12) равна скорости точек обода малого вала барабана 1, а скорость точки *B* – скорости точек обода большого вала. Составим пропорцию $\frac{V_B}{V_A}=\frac{BK}{AK}=\frac{r_4+CK}{r_4-CK}$, где r_4 – радиус блока 4 (см. рис.6.12). Подставляя выражения для скоростей точек *A* и *B* $V_A=\omega_1 r_1$, $V_B=\omega_1 R_1$, найдём расстояние: $CK=\frac{(R_1-r_1)r_4}{R_1+r_1}$.

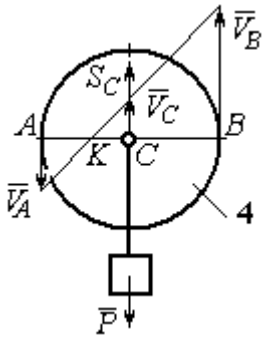


Рис. 6.12. Распределение скоростей точек блока 4

Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_B}{r_4+CK}=\frac{\omega_1(R_1+r_1)}{2r_4}$. Скорость его центра: $V_C=\omega_4\cdot CK=\frac{\omega_1(R_1-r_1)}{2}$. Выразим соотношение между скоростью точки *C* и угловой скоростью барабана 1 в дифференциальной форме: $dS_C=d\varphi_1\frac{(R_1-r_1)}{2}$. Поскольку действительное перемещение является одним из возможных (т. е. $ds=\delta s$, $d\varphi=\delta\varphi$), получим связь между возможными перемещениями барабана 1 и груза: $\delta S_C=\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}$.

Подставляя найденное соотношение в уравнение принципа возможных перемещений, представим его в окончательном виде: $M\delta\varphi_1-P\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}=0$, откуда найдём значение уравновешивающего момента: $M=\frac{P(R_1-r_1)}{2}$.

Задача 66. Брус 1 весом $P_1 = P$ лежит на цилиндрическом катке 2 и на блоке 3 одинаковых радиусов r, и одинакового веса $P_2 = P_3 = 2P$ (рис. 6.13). Каток 2 катится без проскальзывания по наклонной плоскости с углом наклона 30º к горизонту. Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси z и к нему приложена пара сил с моментом $M = =Pr$. Каток и блок расположены так, что брус 1 параллелен наклонной плоскости.

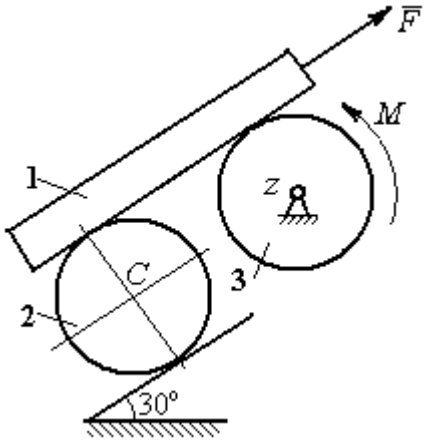


Рис. 6.13. Равновесие механической системы

Какую силу F, параллельную наклонной плоскости, нужно приложить к брусу 1, чтобы удержать его в равновесии. Скольжение между брусом и катком, брусом и блоком отсутствует.

Решение

Рассмотрим механизм, состоящий из бруса 1, катка 2 и блока 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ бруса, катка и блока, пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3, и сила $\vec{F}$, приложенная к брусу. Связи в механизме идеальные, так как работа реакции $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на плоскость, работа силы $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления катка с плоскостью и работа реакции шарнира блока 3 при любом перемещении системы равны нулю. Направления векторов сил в системе показаны на рис. 6.14.

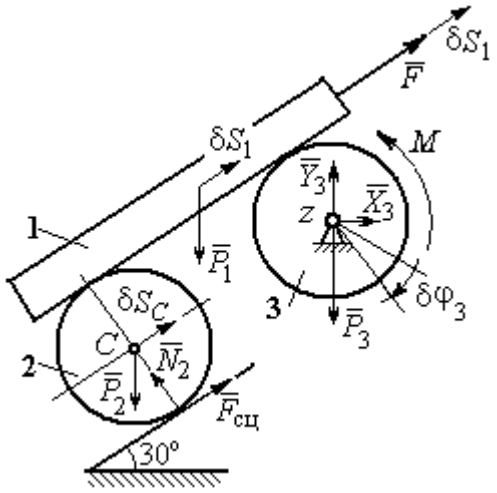


Рис. 6.14. Расчётная схема применения принципа возможных перемещений

Придадим системе возможное перемещение, сдвинув брус 1 на расстояние δS_1 вдоль линии действия силы $\vec{F}$, вверх по наклонной плоскости. Тогда центр

катка 2 переместится на расстояние δS_C, а блок 3 повернётся на элементарный угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.14).

Для определения условий равновесия применим к системе принцип возможных перемещений. Получим уравнение:

$$-P_1\delta S_1\cos 60^\circ - P_2\delta S_C\cos 60^\circ - M\delta\varphi_3 + F\delta S_1 = 0.$$

Выразим все перемещения через перемещение бруса δS_1. Допустим, скорость бруса равна V_1. Тогда $V_C = \frac{V_1}{2}$, и, следовательно, $\delta S_C = \frac{\delta S_1}{2}$.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \frac{V_1}{r}$, отсюда $\delta\varphi_3 = \frac{\delta S_1}{r}$.

Подставляя найденные соотношения в уравнение принципа возможных перемещений с учётом данных задачи, находим $F = 2P$.

Задача 67. Уравновешивание роликового катка 3 с противовесом 1 осуществляется с помощью пары сил с моментом *M*, приложенных к блоку 2.

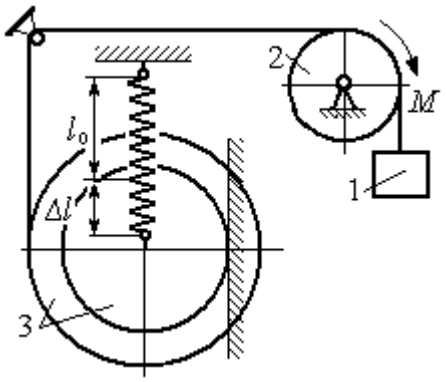


Рис. 6.15. Уравновешивание роликового катка

Каток состоит из двух соосных жестко связанных дисков (рис. 6.15) радиусов *r* и $R = 2r$ с общей массой $3m$. Масса груза 1 равна *m*. При движении каток катится без скольжения по вертикальной поверхности, касаясь её диском меньшего радиуса. Вертикальная пружина с закреплённым верхним концом своим нижним концом удерживает каток за центр масс. Жесткость пружины $c = mg/r$.

Какой величины уравновешивающий момент *M* приложен к блоку 2, если при равновесии катка пружина растянулась относительно недеформированного состояния на величину $\Delta l = r$.

Решение

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, блока 2 и катка 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ – груза, блока и катка, пара сил с моментом M, приложенная к блоку 2, и сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости пружины, приложенная к центру катка. Реакциями связей в механизме являются: сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления катка с плоскостью и реакция $\vec{R}_2$ шарнира блока 2.

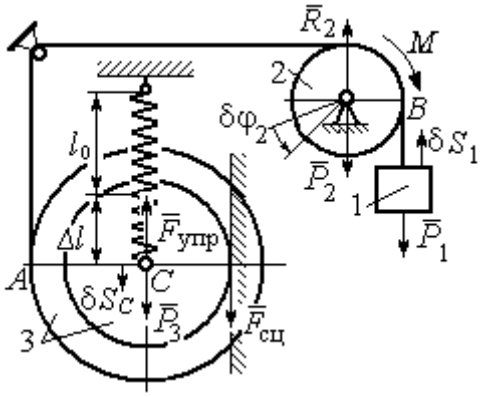


Рис. 6.16. Расчётная схема уравновешивания ролика

Реакция $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на вертикальную плоскость равна нулю (на рис. 6.16 не показана).

Допустим, система находится в равновесии. Дадим центру катка возможное перемещение δS_C, направленное вертикально вниз. При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$, а груз 1 получит бесконечно малое перемещение δS_1. Направления возможных перемещений показаны на рис. 6.16.

Составим уравнение принципа возможных перемещений:

$$P_3\delta S_C - F_{\text{упр}}\delta S_C + M\delta\varphi_2 - P_1\delta S_1 = 0,$$

где сила упругости в положении равновесия системы $F_{\text{упр}} = c\Delta l$.

Выразим перемещения $\delta\varphi_2$, δS_1 блока 2 и груза 1 через перемещение центра катка δS_C. Предположим, при возможном перемещении скорость центра масс катка равна V_C. Скорость груза 1 равна скорости точки A на ободе большого диска катка: $V_1 = V_A = \dfrac{R+r}{r}V_C$. Здесь учтено, что точка касания катка с вертикальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r} = \dfrac{R+r}{r^2}V_C$.

Представляя кинематические соотношения в дифференциальном виде, получим необходимые связи между возможными перемещениями:

$$\delta S_1 = \frac{R+r}{r}\delta S_C = 3\delta S_C;\ \ \delta\varphi_2 = \frac{R+r}{r^2}\delta S_C = \frac{3\delta S_C}{r}.$$

Окончательно уравнение принципа возможных перемещений выражается в виде: $P_3\delta S_C - c\Delta l\delta S_C + M\frac{3\delta S_C}{r} - P_1 3\delta S_C = 0$. Величина уравновешивающего момента $M = \frac{1}{3}mgr$.

Упражнения

Упражнение 6.2. Штамповка деталей осуществляется при помощи рычажного пресса (рис. 6.17). Найти соотношение между силой *F*, приложенной к внешнему рычагу, и силой *Q*, сжимающей деталь *A* вдоль центральной оси.

Длины рычагов *a*, *b*, *c*, *d* показаны на рис. 6.17.

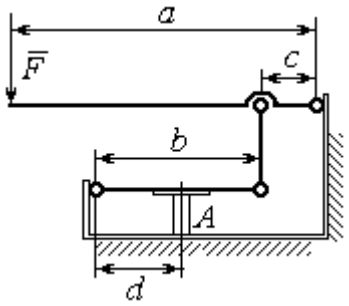


Рис. 6.17. Рычажный пресс

Упражнение 6.3. Конструкция состоит из двух валов, находящихся во внешнем зацеплении, и двух грузов, удерживающихся нитями, намотанными валы (рис. 6.18).

Радиус вала 1 $R_1 = r$. Вал 2 состоит из двух барабанов, жестко скреплённых на одной оси. Радиусы барабанов: $R_2 = 3r$, $r_2 = r$.

Найти величину уравновешивающего момента M_2, приложенного к валу 2, если к валу 1 приложена пара сил с моментом $M_1 = 2Pr$, а грузы 3 и 4 одинакового веса *P*.

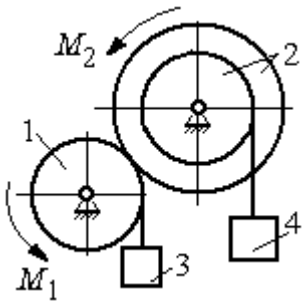


Рис. 6.18. Схема уравновешивания валов

6.3. Общее уравнение динамики

При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0,$$

где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к точкам системы на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения.

Примеры решения задач на применение общего уравнения динамики

Задача 68. Механическая система включает груз 1, ступенчатый диск 2 (каток), катящийся ступенькой по неподвижному рельсу, и однородный диск 3 (блок), вращающийся вокруг неподвижной оси, соединённых нерастяжимыми нитями (рис. 6.19). Качение ступенчатого диска происходит без скольжения. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$ под углом 30° к горизонтальному направлению движения груза. К блоку 3 приложена пара сил с моментом M. Найти закон движения центра масс катка 2 и реакцию шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с, если P_1= 10 Н; P_2 = 20 Н; P_3 = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 3(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_{2C} = 0,6 м.

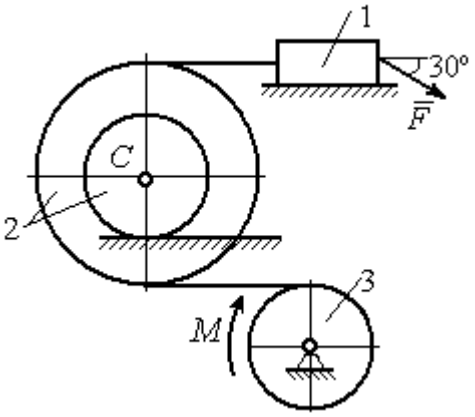


Рис. 6.19. Схема движения механической системы

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.20).

Реакциями связей являются нормальные реакции опор: $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$, сила сцепления катка 2 с неподвижной поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$ и реакция шарнира O блока 3 (на рис. 6.20 реакция показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

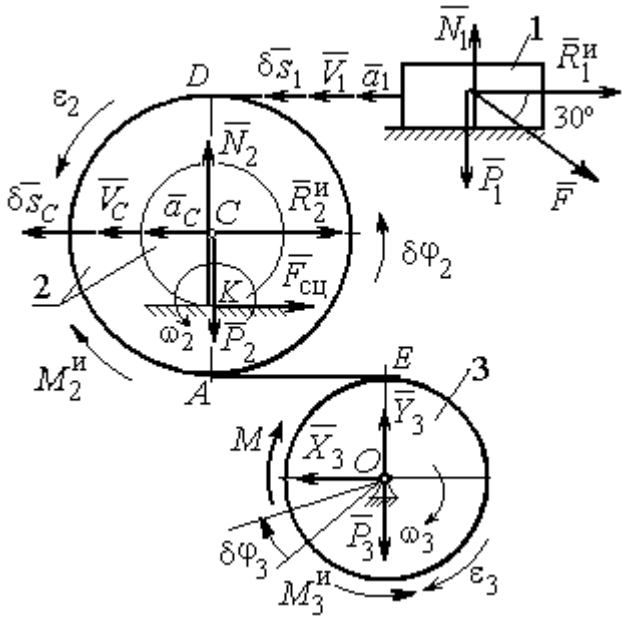


Рис. 6.20. Расчётная схема исследования движения механической системы

Предположим, система движется так, что блок 3 вращается с угловой скоростью ω_3 и угловым ускорением ε_3 в направлении поворота, создаваемого моментом M. Соответствующие направления скорости $\vec{V}_C$ и ускорения $\vec{a}_C$ центра масс катка 2, его угловой скорости ω_2 и ускорения ε_2, а также направление скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ груза 1 показаны на рис. 6.20.

Присоединим к телам системы силы инерции. Главные векторы $\vec{R}_1^{\text{и}}$, $\vec{R}_2^{\text{и}}$ сил инерции груза 1 и катка 2 приложены в центрах масс груза и катка и направлены в сторону, противоположную ускорениям $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_C$. Главные моменты $\vec{M}_2^{\text{и}}$, $\vec{M}_3^{\text{и}}$ сил инерции катка 2 и блока 3 направлены в сторону, противоположную угловым ускорениям ε_2 и ε_3.

Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.20.

Для механической системы с идеальными связями общее уравнение

динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0.$$

Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Здесь учтено, что в точке K находится мгновенный центр скоростей катка (см. рис. 6.20). Скорость точки E блока 3 равна скорости точки A катка 2 (см. рис. 6.20):

$$V_E = V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 (R_2 - r_2) = V_C \frac{R_2 - r_2}{r_2}.$$

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_E}{R_3} = V_C \dfrac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}$.

Скорость груза 1 равна скорости точки D катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2 (R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Если выразить скоростные кинематические соотношения в дифференциальном виде, то, полагая действительное перемещение возможным (т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$), получим соотношения между перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Найдем элементарные работы активных сил.

Работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как перемещения точек приложения сил перпендикулярны векторам сил.

Работа силы тяжести блока 3 также равна нулю, поскольку точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0; \ \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0; \ \delta A(\vec{P}_3) = 0.$$

Работу совершают только пара сил с моментом M и сила $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2};$$

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ.$$

В результате сумма элементарных работ активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) =$$

$$= M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C .$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g}\frac{(R_2 + r_2)}{r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g};$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2};$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{r_2} a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка; J_{3O} – осевой момент инерции блока 3, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = -R_1^{\text{и}}\delta s_1 = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = -R_2^{\text{и}}\delta s_C = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2gr_2^2}\delta s_C .$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{gr_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{gr_2^2}\delta s_C -$$

$$-\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2gr_2^2}\delta s_C = -52{,}75\, a_C\delta s_C, \text{ где } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2.$$

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C\delta s_C = 0$, откуда найдём ускорение центра масс катка 2 как функцию времени:

$$a_C(t) = 0{,}02 + 0{,}45t .$$

Представляя ускорение a_C в виде второй производной координаты движения центра масс $a_C = \ddot{s}_C$, получим дифференциальное уравнение $\ddot{s}_C = 0{,}02 + 0{,}45t$. Дважды проинтегрировав это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения центра масс:

$$s_C = 0{,}01t^2 + 0{,}075t^3 .$$

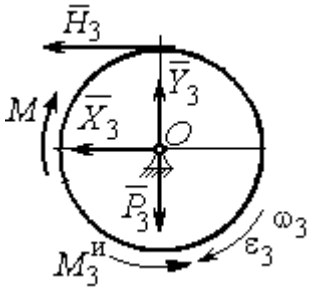


Рис. 6.21. Вращение блока 3

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 6.21). Присоединим к блоку 3 силы инерции. При вращательном движении блока вокруг оси, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции равен нулю. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{и}}$ направлен в сторону, противоположную угловому ускорению блока 3.

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил относительно оси вращения: $M - H_3 R_3 - M_3^{\text{и}} = 0$, откуда найдём реакцию нити: $H_3 = \dfrac{M}{R_3} - \dfrac{M_3^{\text{и}}}{R_3}$. Подставляя в уравнение величину модуля главного момента сил инерции блока 3 $M_3^{\text{и}}(1)$ = 0,7 Н·м и значение момента, приложенного к блоку 3, в момент времени t = 1 с, $M(1)$ = 9 Н·м найдём реакцию нити $H_3(1)$= 20,75 Н.

Уравнения равновесия, составленные в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси (см. рис. 6.21), имеют вид:

$$X_3 + H_3 = 0,\ Y_3 - P_3 = 0.$$

Составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с: X_3 = – 20,75 Н, Y_3 =15 Н. Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 25,6 Н.

Задача 69. Груз 2 весом P_2, поднимаемый лебёдкой (рис. 6 22), подвешен в центре подвижного блока 3 весом P_3. Нерастяжимая нить одним концом прицеплена к грузу 1 весом P_1, лежащему на наклонной плоскости. Другой конец, переброшенный через невесомый блок B, охватывает снизу подвижный блок 3 радиуса r и закреплён в вертикальном положении. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$, направленная вдоль наклонной плоскости.

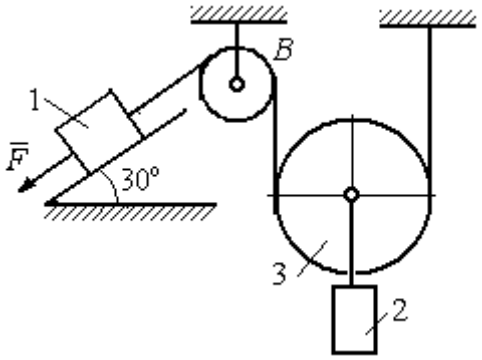


Рис. 6.22. Схема подъёмного устройства

Найти закон движения поднимаемого груза, если $P_1 = P_3 = P$, $P_2 = 3P$, $F = 2P$ и движение началось из состояния покоя.

Решение

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и сила $\vec{F}$ (рис. 6.23). Реакциями связей являются реакция шарнира блока B и

реакция опоры груза 1 (на рис. 6.23 не показаны). Связи идеальные, так как работа реакций связей равна нулю.

Предположим, груз 1 спускается вниз по наклонной плоскости с ускорением a_1. Приложим к телам системы силы инерции. Главные вектора сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$ и $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ грузов 1 и 2, движущихся поступательно, приложены в центрах масс грузов и направлены противоположно векторам ускорений тел. Главный вектор $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ сил инерции блока 3 приложен в центре масс блока 3 и направлен противоположно вектору ускорения его центра масс. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ относительно оси, проходящей через центр масс блока 3 перпендикулярно плоскости движения, направлен в сторону, противоположную направлению углового ускорения блока 3, совпадающего с направлением углового движения. Направления главных векторов и главного момента сил инерции тел показаны на рис. 6.23.

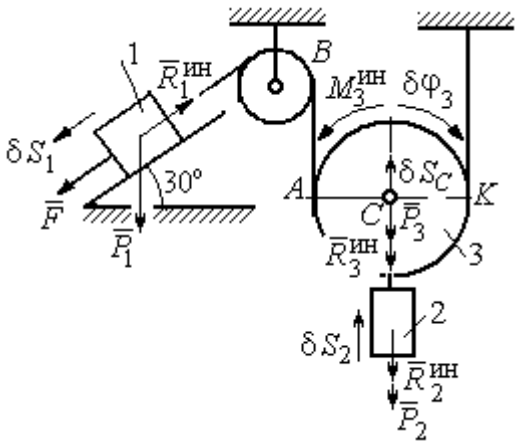


Рис.6.23. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 спустился вниз по наклонной плоскости на расстояние δS_1. В соответствии с приложенными в системе связями центр масс подвижного блока 2 и груз 2 переместились вверх на высоту δS_C, а сам блок повернулся на угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.23).

Составим общее уравнение динамики $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$. Получим

$$F\delta S_1 + P_1\delta S_1\cos 60° - P_2\delta S_2 - P_3\delta S_C -$$

$$- R_1^{\text{ин}}\delta S_1 - R_2^{\text{ин}}\delta S_C - R_3^{\text{ин}}\delta S_C - M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0,$$

где модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_C$, $M_3^{\text{ин}} = \dfrac{m_3 r^2}{2}\varepsilon_3$.

Выразим перемещение δS_2 и ускорение a_2 груза 2, а также поворот $\delta\varphi_3$ и угловое ускорение ε_3 подвижного блока 3 через перемещение δS_1 и ускорение a_1 груза 1.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_A}{AK} = \dfrac{V_1}{2r}$. Здесь учтено, что точка K блока 3 является его мгновенным центром скоростей. Тогда, элементарный поворот блока $\delta\varphi_3 = \dfrac{\delta S_1}{2r}$, а его угловое ускорение $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{2r}$.

Скорость центра масс блока 3 и скорость груза 2: $V_2 = V_C = \dfrac{V_1}{2}$. Из этого равенства следует, что: $\delta S_2 = \delta S_C = \dfrac{\delta S_1}{2}$, $a_2 = a_C = \dfrac{a_1}{2}$.

Подставляя найденные соотношения в общее уравнение динамики с учётом данных задачи, окончательно получим уравнение: $\dfrac{1}{2}P\delta S_1 = \dfrac{17}{8g}Pa_1\delta S_1$.

Отсюда $a_1 = \dfrac{4}{17}g = 0{,}23g$. Ускорение груза 2, $a_2 = \dfrac{a_1}{2} = 0{,}12g$.

Представим ускорение груза 2 в виде второй производной координаты его движения. Получим дифференциальное уравнение: $\ddot{S}_2 = 0{,}12g$. Дважды проинтегрировав его с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения груза: $S_2 = 0{,}06gt^2$.

Задача 70. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и P_2 = 30 Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки *B* и *D* и охватывает снизу подвижный блок 3 весом P_3 = 40 Н (рис. 6.24). Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом неподвижных блоков *B* и *D* пренебречь.

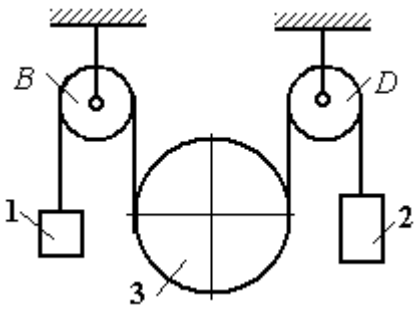


Рис. 6.24. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ (рис. 6.25), а реакциями связей – реакции шарниров блоков *B* и *D*. Связи идеальные, так как оси вращения блоков *B* и *D* неподвижны.

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. Система имеет две степени свободы. В этом случае общее уравнение динамики необходимо составлять для каждого из независимых перемещений.

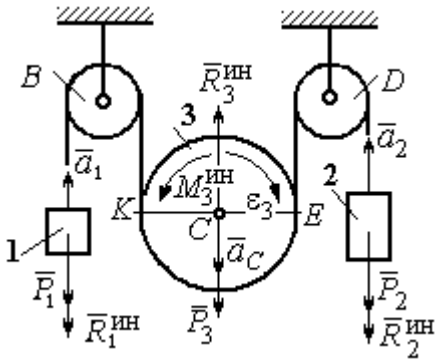


Рис.6.25. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Предположим, система движется так, что оба груза 1 и 2 равноускоренно перемещаются вверх. Скорости грузов $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, ускорения – $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$. Блок 3 опускается вниз с ускорением центра $\vec{a}_C$, вращается и имеет угловое ускорение ε_3, направленное по ходу часовой стрелки (см. рис. 6.25).

Приложим к телам системы силы инерции (см. рис. 6.25). Модули сил инерции: $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_C$. Главный момент сил инерции блока 3 $M_3^{\text{ин}} = J_{3C}\varepsilon_3$, где осевой момент инерции $J_{3C} = \dfrac{m_3 r^2}{2}$. Направления векторов сил и моментов сил инерции показаны на рис. 6.25.

Для вычисления углового ускорения блока 3 воспользуемся векторным представлением ускорения точки при плоскопараллельном движении тела.

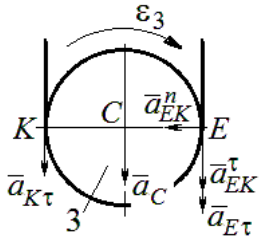


Рис. 6.26. Схема вычисления углового ускорения блока 3

Выберем точку K за полюс. Ускорение точки E определяется равенством $\vec{a}_E = \vec{a}_K + \vec{a}^{\,n}_{EK} + \vec{a}^{\,\tau}_{EK}$, где $\vec{a}_K$ – ускорение полюса K; $\vec{a}^{\,n}_{EK}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{EK}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки E при вращении блока 3 вокруг полюса K (рис. 6.26). Спроектируем векторное равенство на вертикальную ось $E\tau$. Получим: $a_{E\tau} = a_{K\tau} + a^{\tau}_{EK}$, где $a_{E\tau}$ и $a_{K\tau}$ – проекции ускорений точек E и K на вертикальную ось.

Поскольку модуль ускорения точки K нити равен модулю ускорения груза 1, то $a_{K\tau} = a_1$. Модуль ускорения точки E нити равен модулю ускорения груза 2 и $a_{E\tau} = a_2$. Так как $a^{\tau}_{EK} = \varepsilon_3 AK = \varepsilon_3 2r$, то $\varepsilon_3 = \dfrac{a_{E\tau} - a_{K\tau}}{2r} = \dfrac{a_2 - a_1}{2r}$.

Составляя такое же векторное уравнение для определения ускорения центра масс блока 3 (точки C) и проектируя его на вертикальную ось, найдём:

$$a_C = a_{K\tau} + a^{\tau}_{CK} = a_1 + \varepsilon_3 r = \frac{a_2 + a_1}{2}.$$

Выберем в качестве независимых координат s_1, s_2 – положения грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных осей вращения блоков B и D. Возможные перемещения грузов обозначим δs_1 и δs_2.

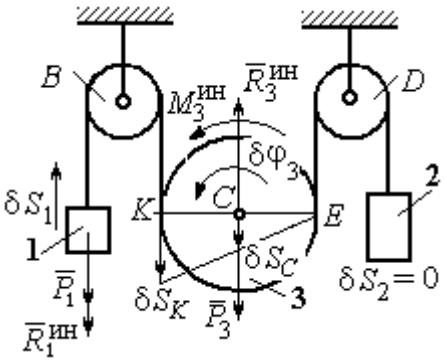


Рис.6.27. Движение системы при перемещении груза 1.

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 поднимается вверх на расстояние δs_1, а груз 2 – неподвижен. При таком движении нить, соединяющая груз 2 с блоком 3, неподвижна вплоть до точки E (рис. 6.27).

Вращение блока 3 происходит против направления хода часовой стрелки. Точка E является мгновенным центром скоростей блока 3, и угловая скорость блока $\omega_3 = \dfrac{V_K}{2r} = \dfrac{V_1}{2r}$. Скорость центра масс блока $V_C = \dfrac{1}{2}V_1$. Тогда элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \dfrac{\delta s_1}{2r}$ и элементарное перемещения центра масс $\delta s_C = \dfrac{1}{2}\delta s_1$.

На данном возможном перемещении работу совершают как активные силы – силы тяжести $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_3$ груза 1 и блока 3, так и силы инерции – $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ и пара сил инерции с моментом $M_3^{\text{ин}}$.

Составим общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A\left(\vec{F}_k^{\text{акт}}\right) + \sum \delta A\left(\vec{R}_k^{\text{ин}}\right) = -P_1\delta s_1 + P_3\delta s_C - R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_C + M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0.$$

Здесь работа сил инерции

$$R_1^{\text{ин}}\delta s_1 = m_1 a_1 \delta s_1, \quad R_3^{\text{ин}}\delta s_C = m_3 a_C \delta s_C = \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1;$$

$$M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = J_{3C}\varepsilon_3\delta\varphi_3 = \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r}.$$

В результате общее уравнение динамики представляется выражением

$$-P_1\delta s_1 + \frac{1}{2}P_3\delta s_1 - \frac{P_1}{g}a_1\delta s_1 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1 + \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r} = 0,$$

которое преобразуется к виду:

$$(3P_3 + 8P_1)a_1 + P_3 a_2 = (4P_3 - 8P_1)g.$$

Дадим системе другое независимое возможное перемещение, при котором груз 2 движется вверх ($\delta s_2 \neq 0$), а груз 1 неподвижен ($\delta s_1 = 0$).

При этом перемещении нить, соединяющая груз 1 и блок 3 неподвижна вплоть до точки K (рис. 6.28). Вращение блока 3 происходит по направлению хода часовой стрелки. Точка K является мгновенным центром скоростей блока 3.

Тогда $\omega_3 = \frac{V_E}{2r} = \frac{V_2}{2r}$ и скорость центра масс блока $V_C = \frac{1}{2}V_2$. Элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \frac{\delta s_2}{2r}$ и перемещение центра масс $\delta s_C = \delta s_E = \frac{1}{2}\delta s_2$.

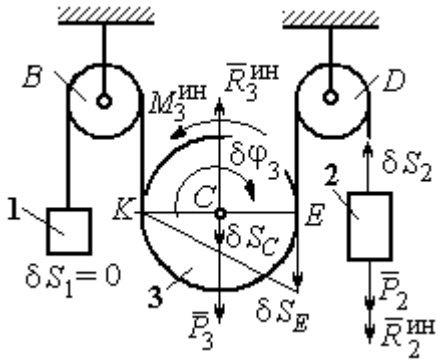


Рис. 6.28. Движение системы при перемещении груза 2

При таком движении работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$, силы инерции $\vec{R}_2^{ин}$, $\vec{R}_3^{ин}$ и пара сил с моментом $M_3^{ин}$.

Составим общее уравнение динамики на возможном перемещении δs_2 (см. рис. 6.28):

$$-P_2\delta s_2 - R_2^{ин}\delta s_2 + P_3\delta s_C - R_3^{ин}\delta s_C - M_3^{ин}\delta\varphi_3 = 0,$$

которое преобразуется к виду

$$-P_2\delta s_2 - \frac{P_2}{g}a_2\delta s_2 + \frac{1}{2}P_3\delta s_2 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1+a_2}{2}\right)\frac{1}{2}\delta s_2 - \frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{a_2-a_1}{2r}\right)\frac{\delta s_2}{2r} = 0$$

или к виду

$$(8P_2 + 3P_3)a_2 + P_3 a_1 = (4P_3 - 8P_2)g.$$

Подставляя данные задачи в оба уравнения динамики, соответствующие независимым перемещениям δs_1 и δs_2, получим систему уравнений:

$$7a_1 + a_2 = 0, \quad 2g + 9a_2 + a_1 = 0.$$

Решение системы: $a_1 = \frac{1}{31}g$, $a_2 = -\frac{7}{31}g$ представляет ускорения грузов 1 и 2. Ускорение центра масс блока 3 находится по формуле $a_C = \frac{a_1 + a_2}{2} = -\frac{3}{31}g$.

Знаки ускорений определяют направления движений тел: груз 1 движется в выбранном направлении – вверх, груз 2 – вниз, центр блока 3 – вверх.

Упражнения

Упражнение 6.4. В механической системе (рис. 6.29) блок 1 радиуса r и каток 2 соединены горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и катками отсутствует. Каток 2 состоит из двух шкивов радиусов r и $R = 2r$, скреплённых на одной оси. Каток катится, опираясь малым шкивом на горизонтальную поверхность, без проскальзывания. Груз 3 представляет собой поршень, двигающийся по горизонтальной поверхности без трения и прикреплённый к центру масс катка 2. К блоку 1 приложена пара сил с переменным моментом $M_{\text{вр}} = mgr\sin\omega t$.

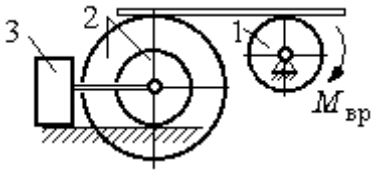


Рис. 6.29. Схема движения механической системы

Найти закон движения поршня 3, если массы грузов $m_1 = m_3 = m$, общая масса катка 2 $m_2 = 2m$, момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = 1{,}5r$. Движение началось из состояния покоя.

Упражнение 6.5. Груз 1, двигаясь горизонтально, приводит в движение ступенчатый барабан 2 посредством нерастяжимой нити, намотанной на его малую ступень (рис. 6.30). К барабану на нитях, намотанных на большую и малую ступеньки, подвешены два груза 3 и 4. На груз 1 действует сила $F = P(t+1)$. Определить закон движения груза 3, если веса грузов одинаковы и равны P, вес барабана 2 равен $2P$, радиусы ступенек барабана r и $2r$, радиус инерции барабана $i_2 = r\sqrt{2}$, и движение началось из состояния покоя.

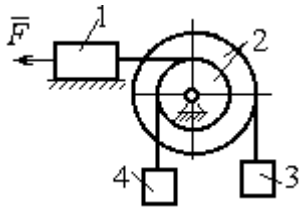


Рис. 6.30. Схема подъёмника

6.4. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами называется совокупность любых s независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_s$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменятся на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_s$, называемые **вариациями обобщенных координат**, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде: $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_s$.

Величина Q_k, $k = 1, 2, \ldots, s$, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей

данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k$, $k = 1,2,...,s$, где s – число степеней свободы системы; T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_S$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_S$ – обобщенные скорости.

Примеры решения задач на составление уравнений Лагранжа

Задача 71. В механизме домкрата (рис. 6.31) движение зубчатого колеса 1 передаётся шестерне 2, к которой соосно прикреплено зубчатое колесо 3, имеющее зацепление с зубчатой рейкой 4, на которой поднимается груз 5 массы m_5 = 50 кг.

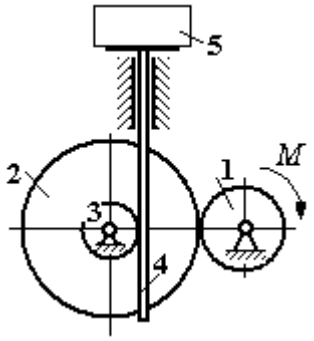


Рис. 6.31. Схема механизма домкрата

Радиусы зубчатых колёс r_1 = 5 см, r_2 = 12 см, r_3 = 6 см. Зубчатые колёса считать сплошными однородными дисками. Массы колёс m_1 = 0,8 кг, m_2 = 1,6 кг, m_3 = 0,6 кг, масса зубчатой рейки m_4 = 1 кг.

Какой величины постоянный вращающий момент нужно приложить к колесу 1 для того, чтобы в момент времени t = 2 с груз 5 имел скорость V_5 = 1 м/с, если движение системы начинается из состояния покоя.

Решение

Домкрат является механической системой с одной степенью свободы. Выберем в качестве обобщённой координаты координату x, отмечающую положение груза 5 (рис. 6.32).

Уравнение Лагранжа для обобщённой координаты x имеет вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где T – кинетическая энергия системы; $\dot{x}$ – обобщённая скорость; Q_x – обобщённая сила.

Кинетическая энергия колеса 1: $T_1=\frac{J_1\omega_1^2}{2}$, где ω_1 – угловая скорость колеса 1; J_1 – момент инерции колеса, $J_1=\frac{m_1 r_1^2}{2}$.

Кинетические энергии шестерни 2 и зубчатого колеса 3, у которых угловые скорости одинаковы, соответственно: $T_2=\frac{J_2\omega_2^2}{2}$, $T_3=\frac{J_3\omega_2^2}{2}$, где ω_2 – угловая скорость шестерни 2; J_2, J_3 – моменты инерции шестерни 2 и зубчатого колеса 3 относительно оси, проходящей через общий центр масс, $J_2=\frac{m_2 r_2^2}{2}$, $J_3=\frac{m_3 r_3^2}{2}$. Скорость груза 5 равна скорости зубчатой линейки $V_5=V_4$. Кинетическая энергия зубчатой линейки 4 и груза 5: $T_4=\frac{m_4 V_4^2}{2}$, $T_5=\frac{m_5 V_4^2}{2}$.

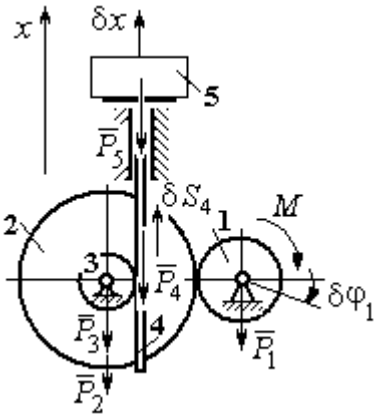


Рис. 6.32. Возможные перемещения звеньев механизма

Выразим угловые скорости колёс через скорость груза (зубчатой линейки).

Имеем: $\omega_2=\omega_3=\frac{V_4}{r_3}$ (см. рис. 6.32). Кроме того, из равенства $\omega_2 r_2=\omega_1 r_1$ следует $\omega_1=\frac{\omega_2 r_2}{r_1}=\frac{V_4 r_2}{r_1 r_3}$.

Подставляя полученные соотношения в выражения кинетических энергий тел и с учётом данных задачи, получим кинетическую энергию системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 =$$

$$= \frac{m_1 r_1^2}{4}\left(\frac{V_4 r_2}{r_1 r_3}\right)^2 + \frac{m_2 r_2^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3 r_3^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_4 V_4^2}{2} + \frac{m_5 V_4^2}{2} =$$

$$= \left[\frac{m_1 + m_2}{2}\left(\frac{r_2}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3}{2} + m_4 + m_5\right]\frac{V_4^2}{2} = 28{,}05 V_4^2 = 28{,}05\,\dot{x}^2 .$$

Вычислим обобщённую силу.

Дадим возможное перемещение δx грузу 5. При этом линейка 4 переместится на расстояние δs_4, а зубчатое колесо 1 повернётся на угол $\delta\varphi_1$. Найдём сумму работ всех сил, приложенных к системе, на этом возможном перемещении. Получим: $\delta A = -P_5\delta x - P_4\delta s_4 + M\delta\varphi_1$. Работа сил тяжести зубчатых колёс $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ равна нулю, так как точки приложения этих сил неподвижны.

Из ранее полученных скоростных соотношений следуют равенства перемещений: $\delta s_4 = \delta x$, $\delta\varphi_1 = \frac{r_2}{r_1 r_3}\delta x$. В результате сумма работ сил на возможном перемещении системы выражается в виде $\delta A = \left(-m_5 g - m_4 g + M\frac{r_2}{r_1 r_3}\right)\delta x$. Отсюда обобщённая сила Q_x, соответствующая координате x: $Q_x = -(m_5 + m_4)g + M\frac{r_2}{r_1 r_3} = -500{,}31 + 40M$.

Составим уравнение Лагранжа.

С учётом, что $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 56{,}1\,\ddot{x}$ и $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$, дифференциальное уравнение движения имеет вид: $56{,}1\,\ddot{x} = -500{,}31 + 40M$ или $\ddot{x} = -8{,}92 + 0{,}71M$.

Интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон изменения скорости груза 5: $V_5 = \dot{x} = (-8{,}92+0{,}71M)t$.

По условию задачи при $t = 2$ с $V_5 = 1$ м/с. Подставляя эти данные в уравнение, получим: $M = 13{,}27$ Н·м.

Задача 72. Механическая система состоит из ступенчатого блока 2, катка 3, соединённых невесомым брусом 1, и невесомой пружины жесткостью c. Радиусы ступеней блока r и $R = 1{,}5r$, радиус катка 3 равен r. Брус, лежащий на катке 3 и блоке 2, во время движения остаётся параллельным линии качения катка 3 (рис. 6.33). В центре катка 3 приложена сила $\vec{F}$, направленная вверх параллельно наклонной плоскости, а к блоку 2 – пара сил с моментом M. Качение катка по неподвижной поверхности без скольжения. Проскальзывание между брусом 1 и дисками отсутствует. Передача движения пружины блоку 2 производится посредством невесомого жесткого вертикального стержня, прижатого к малой ступеньке блока без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси вращения $i_z = r\sqrt{2}$. Веса тел: $P_3 = P$, $P_2 = 2P$, приложенная сила $F = 2P$, момент $M = Pr$, жесткость пружины $c = P/r$.

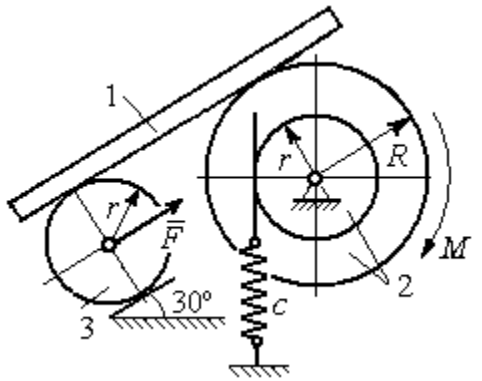


Рис. 6.33. Механическая система с одной степенью свободы

Определить закон угловых колебаний блока 2 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с в сторону вращения, создаваемого заданным моментом.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.34) имеет одну степень свободы. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x

верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня недеформируемой пружины (см. рис. 6.34). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T – кинетическая энергия системы; Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате *x*.

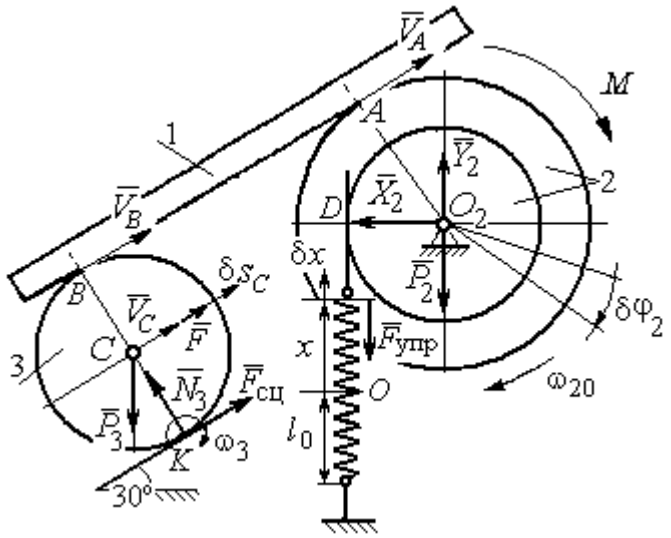


Рис. 6.34 Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Вычислим кинетическую энергию системы. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока; J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси *z*, $J_{2z} = m_2 i_z^2$. Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C, ω_3 – скорость центра масс катка 3 и его угловая скорость; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; r – радиус катка.

Выразим угловые скорости ω_2, ω_3, а также скорость V_C через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки *D* блока 2 равна скорости движения верхнего края пружины: $V_D = \dot{x}$ (см. рис. 6.34). Угловая скорость блока 2: $\omega_2 = \dfrac{V_D}{r} = \dfrac{\dot{x}}{r}$. Скорость точки *A* блока 2: $V_A = \omega_2 R = \dfrac{\dot{x}R}{r}$.

Так как брус совершает поступательное движение, то скорости точек *A* и *B* равны: $V_B = V_A$. Угловая скорость катка 3 (точка *K* касания катка 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей): $\omega_3 = \dfrac{V_B}{2r} = \dfrac{V_A}{2r} = \dfrac{\dot{x}R}{2r^2}$. Скорость центра катка 3: $V_C = \dfrac{V_B}{2} = \dfrac{\dot{x}R}{2r}$.

Подставляя найденные кинематические соотношения с учётом исходных данных задачи, получим кинетическую энергию тел системы:

$$T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2}\right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2 = \frac{2P}{g} \dot{x}^2;$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2 = \frac{3P}{4g} \left(\frac{R}{2r}\right)^2 \dot{x}^2.$$

Полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_2 + T_3 = \frac{P}{g} \left(2 + \frac{3}{4} \left(\frac{R}{2r}\right)^2\right) \dot{x}^2.$$

Найдём обобщённую силу. Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой *x*, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине в произвольном положении возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси *x* (см. рис. 6.34). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta x}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние $\delta s_C = \dfrac{R}{2r} \delta x$. На заданном перемещении системы работу совершают сила тяжести катка 3, пара сил с моментом *M*, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины.

Элементарная работа вращающего момента M: $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\dfrac{\delta x}{r}$.

Работа силы тяжести катка 3: $\delta A(\vec{P}_3) = P_3\delta s_C\cos 120^\circ = -P_3\dfrac{R}{4r}\delta x$.

Работа силы F: $\delta A(\vec{F}) = F\delta s_C = F\dfrac{R}{2r}\delta x$.

Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.34). Её работа при перемещении δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи:

$$\delta A = M\frac{\delta x}{r} - P_3\frac{R}{4r}\delta x + F\frac{R}{2r}\delta x - cx\delta x = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P\left(\dfrac{17}{8} - \dfrac{x}{r}\right)$.

Вычислим необходимые производные кинетической энергии: $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = \dfrac{2P}{g}\left(2 + \dfrac{3}{4}\left(\dfrac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x}$, $\dfrac{\partial T}{\partial x} = 0$ и, подставляя их в общий вид уравнений Лагранжа, получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$\frac{2P}{g}\left(2 + \frac{3}{4}\left(\frac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x} = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right), \text{ или } \ddot{x} + 10{,}2x = 4{,}34 \text{ (здесь } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2\text{).}$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{10{,}2}$ = 3,19 рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив

его в уравнение колебаний, получим: $b = 0{,}42$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1 \sin 3{,}19\,t + C_2 \cos 3{,}19t + 0{,}42$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}42$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки D блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость $\omega_{20} = 0{,}5$ рад/с, то при $r = 0{,}2$ м $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Вычисляем скорость движения края пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 3{,}19 C_1 \cos 3{,}19t - 3{,}19 C_2 \sin 3{,}19\,t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}03$.

Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}03 \sin 3{,}19t - 0{,}42 \cos 3{,}19t + 0{,}42$ м. Уравнение колебательного движения блока 2: $\varphi_2 = \dfrac{x}{r} = 0{,}15 \sin 3{,}19t - 2{,}1 \cos 3{,}19t + 2{,}1$ рад.

Задача 73. Прямоугольная призма 3 весом $2P$ лежит на катке 1 радиуса r и веса P и опирается на невесомый блок 2 (рис. 6.35). Каток 1 катится по неподвижной горизонтальной поверхности без скольжения. По наклонной поверхности призмы скатывается без скольжения каток 4 весом P и радиуса r. Угол наклона поверхности призмы к горизонту составляет 30º. На каток 1 действует пара сил с постоянным моментом $M = 3Pr$, а на призму 3 – горизонтальная сила $\vec{F}$ с модулем $F = P$. Катки считать однородными

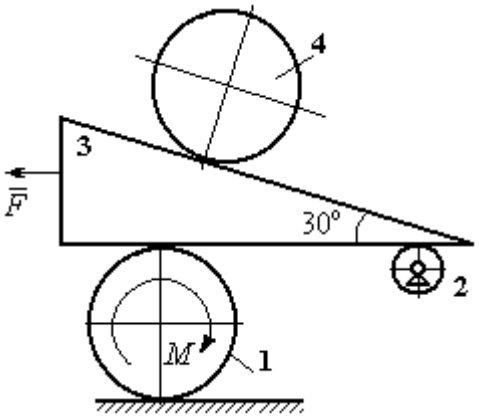


Рис. 6.35. Механическая система с двумя степенями свободы

дисками. Проскальзывание между катками 1, 4 и призмой отсутствует. В начальный момент система находилась в покое.

Определить закон движения призмы 3 и закон движения катка 4 относительно призмы.

Решение

Рассматриваемая механическая система – катки и призма имеет две степени свободы, так как перемещение катка 4 относительно призмы 3 не зависит от перемещения самой призмы и катка 1. За обобщенные координаты выберем перемещение x_4 центра масс катка 4 относительно края призмы и перемещение x_3 края призмы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.36). Обобщенные скорости: $\dot{x}_4$, $\dot{x}_3$.

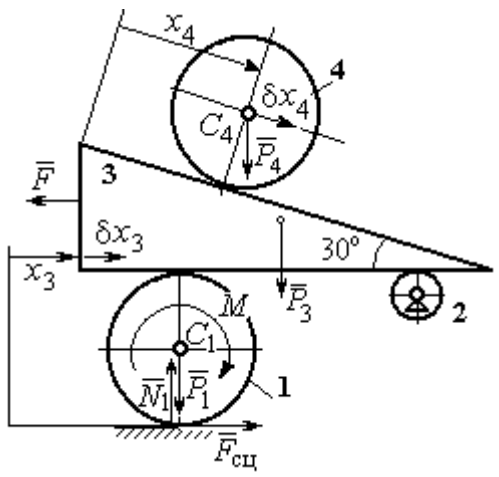


Рис. 6.36. Возможные перемещения механической системы

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы в обобщённых координатах:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_4}=Q_{x_4};$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_4}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию тел в системе.

Каток 1 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_1=\frac{1}{2}m_1V_{C_1}^2+\frac{1}{2}J_{C_1}\omega_1^2$, где V_{C_1} – скорость центра масс катка, $V_{C_1}=\frac{1}{2}\dot{x}_3$; J_{C_1} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через центр масс

перпендикулярно плоскости движения, $J_{C_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; ω_1 – угловая скорость катка 1, $\omega_1 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Призма 3 совершает поступательное движение со скоростью $V_3 = \dot{x}_3$. Её кинетическая энергия $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}$.

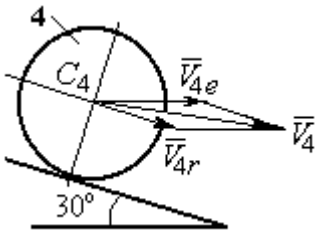


Рис. 6.37. Скорость центра масс катка 4

При расчёте кинетической энергии катка 4 по формуле $T_4 = \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2$ необходимо учитывать, что каток 4 совершает сложное движение. Здесь относительное движение катка – его качение по наклонной поверхности призмы, переносное – поступательное перемещение вместе с призмой.

Вектор абсолютной скорости центра масс катка 4 $\vec{V}_4$ представляется в виде суммы $\vec{V}_4 = \vec{V}_{4e} + \vec{V}_{4r}$ (рис. 6.37), где $\vec{V}_{4e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости призмы: $V_{4e} = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{4r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине $V_{4r} = \dot{x}_4$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 4 (по теореме косинусов):

$$V_4^2 = V_{4e}^2 + V_{4r}^2 - 2V_{4e}V_{4r}\cos 150^\circ = \dot{x}_3^2 + \dot{x}_4^2 + 2\dot{x}_3\dot{x}_4\cos 30^\circ .$$

Поскольку переносное движение катка 4 поступательное, угловая скорость катка ω_4 равна его угловой скорости в относительном движении $\omega_4 = \frac{V_{4r}}{r} = \frac{\dot{x}_4}{r}$.

В результате выражение кинетической энергии системы, в обобщённых скоростях имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2 =$$

$$= \frac{P}{2g}\left(\frac{27}{8}\dot{x}_3^2 + \frac{3}{2}\dot{x}_4^2 + \dot{x}_3\dot{x}_4\sqrt{3} \right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_4 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_4 = 0$. При таком движении системы каток 4 не скатывается по призме, а движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести катков 1, 4 и призмы равна нулю, так как нет вертикального перемещения точек приложения этих сил. Работу на этом перемещении будет производить только сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M, приложенная к катку 1. Суммарная элементарная работа

$$\delta A = -F\delta x_3 + M\delta\varphi_1 = \left(-F + \frac{M}{2r}\right)\delta x_3 .$$

Здесь учтено, что элементарный угол поворота катка 1 связан с перемещением призмы соотношением: $\delta\varphi_1 = \frac{\delta x_3}{2r}$. Отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -F + \frac{M}{2r} = \frac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_4, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_4 > 0, \delta x_3 = 0$. При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 4, который скатывается по наклонной поверхности призмы. При таком движении системы работу совершает только сила тяжести катка 4. Выражая элементарную работу $\delta A = P_4\delta x_4 \cos 60^\circ = \frac{1}{2}P\delta x_4$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_4: $Q_{x_4} = \frac{1}{2}P$.

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим необходимые производные кинетической энергии

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4;\ \ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) = \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3;\ \ \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$$

Подставляя результаты расчётов в общий вид уравнений Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4 = \frac{1}{2}P, \quad \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3 = \frac{1}{2}P$$

или

$$6{,}75\ddot{x}_3 + 1{,}73\ddot{x}_4 = g\,; \;\; 3\ddot{x}_4 + 1{,}73\ddot{x}_3 = g\,.$$

Решаем данную систему как алгебраическую относительно ускорений $\ddot{x}_3$, $\ddot{x}_4$. Получим: $\ddot{x}_3 = 0{,}07g$, $\ddot{x}_4 = 0{,}29g$.

Интегрируя дважды эти уравнения с нулевыми начальными условиями, получим закон движения призмы ($x_3 = 0{,}035gt^2$) и центра масс катка 4 относительно призмы ($x_4 = 0{,}145gt^2$). Движение призмы и катка 4 относительно призмы происходит в положительном направлении осей.

Задача 74. Механическая система состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3 (рис. 6.38). Невесомый стержень, соединяющий каток 2 с блоком 3, параллелен горизонтальной плоскости качения катка 2. К центру катка 2 прикреплена горизонтальная пружина, другой конец которой соединён с грузом 1. Коэффициент жесткости пружины *c*. Груз 1 весом P_1 движется без трения по горизонтальной поверхности. Каток 2 весом P_2 катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Радиус катка 2 равен *r*. Блок 3 считать однородным диском весом P_3 радиуса *R*. К блоку 3 приложена пара сил с моментом *M*. Движение катка 2 блоку 3 передаётся горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует. В начальный момент система находилась в покое. При этом груз 1 находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на величину Δl_0.

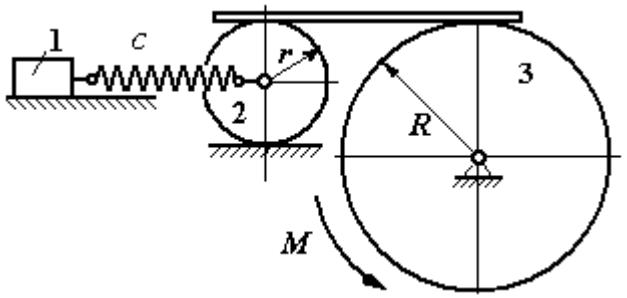


Рис. 6.38. Колебания механической системы с двумя степенями свободы

Найти закон абсолютного движения груза 1, если известно P_1 = 10 Н, P_2 = 20 Н, P_3 = 30 Н, M = 5 Н·м, R = 24 см, c = 207 Н/м, Δl_0 = 5 см.

Решение

Рассматриваемая механическая система имеет две степени свободы. В качестве обобщенных координат выберем удлинение пружины x_1 относительно недеформированного состояния и угол φ_3 поворота блока 3 (рис. 6.39). При этом x_1 является относительной координатой движения груза, а φ_3 – абсолютной координатой вращения блока 3.

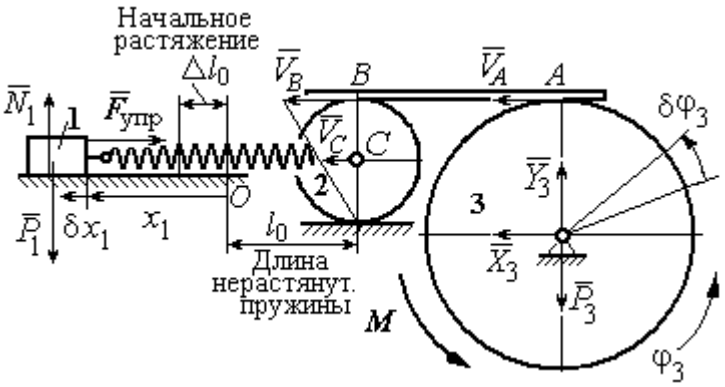


Рис. 6.39. Расчётная схема колебаний механической системы

Рассмотрим сложное движение груза 1. Относительное движение груза – это его движение на пружине в предположении, что точка крепления пружины неподвижна. Относительная скорость $V_{1r} = \dot{x}_1$. Переносное движение – это перемещение груза вместе с фиксированной длиной пружины (иначе, заменяя пружину жестким стержнем). Переносная скорость груза 1 $V_{1e} = V_C$, где V_C – скорость центра масс катка 2.

На рис. 6.39 показано распределение скоростей точек катка 2, откуда следует: $V_C = \frac{1}{2} V_B$. Имеем: $V_B = V_A = \omega_3 R = \dot{\varphi}_3 R$ и $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Для того чтобы найти модуль абсолютной скорости груза 1, спроектируем векторное равенство теоремы сложения скоростей $\vec{V}_1 = \vec{V}_{1r} + \vec{V}_{1e}$ на горизонтальную ось. Полагая, что движение системы происходит в

положительном направлении отсчета обобщённых координат, получим: $V_1 = \dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_1} = Q_x, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = Q_\varphi,$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_x, Q_φ – обобщенные силы, соответствующие обобщенным координатам x_1 и φ_3.

Вычислим кинетическую энергию системы и выразим её через обобщённые скорости.

Кинетическая энергия поступательного движения груза 1 определяется выражением $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где V_1 следует рассматривать как абсолютную скорость груза. Тогда $T_1 = \frac{1}{2} m_1 \left(\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R \right)^2$. Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3}{4} m_2 V_C^2$, причём $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$. Тогда $T_2 = \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2$. Кинетическая энергия вращающегося блока 3: $T_3 = \frac{1}{2} J_{3z} \omega_3^2$, где J_{3z} – осевой момент инерции блока 3, $J_{3z} = \frac{m_3 R^2}{2}$. Окончательно $T_3 = \frac{1}{4} m_3 \dot{\varphi}_3^2 R^2$.

Кинетическая энергия системы имеет вид:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R)^2 + \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2 + \frac{m_3 R^2}{4} \dot{\varphi}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1 \dot{\varphi}_3 R + \left(\frac{1}{8} m_1 + \frac{3}{16} m_2 + \frac{1}{4} m_3 \right) \dot{\varphi}_3^2 R^2.$$

Дадим системе возможное перемещение, при котором изменяется координата груза x_1 ($\delta x_1 > 0$), а другая координата – угол поворота блока 3 φ_3 остаётся постоянной ($\delta\varphi_3 = 0$). В этом случае груз 1 движется горизонтально, блок 3 и каток 2 – неподвижны. При таком движении работу будет производить только упругая сила пружины.

Модуль силы упругости пружины пропорционален её растяжению и в произвольном положении груза равен: $F_{\text{упр}} = c\Delta\ell = cx_1$. Направление силы упругости противоположно растяжению (см. рис. 6.39).

Сумма элементарных работ сил на заданном перемещении системы δx_1: $\delta A = -F_{\text{упр}}\delta x_1 = -cx_1\delta x_1$. Отсюда обобщенная сила Q_x, соответствующая координате x_1: $Q_x = -cx_1 = -207x_1$ Н.

Дадим системе другое возможное перемещение, при котором пружина не растягивается: $\delta x_1 = 0$, а блок 3 повернулся на угол $\delta\varphi_3$: $\delta\varphi_3 > 0$. В этом случае пружина рассматривается как жёсткий стержень, связывающий груз 1 с центром масс катка 2. В результате при повороте блока 3 груз 1 и точка *C* движутся одинаково в горизонтальном направлении. На этом перемещении системы работу совершает только пара сил с моментом *M*, приложенная к блоку 3. Имеем $\delta A = M\delta\varphi_3$, и, следовательно, обобщённая сила $Q_\varphi = M = 5$ Н·м.

Составим уравнения Лагранжа, для чего вычислим производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям и координатам:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1\dot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\dot{\varphi}_3;\ \ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{1}{2}m_1R\dot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\dot{\varphi}_3R^2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0,\ \ \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0.$$

Полные производные по времени:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1\ddot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\ddot{\varphi}_3;\ \ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) = \frac{1}{2}m_1R\ddot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\ddot{\varphi}_3R^2.$$

Приравнивая полные производные обобщённым силам, получим уравнения Лагранжа окончательно в виде системы алгебраических уравнений относительно ускорений $\ddot{x}_1$ и $\ddot{\varphi}_3$:

$$1{,}02\ddot{x}_1 + 0{,}12\ddot{\varphi}_3 = -207x_1;\ \ 0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5.$$

Разрешая систему относительно ускорения $\ddot{x}_1$, получим уравнение относительных колебаний груза:

$$\ddot{x}_1 + 225x_1 = -4{,}35.$$

Решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x_1 = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$.

Общее решение однородного уравнения $x_{\text{одн}} = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний груза 1, $k = \sqrt{225} = 15$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = -0{,}02$.

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения

$$x_1(t) = C_1 \sin 15t + C_2 \cos 15t - 0{,}02.$$

Начальная координата x_{01} груза 1 определяется из условия, что в начальный момент времени при $t = 0$ груз находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на расстояние $\Delta l_0 = 0{,}05$ м. Следовательно, $x_{01} = 0{,}05$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим: $C_2 = 0{,}07$.

Относительная скорость груза 1 в любой момент времени: $\dot{x}_1(t) = C_1 15\cos 15t - C_2 15\sin 15t$. По условию задачи начальная скорость груза 1 $\dot{x}_1(0) = 0$. После подстановки начального условия в выражение для скорости груза 1 получим: $C_1 = 0$.

Окончательно уравнение относительного движения груза 1:

$$x_1(t) = 0{,}07\cos 15t - 0{,}02 \text{ м.}$$

Найдём уравнение вращательного движения блока 3. Для этого в дифференциальное уравнение $0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5$ подставим значение второй производной решения относительных колебаний груза 1. Получим: $\ddot{\varphi}_3 = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$. Полагая $\ddot{\varphi}_3 = \dfrac{d\omega_3}{dt}$, получим дифференциальное уравнение первого порядка: $\dfrac{d\omega_3}{dt} = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$, откуда найдём угловую скорость блока 3: $\omega_3 = 33{,}33t + 0{,}84\sin 15t + C_3$.

Аналогично, положив $\omega_3 = \dfrac{d\varphi_3}{dt}$, найдём закон вращательного движения блока 3: $\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + C_3t + C_4$.

Начальные условия движения блока: при $t = 0$, $\varphi_3(0) = 0$, $\omega_3(0) = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_4 = 0{,}056$, $C_3 = =0$.

Окончательно уравнение вращательного движения блока 3:

$$\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + 0{,}056.$$

Абсолютное движение s_1 груза 1 представляется суммой относительного и переносного движений:

$$s_1 = x_1 + S_C = x_1 + \frac{1}{2}R\varphi_3 = 2t^2 - 0{,}06\cos 15t - 0{,}01.$$

Упражнения

Упражнение 6.6. Каток весом $P_1 = 2P$, радиуса r, движущийся без проскальзывания по вертикальной стене, удерживается вертикальной пружиной жесткостью $C = 4P/r$, прикреплённой одним концом к центру катка, другим – к неподвижной поверхности (рис. 6.40). К нити, намотанной на барабан катка, подвешен груз 2 весом $P_2 = P$. На груз действует сила $F = P$, к катку приложена пара сил с моментом $M = Pr$.

Найти закон движения груза 2 и максимальное растяжение пружины, если движение системы началось из состояния покоя при недеформированной пружине.

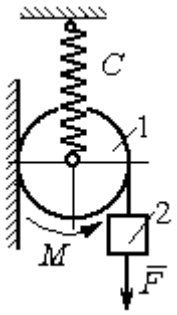


Рис. 6.40. Схема движения катка

Упражнение 6.7. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки B и D и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.41).

Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом нити и неподвижных блоков B и D пренебречь.

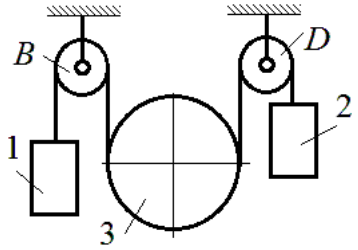


Рис. 6.41. Механическая система с двумя степенями свободы

Упражнение 6.8. Каток 1, радиуса r весом P катится по горизонтальной поверхности. К катку приложена пара сил с моментом $M = 2Pr$. Каток передаёт движение невесомой тележке (см. рис. 6.42). В кузове тележки находится каток 2 такого же радиуса r и веса P, который движется по горизонтальной поверхности кузова под действием силы $F = P$, приложенной в центре катка. Найти закон движения центра катка 2 относительно тележки, если движение системы началось из состояния покоя.

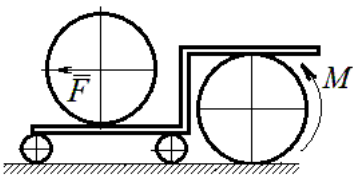


Рис. 6 42. Движение катка в кузове тележки

7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

7.1. Ответы к упражнениям главы 1

1.1

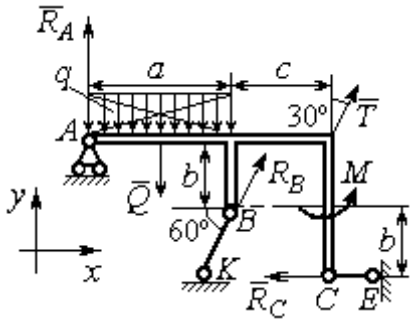


Рис. 7.1. Расчётная схема к упражнению 1.1

$T = 15$ кН, $Q = 15$ кН.

$$R_B\cos 60^\circ + T\cos 60^\circ - R_C = 0;$$

$$R_A - Q + R_B\cos 30^\circ + T\cos 30^\circ = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{a}{2} + R_B\cos 30^\circ\cdot a + R_B\cos 60^\circ\cdot b + T\cos 30^\circ\cdot(a+c) + + M - R_C\cdot 2b = 0.$$

$R_B = -3{,}8$ кН, $R_C = 5{,}6$ кН, $R_A = 5{,}3$ кН.

1.2

$Q = 9$ кН. $T = 2$ кН.

$$X_A + T\cos 30^\circ + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ + R_B - T\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{c}{2} + R_B(b + c\cos 60^\circ) - Fc\cos 60^\circ + M -$$

$$-T\cos 60^\circ(b + c\cos 60^\circ) - T\cos 30^\circ(a + c\sin 60^\circ) = 0.$$

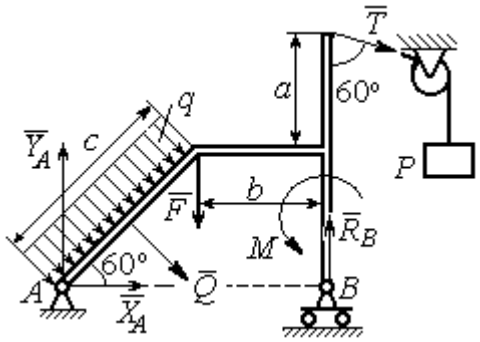


Рис. 7.2. Расчётная схема к упражнению 1.2

$R_B = 10{,}02$ кН, $X_A = -9{,}53$ кН, $Y_A = -0{,}52$ кН.

1.3

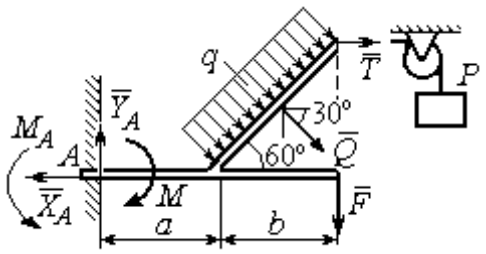


Рис. 7.3. Расчётная схема к упражнению 1.3

$Q = 8$ кН. $T = 3$ кН.

$$-X_A + T + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-T2b\cos 30^\circ - F(a+b) + M_A - M -$$

$$-Q\cos 60^\circ\left(a + \frac{b}{2}\right) - Q\cos 30^\circ\left(b\cos 30^\circ\right) = 0.$$

$M_A = 18{,}61$ кН·м, $X_A = 9{,}93$ кН, $Y_A = 6$ кН.

1.4

$Q = 6{,}93$ кН, $T = 2$ кН.

$$-X_B - T + Q\cos 30^\circ + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$R_A - Q\cos 60^\circ + Y_B - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$-\frac{Qa}{2\cos 30^\circ} + Y_B\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + Ta - Fa\cos 60^\circ -$$

$$-F\cos 30^\circ\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + M = 0.$$

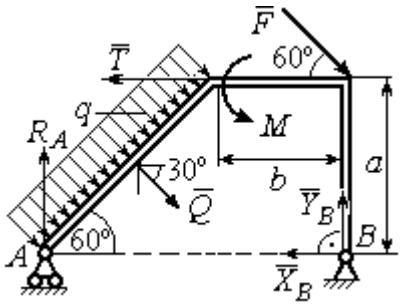


Рис.7.4. Расчётная схема к упражнению 1.4

$R_A = 0{,}72$ кН, $X_B = -5{,}5$ кН, $Y_B = 5{,}34$ кН.

1.5

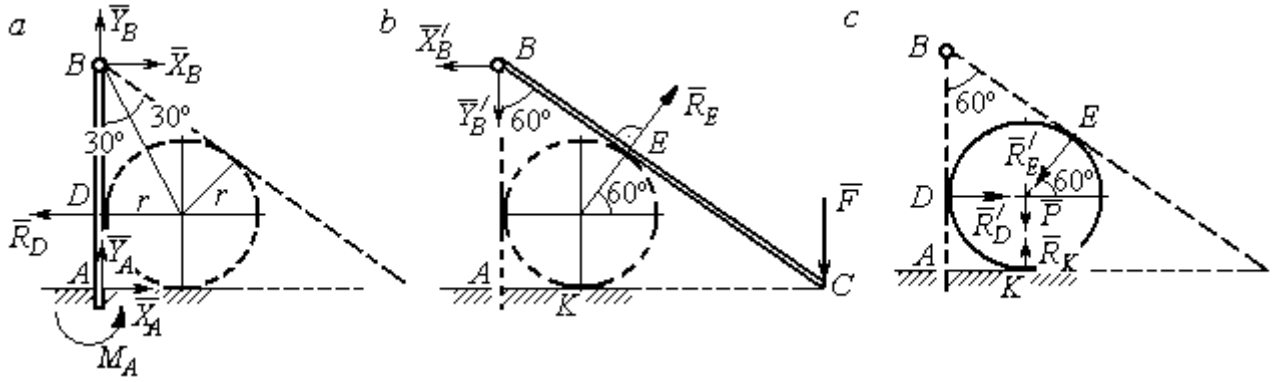


Рис. 7.5. Расчётные схемы к упражнению 1.5:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BC*; *c* – равновесие шара

$X_B = X'_B$, $Y_B = Y'_B$, $R_D = R'_D$, $R_E = R'_E$.

Балка *AB*. $AB = r + BD = r + r\operatorname{ctg}30^\circ = 2{,}73$ м.

$$X_A - R_D + X_B = 0,\ \ Y_A + Y_B = 0,\ \ M_A + R_D \cdot r - X_B \cdot AB = 0.$$

Балка BC. $BE = BD$ = 1,73 м. $AC = BC\cos 30^\circ = 2AB\cos 30^\circ$ = 4,73 м.

$$R_E\cos 60^\circ - X'_B = 0,\ \ RE\sin 60\circ - Y'B - F = 0,\ \ R_E \cdot BE - F \cdot AC = 0.$$

Шар.

$$R'_D - R'_E\cos 60^\circ = 0,\ \ R_K - P - R'_E\cos 30^\circ = 0.$$

R_E = 21,87 кН, Y_B = 10,94 кН, X_B = 10,94 кН, R_D = 10,94 кН;

R_K = 20,94 кН, X_A = 0, Y_A = – 10,94 кН, M_A = 18,93 кН·м.

1.6

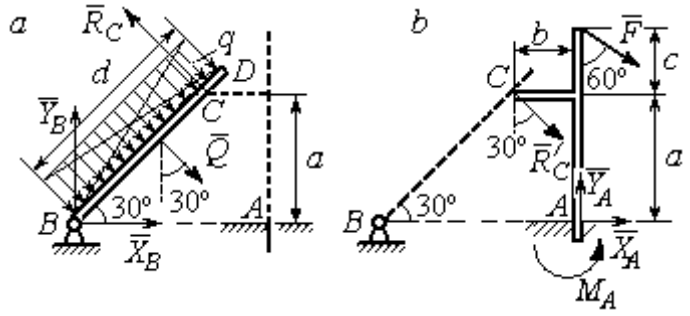


Рис. 7.6. Расчётные схемы к упражнению № 1.6:
a – равновесие балки *BD*; *b* – равновесие балки *AC*

Балка BD. Q = 15 кН.

$$X_B + Q\cos 60^\circ - R_C\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_B - Q\cos 30^\circ + R_C\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Q\frac{d}{2} + R_C 2a = 0.$$

Балка AC. $R_C = R'_C$.

$$X_A + R'_C\cos 60^\circ + F\cos 30^\circ = 0,\ \ Y_A - R'_C\cos 30^\circ - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$M_A - R'_C\cos 60^\circ \cdot a + R'_C\cos 30^\circ \cdot b - F\cos 30^\circ (a + c) = 0.$$

X_B = 0,61 кН, Y_B = 8,3 кН, R_C = 9,37 кН;

X_A = – 8,15 кН, Y_A = 10,11 кН, M_A = 11,65 кН·м.

1.7

Балка AB. Q_1 = 6 кН.

$T = P$ = 3 кН.

$$X_A + R_B - T\cos 60^\circ + F = 0;$$

$$Y_A - Q_1 - T\cos 30^\circ = 0;$$

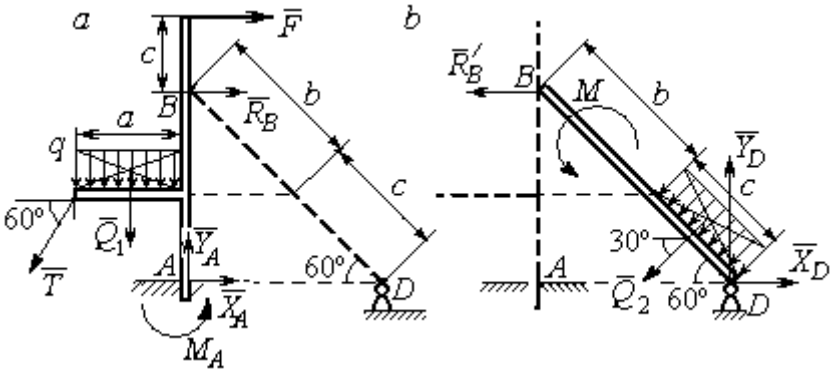


Рис. 7.7. Расчётные схемы к упражнению 1.7:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BD*

$$M_A - R_B(b+c)\cos 30^\circ + Q_1\frac{a}{2} +$$

$$+ T\cos 30^\circ a + T\cos 60^\circ c\cos 30^\circ -$$

$$- F\left[c + (b+c)\cos 30^\circ\right] = 0.$$

Балка DB. $Q_2 = 3$ кН. $R'_B = R_B$.

$$X_D - R'_B - Q_2\cos 30^\circ = 0,\ \ Y_D - Q_2\cos 60^\circ = 0,\ M + R'_B(b+c)\cos 30^\circ + Q_2\frac{c}{2} = 0.$$

$X_A = -1{,}49$ кН, $Y_A = 8{,}6$ кН, $M_A = 8{,}86$ кН, $R_B = -1{,}01$ кН;

$X_D = 1{,}59$ кН, $Y_D = 1{,}5$ кН.

1.8

Шар.

$$R_B\cos 60^\circ - R_D\cos 60^\circ = 0;$$

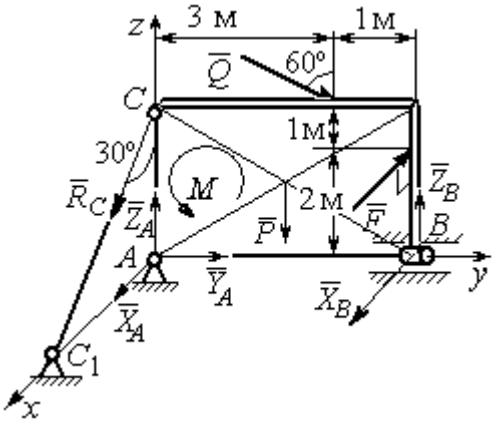


Рис. 7.9. Расчётная схема к упражнению 1.9

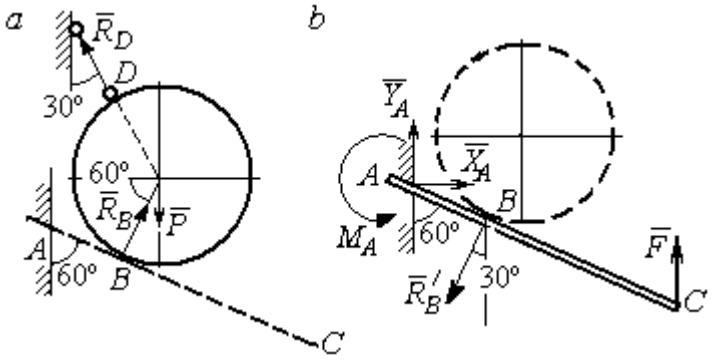


Рис. 7.8. Расчётные схемы к упражнению 1.8: *a* – равновесие шара; *b* – равновесие балки AC

$$R_B\cos 30^\circ + R_D\cos 30^\circ - P = 0.$$

Балка AC. $R'_B = R_B$.

$$X_A - R'_B\cos 60^\circ = 0;\ \ Y_A - R'_B\cos 30^\circ + F = 0;$$

$$M_A - R'_B AB + F\cdot AC\cos 30^\circ = 0.$$

$X_A = 2{,}89$ кН, $Y_A = 0$ кН, $M_A = -11{,}55$ кН·м, $R_B = 5{,}77$ кН, $R_D = 5{,}77$ кН.

1.9

$$X_A + R_C\cos 60^\circ + X_B - F = 0;\ \ Y_A + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - R_C\cos 30^\circ - Q\cos 60^\circ + Z_B - P = 0;$$

$$M - Q\cos 60^\circ\cdot 3 - Q\cos 30^\circ\cdot 3 + Z_B\cdot 4 - P\cdot 2 = 0;$$

$$R_C\cos60^\circ\cdot 3 - F\cdot 2 = 0,\ -X_B\cdot 4 + F\cdot 4 = 0.$$

$$X_A = 5{,}34 \text{ кН},\ Y_A = 2{,}6 \text{ кН};$$

$$Z_A = 8{,}92 \text{ кН},\ R_C = 10{,}67 \text{ кН};$$

$$X_B = 8 \text{ кН},\ Z_B = 3{,}82 \text{ кН}.$$

1.10

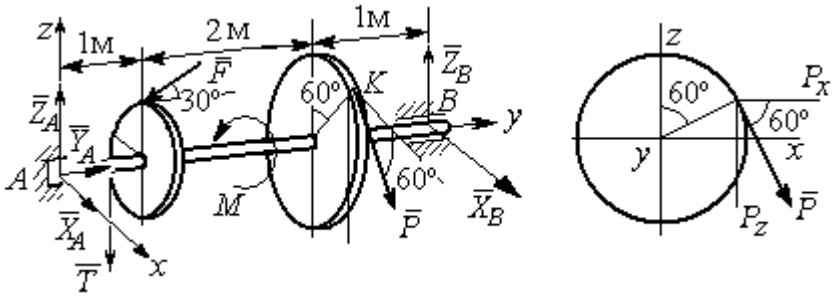


Рис. 7.10. Расчётные схемы к упражнению 1.10

$T = Q = 3$ кН.

$$X_A + P\cos60^\circ + X_B = 0,\ Y_A - F\cos30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos60^\circ - P\cos30^\circ - T + Z_B = 0.$$

$$-T\cdot 1 - F\cos60^\circ\cdot 1 + F\cos30^\circ\cdot r - P\cos30^\circ\cdot 3 + Z_B\cdot 4 = 0;$$

$$-Tr + PR - M = 0,\ -P\cos60^\circ\cdot 3 + X_B\cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}6$ кН, $Y_A = 3{,}46$ кН, $Z_A = 5{,}48$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 2{,}4$ кН, $Z_B = 5{,}06$ кН.

1.11

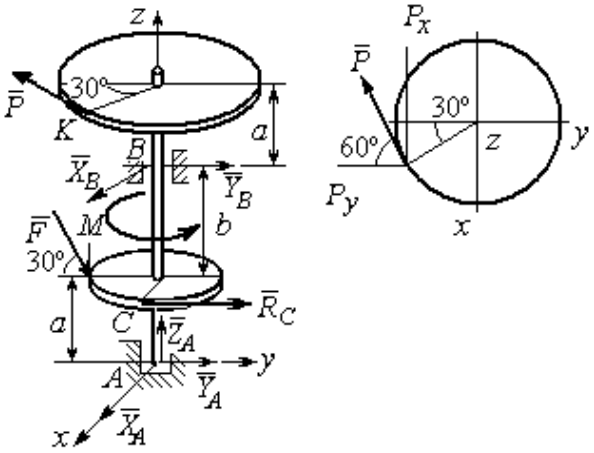


Рис. 7.11. Расчётные схемы к упражнению 1.11

$R_C = Q = 3$ кН.

$$X_A + X_B - P\cos30^\circ = 0;$$

$$Y_A + Y_B - P\cos60^\circ + R_C + F\cos30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos60^\circ = 0;$$

$$-Y_B(a+b) + P\cos60^\circ(2a+b) - R_C a - -$$

$$F\cos30^\circ\cdot a + F\cos60^\circ\cdot r = 0;$$

$$X_B(a+b) - P\cos30^\circ(2a+b) = 0;$$

$$-PR + R_C r + M = 0.$$

$X_A = -1{,}85$ кН, $Y_A = -5{,}64$ кН, $Z_A = 2$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 7{,}39$ кН, $Y_B = 2{,}38$кН.

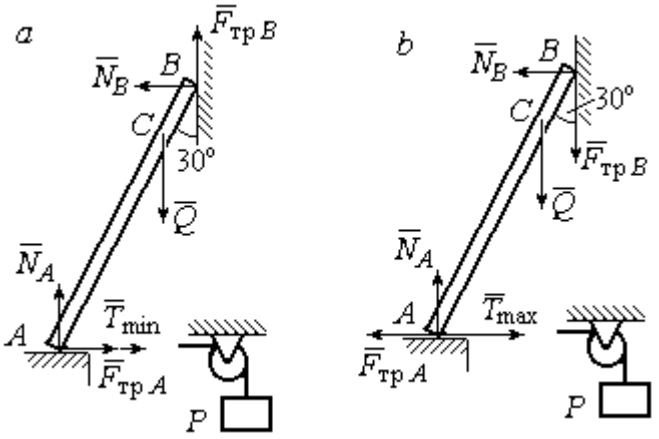


Рис. 7.13. Расчётные схемы к упражнению 1.13:
a – расчёт минимального веса груза;
b – расчёт максимального веса груза

1.12

$$T = Q = 3 \text{ кН}.$$

$$X_A + T + X_D = 0;$$

$$Y_A - F + P\cos 60^\circ = 0,$$

$$Z_A + Z_D + P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Fa\sin 30^\circ + Z_D(b + 2a) + P(2b + 2a)\cos 30^\circ = 0;$$

$$Ta\sin 30^\circ - Pa\cos 30^\circ + M = 0;$$

$$-Ta - X_D(b + 2a) + Pa\cos 60^\circ + Fa\cos 30^\circ = 0.$$

$X_A = 0{,}8$ кН, $Y_A = 2{,}56$ кН, $Z_A = 1{,}3$ кН;

$P = 2{,}89$ кН, $X_D = 0{,}76$ кН, $Z_D = -3{,}80$ кН.

1.13

Минимальный вес груза *P*:

$$T_{\min} + F_{\text{тр}A} - N_B = 0; \quad F_{\text{тр}B} + N_A - Q = 0;$$

$$F_{\text{тр}B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0$$

Максимальный вес груза *P*:

$$T_{\max} - F_{\text{тр}A} - N_B = 0; \quad -F_{\text{тр}B} + N_A - Q = 0;$$

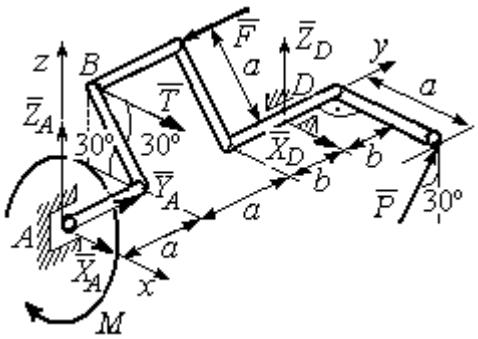


Рис. 7.12. Расчётная схема к упражнению 1.12

$$-F_{\text{тр}B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0;$$

$$F_{\text{тр}A} = f N_A, \quad F_{\text{тр}B} = f N_B.$$

$$T_{\min} = 31.77 \text{ Н} < P < T_{\max} = 130{,}51 \text{ Н}.$$

1.14

Шкив. $T = T_1 = Q$.

$$T \cdot R - T_1 r + M - F_{\text{тр}} R = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = 266{,}67 \text{ Н};$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{f} = 666{,}67 \text{ Н}.$$

Рычаг. $N = N'$. $F_{\text{тр}} = F'_{\text{тр}}$.

$$P(a+b) - N' \cdot b + F'_{\text{тр}} c = 0.$$

$$P = 320 \text{ Н}.$$

$$-X_A - P + N' = 0;$$

$$Y_A - F'_{\text{тр}} = 0.$$

X_A=346,67 Н, Y_A=266,67 Н.

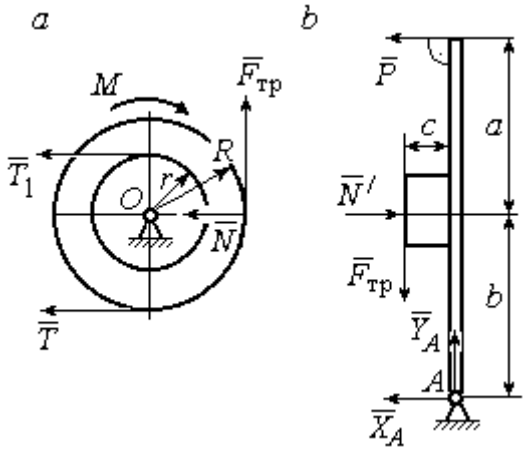


Рис. 7.14. Расчётные схемы к упражнению 1.14: *a* – равновесие шкива; *b* – равновесие рычага

$$\omega_{3z} = \omega_{1z} \frac{R_1}{r_2} \frac{R_2}{R_3} = \left(3 + \pi \cos\frac{\pi t}{2}\right)\frac{4}{3};$$

$$\omega_3(1) = |\omega_{3z}(1)| = 4 \text{ рад/с}.$$

7.2. Ответы к упражнениям главы 2

2.1

$$\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 3 + \pi \cos\frac{\pi t}{2},\ \omega_1(1) = |\omega_{1z}(1)| = 3$$

рад/с.

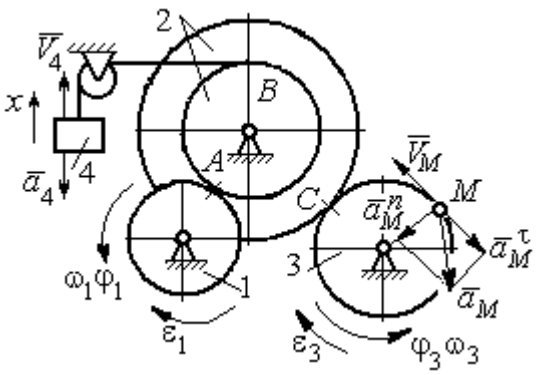


Рис. 7.15. Расчётная схема к упражнению 2.1

$$V_M(1) = \omega_3(1) R_3 = 40 \text{ см/с}.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{2\pi^2}{3}\sin\frac{\pi t}{2}, \quad \varepsilon_{3z}(1) = -\frac{2\pi^2}{3};$$

$$\varepsilon_3(1) = |\varepsilon_{3z}(1)| = \frac{2\pi^2}{3} = 6{,}58 \text{ рад/с}^2.$$

$\bar{a}_M = \bar{a}_M^n + \bar{a}_M^\tau$, $a_M^n(1) = \omega_3^2(1)R_3 = 160$ см/с^2, $a_M^\tau(1) = \varepsilon_3(1)R_3 = 65{,}8$ см/с^2.

$$a_M(1) = 173 \text{ см/с}^2.$$

$$V_{4x} = V_A = \omega_{1z}R_1 = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)8; \quad V_4(1) = |V_{4x}(1)| = 24 \text{ см/с}.$$

$$\dot{V}_{4x} = -4\pi^2\sin\frac{\pi t}{2}, \; \dot{V}_{4x}(1) = -4\pi^2; \; a_4(1) = |\dot{V}_{4x}(1)| = 39{,}48 \text{ см/с}^2.$$

2.2

$$V_{4x} = \dot{x}_4 = 1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3};$$

$$V_{4x}(3) = 2{,}05 \text{ м/с}, \quad V_4 = |V_{4x}(3)|$$

$$\omega_{3z} = \frac{V_{4x}}{r_3} = \frac{1}{r_3}\left(1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3}\right);$$

$$\omega_{3z}(3) = 6{,}83 \text{ рад/с}; \quad \omega_3 = |\omega_{3z}(3)|.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = \frac{1}{r_3}\left(\frac{\pi^2}{9}\sin\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi^2}{9}\cos\frac{\pi t}{3}\right).$$

$$\varepsilon_{3z}(3) = 3{,}65 \text{ рад/с}^2; \; \varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}(3)|.$$

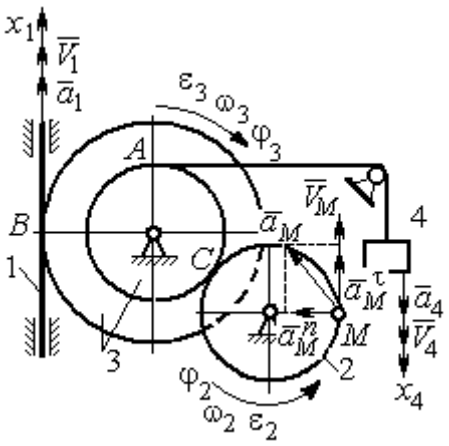


Рис. 7.16. Расчётная схема к упражнению 2.2

$$\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{r_3}; \quad \omega_2 = \omega_3\frac{r_3}{R_2} = 10{,}25 \text{ рад/с}; \; V_M = \omega_2 R_2 = 2{,}05 \text{ м/с}.$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2} = \frac{R_2}{r_3}; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3\frac{r_3}{R_2} = 5{,}47 \text{ рад/с}^2.$$

$$a_M^n = \omega_2^2 R_2 = 20{,}4 \text{ м/с}^2; \quad a_M^\tau = \varepsilon_2 R_2 = 1{,}09 \text{ м/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{\left(a_M^n\right)^2 + \left(a_M^\tau\right)^2} = 20{,}43 \text{ м/с}^2.$$

$$V_1 = \omega_3 R_3 = 2{,}73 \text{ м/с}; \; a_1 = \dot{V}_1 = \dot{\omega}_3 R_3 = \varepsilon_3 R_3 = 2{,}19 \text{ м/с}^2.$$

2.3

$BP_2 = BC\cos 30° = 4{,}33$ см; $CP_2 = 2{,}5$ см.

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BP_2} = 1{,}15 \text{ рад/с};\quad V_C = \omega_{BC} CP_2 = 2{,}87 \text{ см/с};$$

$$\omega_1 = \frac{V_C}{CP_1} = 0{,}72 \text{ рад/с};\quad EP_1 = 2R_1\cos 30^\circ = 3{,}46 \text{ см};$$

$$V_E = \omega_1 EP_1 = 2{,}49 \text{ см/с};\quad EP_3 = 2AE\cos 30^\circ = 10{,}39 \text{ см};$$

$$\omega_{AE} = \frac{V_E}{EP_3} = 0{,}24 \text{ рад/с};\quad EA = AP_3;$$

$$V_A = \omega_{AE} AP_3 = 1{,}44 \text{ см/с},\quad \omega_{AO} = \frac{V_A}{AO} = 0{,}24 \text{ рад/с}.$$

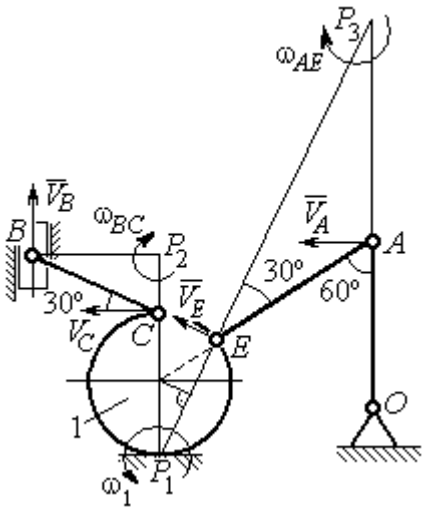


Рис. 7.17. Расчётная схема к упражнению 2.3

2.4

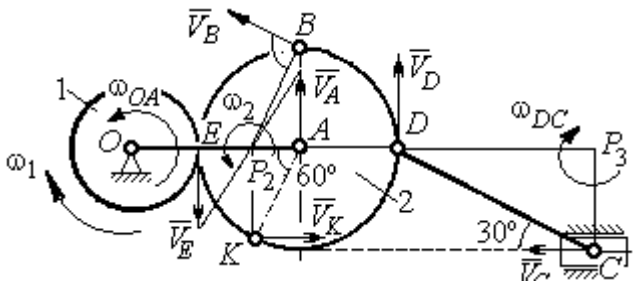


Рис. 7.18. Расчётная схема к упражнению 2.4

E – точка касания дисков.

$$V_E = \omega_1 r_1 = 18 \text{ см/с}.$$

$$V_A = \omega_{OA}(r_1 + r_2) = 18 \text{ см/с}.$$

$$EP_2 = P_2 A = 3 \text{ см},\ \omega_2 = \frac{V_E}{EP_2} = 6 \text{ рад/с}.$$

$$V_K = \omega_2 P_2 K = 31{,}18 \text{ см/с}.$$

$$V_B = \omega_2 P_2 B = 40{,}25 \text{ см/с};\ V_D = \omega_2 P_2 D = 54 \text{ см/с}.$$

$$DC = 2r_2,\ \omega_{DC} = \frac{V_D}{DP_3} = 5{,}197 \text{ рад/с};\ V_C\cos 30^\circ = V_D\cos 60^\circ,\ V_C = 31{,}18 \text{ см/с}.$$

2.5

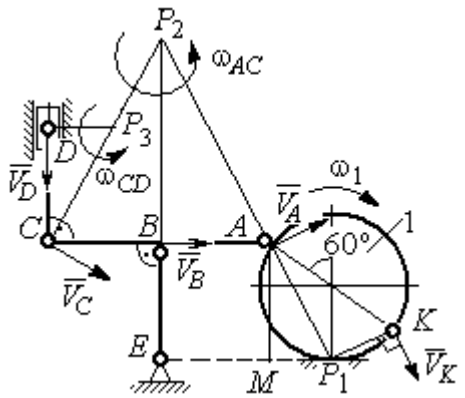


Рис. 7. 19. Расчётная схема к упражнению 2.5.

$$BE = 1{,}5R_1;\ R_1 = 2{,}67 \text{ см}.$$

$$KP_1 = R_1;\ \omega_1 = \frac{V_K}{KP_1} = 0{,}75 \text{ рад/с}.$$

$$AP_1 = \frac{AM}{\cos 30^\circ} = 4{,}62 \text{ см};\ V_A = \omega_1 P_1 A = 3{,}46 \text{ см/с}.$$

$$AP_2 = 2AB = 8 \text{ см};\ \omega_{AC} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}43 \text{ рад/с}.$$

$$V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ;\ V_B = 2{,}99 \text{ см/с}.$$

$$\omega_{BE} = \frac{V_B}{BE} = 0{,}75 \text{ рад/с};\ V_C = V_A = 3{,}46 \text{ см/с};\ CP_3 = \frac{DC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62 \text{ см};$$

$$\omega_{CD} = \frac{V_C}{CP_3} = 0{,}75 \text{ рад/с};\ V_D \cos 0^\circ = V_C \cos 60^\circ;\ V_D = 1{,}73 \text{ см/с}.$$

2.6

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 12 \text{ см/с};\ \omega_{AD} = 0,\ V_D = V_A.$$

$$\omega_{O_1C} = \frac{V_D}{DO_1} = 3 \text{ рад/с};$$

$$V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 48 \text{ см/с}.$$

$$CB = CP = 16 \text{ см};\ \omega_{CB} = \omega_{CL} = \frac{V_C}{CP} = 3 \text{ рад/с}.$$

$$PL = \frac{CP}{\cos 30^\circ} = 18{,}48 \text{ см};\ PB = 2BC\cos 30^\circ.$$

$$V_L = \omega_{CL} \cdot PL = 55{,}44 \text{ см/с};$$

$$V_B = \omega_{CB} \cdot PB = 83{,}13 \text{ см/с}.$$

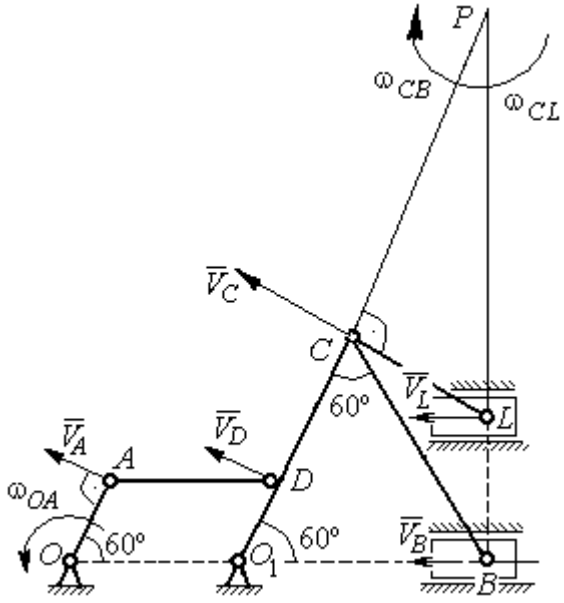


Рис. 7.20. Расчётная схема к упражнению 2.6.

2.7

$V_D = \omega_1 R_1 = 30$ см/с; $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 15$ см/с.

$$\omega_2 = \frac{V_A}{AP_2} = 3 \text{ рад/с}.$$

$$V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 21{,}21 \text{ см/с}.$$

$V_C \cos 0^\circ = V_B \cos 45^\circ$; $V_C = 15$ см/с.

$CP_3 = CB$; $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 1{,}87$ рад/с.

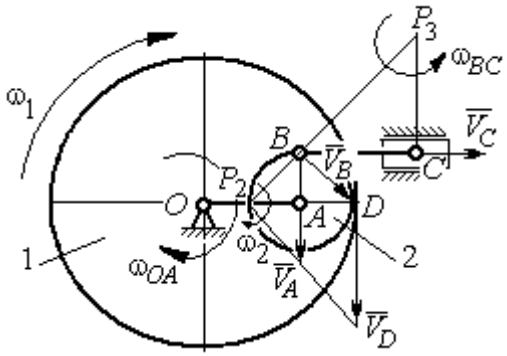


Рис. 7.21. Расчётная схема к упражнению 2.7

2.8

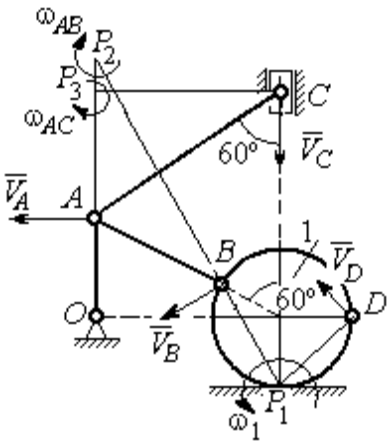


Рис. 7.22. Расчётная схема к упражнению 2.8

$AC = AB + R_1 = 12$ см; $CP_3 = AC \cos 30^\circ = 10{,}39$ см.

$\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}48$ рад/с; $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_3 = 2{,}89$ см/с.

$$AB = AP_2; \quad \omega_{AB} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}29 \text{ рад/с}.$$

$$BP_2 = 2AB \cos 30^\circ = 17{,}32 \text{ см}.$$

$$V_B = \omega_{AB} BP_2 = 5{,}02 \text{ см/с}.$$

$OA = (AB + R_1)\sin 30^\circ = 6$ см; $\omega_{OA} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}48$ рад/с.

$BP_1 = 2R_1 \cos 30^\circ = 3{,}46$ см; $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1} = 1{,}45$ рад/с.

$DP_1 = R_1\sqrt{2} = 2{,}82$ см; $V_D = \omega_1 DP_1 = 4{,}09$ см/с.

2.9

$V_A = \omega_{OA} OA = 12$ см/с; $AP = 2AB = 2BC \cdot \text{tg}60^\circ = 27{,}71$ см.

$\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{AP} = 0{,}43$ рад/с; $V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ$; $V_B = 10{,}38$ см/с.

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BC} = 1{,}29 \text{ рад/с}.$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}; \quad \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC}, \; a_C = 0.$$

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO},\ a_O = 0.$$

$$\bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC} = \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO} + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a^τ_{BC}

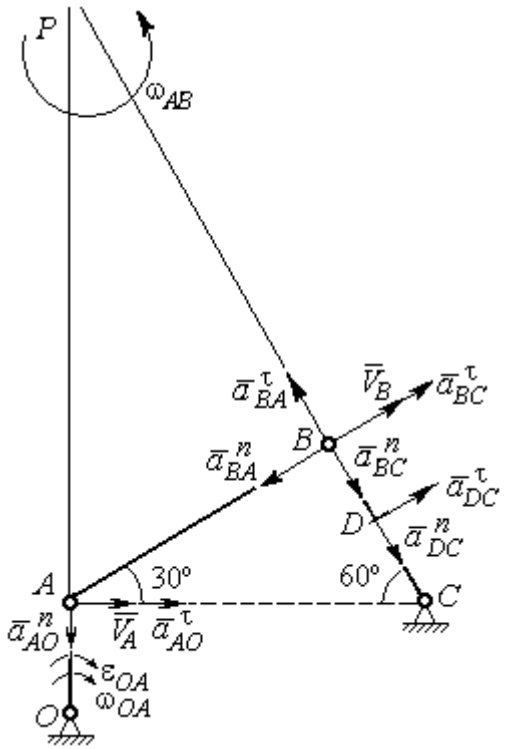


Рис. 7.23. Расчётная схема к упражнению 2.9

$$a^n_{AO} = \omega^2_{AO} \cdot AO = 36 \text{ см/с}^2;$$

$$a^\tau_{AO} = \varepsilon_{AO} \cdot AO = 8 \text{ см/с}^2;$$

$$AB = BC \cdot \text{tg}60^\circ = 13{,}86 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 2{,}56 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{AB} = \varepsilon_{AB} AB.$$

$$a^n_{BC} = \omega^2_{BC} \cdot BC = 13{,}31 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{BC} = \varepsilon_{BC} BC.$$

Проекция на AB:

$$a^\tau_{BC} = -a^n_{AO}\cos 60^\circ +$$

$$+ a^\tau_{AO}\cos 30^\circ - a^n_{BA} = 13{,}63 \text{ см/с}^2.$$

$$\varepsilon_{BC} = \frac{\left|a^\tau_{BC}\right|}{BC} = 1{,}7 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_D = \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^\tau_{DC}.$$

$$a^n_{DC} = \omega^2_{BC} \cdot DC = 6{,}65 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{DC} = \varepsilon_{BC} \cdot DC = 6{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_D = \sqrt{\left(a^n_{DC}\right)^2 + \left(a^\tau_{DC}\right)^2} = 9{,}51 \text{ см/с}^2.$$

2.10

$$V_A = \omega_1 r_1 = 12 \text{ см/с};\ P_2A = \frac{1}{2}BC = 5 \text{ см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{P_2A} = 2{,}4 \text{ рад/с}.$$

$$V_B\cos 30^\circ = V_A\cos 60^\circ;\ V_B = 6{,}93 \text{ см/с}.$$

$$P_3B = BC\cos 30^\circ = 8{,}66 \text{ см};$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{P_3B} = 0{,}8 \text{ рад/с}.$$

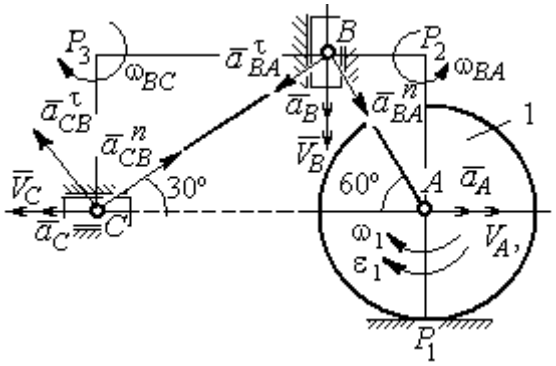


Рис. 7.24. Расчётная схема к упражнению 2.10

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a_B.

Проекция на BA: $a_B\cos30° = a_A\cos60° + a^n_{BA}$.

$$a_A = a^\tau_A = \varepsilon_1 r_1 = 8 \text{ см/с}^2;\ AB = BC\operatorname{tg}30° = 5{,}77 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{BA}\cdot BA = 33{,}23 \text{ см/с}^2;\ \ a_B = 43{,}03 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar a_C = \bar a_B + \bar a^n_{CB} + \bar a^\tau_{CB}.$$

Проекция на BC: $a_C\cos60° = a_B\cos60° - a^n_{CB}$,

$$a^n_{CB} = \omega^2_{CB}\cdot CB = 6{,}4 \text{ см/с}^2;\ \ a_C = a_B - 2a^n_{CB} = 30{,}23 \text{ см/с}^2.$$

7.3. Ответы к упражнениям главы 3

3.1

$$CM_1 = S_r(1) = \frac{40}{3}\sin\frac{\pi}{3} = 11{,}55 \text{ см}.$$

Так как $CM_1\cos30° = 10$ см $= R$, то точка M_1 лежит на вертикальном диаметре.

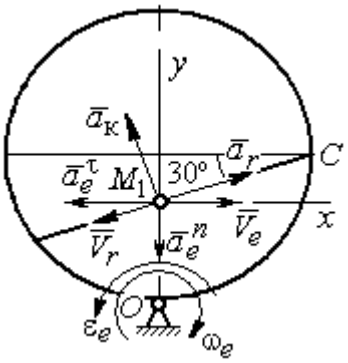


Рис. 7.25. Расчётная схема к упражнению 3.1

$$V_r = \dot S_r = \frac{40\pi}{9}\cos\frac{\pi t}{3};\ V_r(1) = 6{,}98 \text{ см/с}.$$

$$\omega_e(1) = 0{,}5 \text{ рад/с};\ OM_1 = R - \frac{1}{2}CM_1 = 4{,}23 \text{ см}.$$

$$V_e = \omega_e OM_1;\ \ V_e(1) = 2{,}12 \text{ см/с}.$$

$$\bar V_M = \bar V_e + \bar V_r.$$

$$V_{Mx} = V_e - V_r\cos30° = -3{,}93 \text{ м/с};\ V_{My} = -V_r\cos60° = -3{,}49 \text{ м/с};$$

$$V_M = \sqrt{(V_{Mx})^2 + (V_{My})^2} = 5{,}26 \text{ см/с}.$$

$$\bar a_M = \bar a_e + \bar a_r + \bar a_к.$$

$$\bar a_e = \bar a^n_e + \bar a^\tau_e,\ \ a^n_e = \omega^2_e OM_1;\ \ a^n_e(1) = 1{,}06 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot\omega_e = -\frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3},\ \ \dot\omega_e(1) = -0{,}91 \text{ рад/с}^2;\ \ \varepsilon_e = |\dot\omega_e(1)| = 0{,}91 \text{ рад/с}^2,$$

$$a^\tau_e(1) = \varepsilon_e\cdot OM_1 = 3{,}85 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{V}_r = -\frac{40\pi^2}{27}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{V}_r(1) = -12{,}66;\ a_r = \left|\dot{V}_r(1)\right| = 12{,}66\ \text{см/с}^2$$

$$a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 6{,}98\ \text{см/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_к.$$

$$a_{Mx} = -a_e^\tau + a_r\cos 30° - a_к\cos 60° = 3{,}62\ \text{см/с}^2;$$

$$a_{My} = -a_e^n + a_r\cos 60° + a_к\cos 30° = 11{,}31\ \text{см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 11{,}87\ \text{см/с}^2.$$

3.2

Положение M_1:

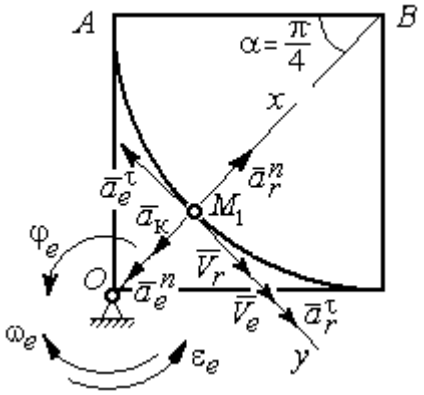


Рис. 7.26. Расчётная схема к упражнению 3.2

$$\alpha = \frac{S_r(1)}{R} = \frac{\pi}{4};\ \ OM_1 = 8{,}28\ \text{см}.$$

$$\dot{S}_r = 10\pi t;\ \ V_r = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 31{,}42\ \text{см/с}.$$

$$\dot{\varphi}_e = 2t - 5,$$

$$\dot{\varphi}_e(1) = -3\ \text{рад/с},\ \ \omega_e = \left|\dot{\varphi}_e(1)\right| = 3\ \text{рад/с}.$$

$$V_e = \omega_e \cdot OM_1 = 24{,}6\ \text{см/с}.$$

$$\bar{V}_M = \bar{V}_e + \bar{V}_r \cdot\ V_{Mx} = V_e + V_r = 56{,}02\ \text{см/с};$$

$$V_{My} = 0;\ V_M = 56{,}02\ \text{см/с}.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_к.$$

$$\bar{a}_e = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau \cdot\ a_e^n = \omega_e^2 \cdot OM_1 = 74{,}52\ \text{см/с}^2;$$

$$\dot{\omega}_e = 2\ \text{рад/с}^2;\ \varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|;\ \ a_e^\tau(1) = \varepsilon_e OM_1 = 16{,}56\ \text{см/с}^2;$$

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau \cdot \dot{V}_r = 10\pi;\ a_r^\tau = \left|\dot{V}_r\right| = 10\pi = 31{,}42\ \text{см/с}^2;$$

$$a_r^n(1) = \frac{V_r^2}{R} = 49{,}36\ \text{см/с}^2;\ \ a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 62{,}84\ \text{см/с}^2.$$

$$a_{Mx} = -a_e^n + a_r^n - a_к = -88\ \text{см/с}^2;\ a_{My} = -a_e^\tau + a_r^\tau = 14{,}86\ \text{см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 89{,}24\ \text{см/с}^2.$$

7.4. Ответы к упражнениям главы 4

4.1

$$m\ddot{x} = F - P\cos 60° - F_{\text{тр}}, \quad m\ddot{y} = N - P\cos 30° = 0.$$

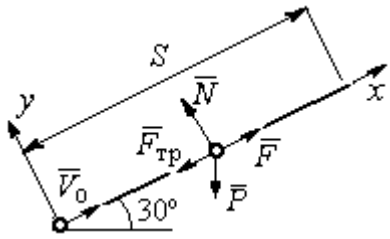


Рис. 7.27. Расчётная схема к упражнению 4.1

$$F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 30°;$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}kt - 3{,}4, \quad \dot{x} = \frac{1}{4}kt^2 - 3{,}4t + V_0;$$

$$x = \frac{1}{12}kt^3 - 1{,}7t^2 + V_0 t.$$

Конечные условия: $t = 2$ с; $x = S = 2$ м; $V = 2V_0$.

$$V_0 = k - 6{,}8; \quad 1 = \frac{1}{3}k - 3{,}4 + V_0.$$

$$k = 8{,}4; \; V_0 = 1{,}6 \text{ м/с}.$$

4.2

Уравнения движения точки:

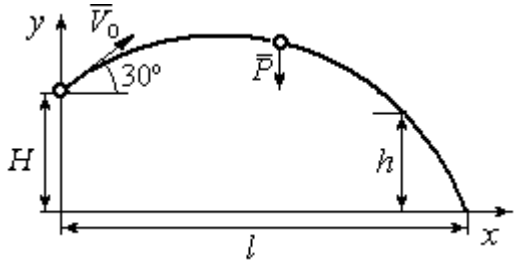


Рис. 7.28. Расчётная схема к упражнению 4.2

$$m\ddot{x} = 0; \; \dot{x} = V_0\cos 30°; \; x = V_0 t\cos 30°.$$

$$m\ddot{y} = -P; \; \dot{y} = -gt + V_0\cos 60°;$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t\cos 60° + H.$$

Краевое условие пролёта высоты h:

$$t = 1 \text{ с}; \; y = h = 7 \text{ м}.$$

Подставляя краевые условия в уравнение движения, находим: $V_0 = 3{,}81$ м/с.

Краевое условие падения точки:

$$t = t_{\text{пад}}; \; x = l; \; y = 0.$$

Подстановка в уравнения движения условия приводит к системе:

$$l = V_0 t_{\text{пад}}\cos 30°; \; 0 = -\frac{1}{2}gt_{\text{пад}}^2 + V_0 t_{\text{пад}}\cos 60° + H.$$

Находим: $t_{\text{пад}} = 1{,}64$ с; $l = 5{,}41$ м.

4.3

Уравнение движения груза (рис. 7.29, *a*): $m\ddot{S} = -F = -k\dot{S}$.

Начальные условия: $t = 0;\ S = 0;\ \dot{S} = V_0$.

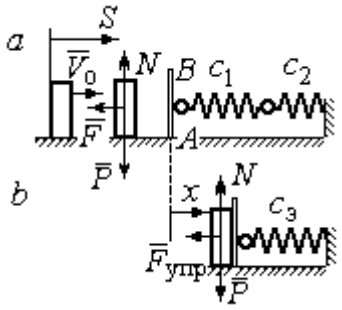


Рис. 7.29. Расчётная схема к упражнению 4.3: *a* – движение груза до начала колебаний; *b* – колебания груза

Решение: $S = \dfrac{mV_0}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right) = 6\left(1 - e^{-t}\right)$ м.

Скорость груза: $\dot{S} = 6e^{-t}$.

Скорость груза в момент соединения с площадкой *AB*: $V_1 = \dot{S}(1) = 0{,}21$ м/с.

Уравнение колебаний груза на эквивалентной пружине (рис. 7.29, *b*):

$$m\ddot{x} = -F_{упр} = -c_э x;\ c_э = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = 30 \text{ Н/м}.$$

Начальные условия движения: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = V_1$.

Общий вид решения: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 7{,}75$ рад/с, где константы: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_1}{\omega} = 0{,}28$ м. Закон движения груза $x = 0{,}28\sin 7{,}75t$.

Максимальное сжатие 0,28 м.

4.4

Жесткость эквивалентной пружины

$$c_э = \frac{c \cdot 2c}{c + 2c} = \frac{2}{3}c.$$

Уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э(\lambda_{ст} + x) = -c_э x.$$

Общее решение:

$$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\frac{c_э}{m}} = 10{,}33 \text{ рад/с}.$$

Начальные условия: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = -V_0$.

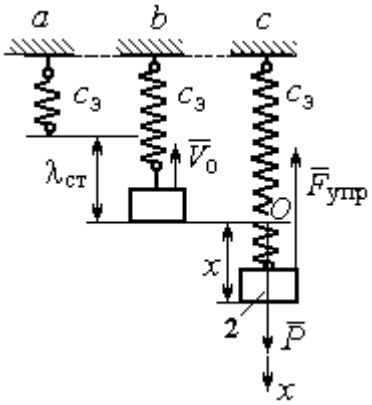


Рис. 7.30. Расчётная схема к упражнению 4.4: *a* – нерастянутая пружина; *b* – положение статического равновесия; *c* – произвольное положение груза

Находим константы интегрирования: $C_1 = 0$; $C_2 = \dfrac{V_0}{\omega} = 0{,}39$ м.

Закон движения груза: $x = 0{,}39\sin 10{,}33t$.

Амплитуда $A = 0{,}39$ м, частота $\omega = 10{,}33$ рад/с.

4.5

Скорость человека, находящегося в самолёте, в нижней точке траектории (точка C):

$$\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = mg\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right].$$

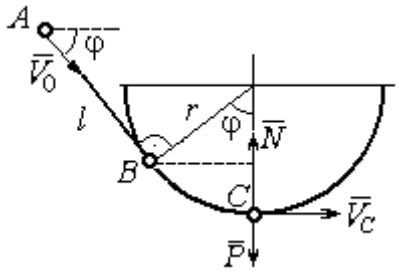


Рис. 7.31. Расчётная схема к упражнению 4.5

Откуда $V_C^2 = V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right]$.

Уравнение движения человека, двигающегося вместе с самолётом, в проекции на нормаль в точке C: $\dfrac{mV_C^2}{r} = N - P$, где N – реакция корпуса самолёта. Сила давления человека на корпус самолёта по величине равна реакции, но направлена в противоположную сторону.

Из условия $N \le 3P$ следует неравенство: $V_C^2 \le 2gr$, или

$$V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right] \le 2gr.$$ Откуда $r \ge \dfrac{V_0^2 + 2gl\sin\varphi}{2g\cos\varphi}$.

4.6

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии шарика в точке B с учётом, что $V_A = 0$, найдём:

$$\frac{mV_B^2}{2} = \frac{ca^2}{2} + mg\left[R + R\cos 60° - a\cos 30°\right].$$

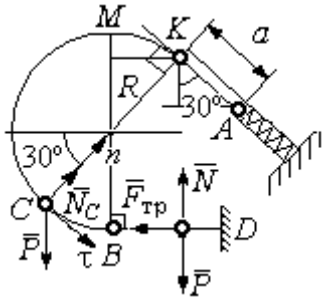


Рис. 7.32. Расчётная схема к упражнению 4.6

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки на участке BD:

$-\frac{mV_B^2}{2} = -fNs$, где s – путь точки до остановки. С учётом данных задачи, получим: s = 5,39 м.

Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось в точке C

$$\frac{mV_C^2}{R} = N_C - P\cos 60°.$$

Для вычисления реакции опоры шарика на трубу имеем равенство $N_C = \frac{mV_C^2}{R} + P\cos 60° = \frac{1}{R}\left[mV_B^2 - 2mgR(1-\cos 60°)\right] + mg\cos 60°$, где кинетическая энергия шарика в точке B: $mV_B^2 = ca^2 + 2mgR\left[(1+\cos 60°) - \frac{a}{R}\cos 30°\right]$. Получим: $N_C = 18{,}71$ Н. Давление шарика на трубку равно реакции опоры и направлено в противоположную сторону.

7.5. Ответы к упражнениям главы 5

5.1

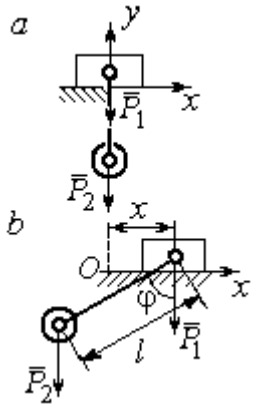


Рис. 7.33. Расчётная схема к упражнению 5.1:
a – начальное положение системы;
b – произвольное положение

x_0 – координата центра тяжести системы в начальном положении, x_0 = 0 (см. рис.7.33); x – текущая координата центра тележки; x_1 – координата центра тяжести системы в её произвольном положении: $x_1 = \frac{m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x)}{m_1 + m_2}$.

Уравнение закона сохранения движения центра масс системы: $x_1 = x_0$, или

$$m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x) = 0.$$

Отсюда зависимость координаты движения тележки от положения груза 2: $x = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}\sin\varphi$.

5.2

Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси z: $\dfrac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

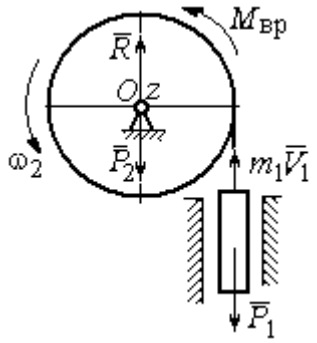


Рис. 7.34. Расчётная схема к упражнению 5.2

Кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} = \frac{m_2 r^2}{2}\omega + m_1 V_1 r = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right)\omega r^2.$$

Суммарный момент внешних сил относительно оси z: $\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - P_1 r = kt - m_1 g r$.

Дифференциальное уравнение вращения барабана:

$$\left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) r^2 \frac{d\omega}{dt} = kt - m_1 g r.$$

При нулевых начальных условиях $\omega = \dfrac{kt^2 - 2m_1 g r t}{(2m_1 + m_2) r^2}$.

5.3

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемых систем на конечном перемещении: $T - T_0 = \sum A(F_k)$, $T_0 = 0$.

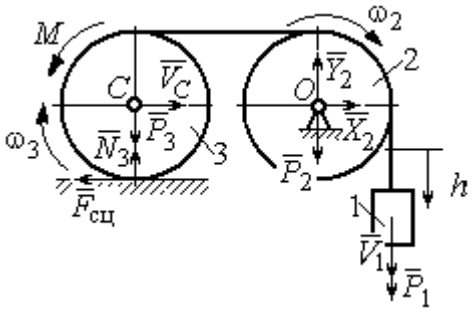


Рис. 7.35. Расчётная схема к упражнению 5.3

Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{m_1 V_1^2}{2}$. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \dfrac{1}{2} J_O \omega_2^2$, где осевой момент инерции блока: $J_O = \dfrac{m_2 r^2}{2}$, угловая скорость блока $\omega_2 = \dfrac{V_1}{r}$. Кинетическая энергия катка 3: $T_3 = \dfrac{1}{2} m_3 V_C^2 + \dfrac{1}{2} J_C \omega_3^2$, где момент инерции катка относительно оси, проходящей

через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_3 r^2}{2}$, угловая скорость катка и скорость его центра масс $\omega_3 = \frac{V_1}{2r}$, $V_C = \frac{V_1}{2}$.

Энергия системы: $T = T_1 + T_2 + T_3 = (8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16}$.

Суммарная работа вешних сил на перемещении h: $\sum A(F_k) = P_1 h - M\frac{h}{2r}$.

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии:

$$(8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16} = \left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h.$$

Скорость груза на высоте h: $V_1 = 4\sqrt{\frac{\left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h}{8m_1 + 4m_2 + 3m_3}}$.

5.4

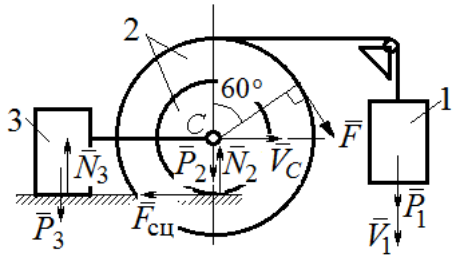


Рис. 7.36. Расчётная схема к упражнению 5.4

Для решения задачи используется теорема об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Допустим, груз 1 движется вниз со скоростью V_1. Скорость центра масс катка V_C.

Кинетическая энергия катка 2: $T_2 = \frac{1}{2}m_2 V_C^2 + \frac{1}{2}J_{zC}\omega_2^2$. Здесь $m_2 = \frac{2P}{g}$, $J_{zC} = m_2 i_z^2$, $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. В результате кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 3 $V_3 = V_C$. Кинетическая энергия груза 3 $T_3 = \frac{P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 1 $V_1 = \omega_2 3r = 3V_C$. Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \frac{9P}{2g}V_C^2$.

Суммарная кинетическая энергия (энергия системы): $T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{17P}{2g}V_C^2$. Производная $\frac{dT}{dt} = \frac{17P}{g}V_C\frac{dV_C}{dt} = \frac{17}{g}V_C a_C$.

Мощности сил $\vec{P}_2$, $\vec{N}_2$, $\vec{F}_{сц}$, $\vec{P}_3$, $\vec{N}_3$ равны нулю.

Мощность силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, определяется по формуле: $N(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\vec{V}_C + \vec{M}_C(\vec{F})\cdot\vec{\omega}_2 = FV_C\cos 60° + FR\omega_2$. Мощность силы $\vec{P}_1$ $N(\vec{P}_1) = P_1V_1$. Суммарная мощность внешних сил: $\sum N(F^e) = 7PV_C$.

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы: $\frac{17P}{g}V_C a_C = 7PV_C$, откуда $a_C = \frac{7}{17}g$ м/с^2.

5.5

Рассмотрим движение катков отдельно, заменив невесомый стержень реакцией. Предположим, катки движутся направо (см. рис. 7.37). Уравнения движения катков:

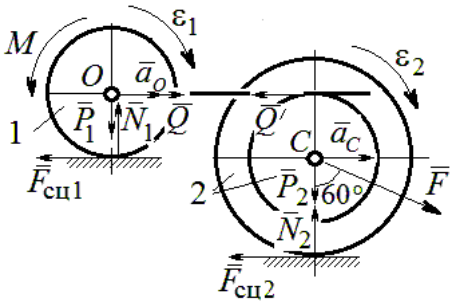


Рис. 7.37. Расчётная схема к упражнению 5.5

$$m_1 a_O = Q - F_{сц1},\ J_{1O}\varepsilon_1 = F_{сц1}r - M;$$

$$m_2 a_C = -Q' - F_{сц2} + F\cos 30°;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = F_{сц2}3r - Q'r.$$

Здесь $\vec{Q}$ – реакция невесомого стержня, $|\vec{Q}| = |\vec{Q}'|$; $\vec{F}_{сц1}$, $\vec{F}_{сц2}$ – силы сцепления катков с поверхностями качения; моменты инерции катков $J_{1O} = \frac{m_1 r^2}{2}$, $J_{2C} = m_2 i_2^2$. Подставляя кинематические соотношения $\varepsilon_2 = \frac{a_C}{3r}$; $a_O = \frac{4}{3}a_C$; $\varepsilon_1 = \frac{4a_C}{3r}$, с учётом данных задачи, получим систему уравнений:

$$\frac{4P}{3g}a_C = Q - F_{\text{сц}1};\ \ \frac{2P}{3g}a_C = F_{\text{сц}1} - 4P;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = -Q - F_{\text{сц}2} + P\sqrt{3};\ \ \frac{4P}{3g}a_C = 3F_{\text{сц}2} - Q.$$

Находим ускорение центра катка 2: $a_C = \dfrac{3\left(3\sqrt{3}-16\right)g}{46} \approx -\,0{,}7g$. Каток движется в противоположную сторону. Реакция стержня $Q = 2{,}6P$.

5.6

Выделяем звенья механизма, заменяя действия нитей их реакциями. Допустим, направления движений тел в системе соответствуют подъёму груза 1.

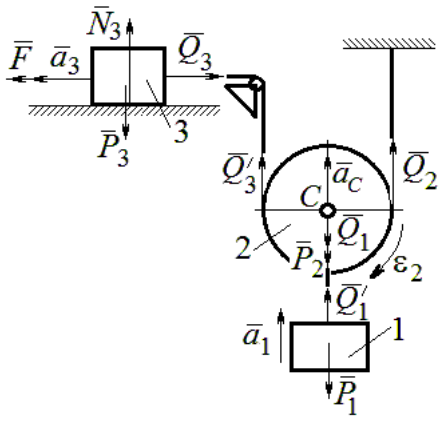


Рис. 7.38. Расчётная схема к упражнению 5.6

Уравнения движения тел:

$$m_3a_3 = F - Q_3,\ m_2a_C = Q'_3 + Q_2 - P_2 - Q_1;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = Q'_3r - Q_2r,\ m_1a_1 = Q'_1 - P_1.$$

С учётом, что $\left|\vec{Q}_3\right| = \left|\vec{Q}'_3\right|$, $\left|\vec{Q}_1\right| = \left|\vec{Q}'_1\right|$ и

$$a_C = a_1,\quad a_3 = 2a_1,\quad \varepsilon_2 = \frac{a_1}{r},\quad J_{2C} = \frac{m_2r^2}{2},$$

подставляя данные задачи, получим систему уравнений:

$$2ma_1 = 2{,}5mg - Q_3;\ \ ma_1 = Q_3 + Q_2 - mg - Q_1;$$

$$\frac{ma_1}{2} = Q_3 - Q_2;\ m_1a_1 = Q_1 - P_1.$$

Решая систему, находим: $a_1 = \dfrac{2}{17}g \approx 0{,}12g;\ \ Q_3 = 2{,}26mg;\ Q_2 = 2{,}15mg$.

5.7

Заменяем действия нитей реакциями. Предположим, груз 1 спускается по наклонной плоскости. Уравнения движения тел:

$$m_1a_1 = P_1\cos 30° - Q_1;\ \ m_3a_3 = Q_3;$$

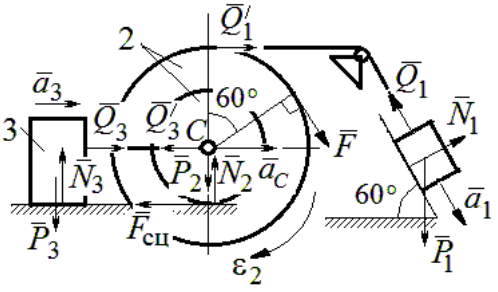


Рис. 7.39. Расчётная схема к упражнению 5.7

$$m_2 a_C = Q_1' - Q_3' - F_{\text{сц}} + F\cos 60^\circ;\ J_{2C}\varepsilon_2 = Q_1' R + FR + F_{\text{сц}} r,\ J_{2C} = m_2 i_2^2.$$

Соотношения ускорений: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{R+r}$, $a_C = \dfrac{a_1 r}{R+r}$, $a_3 = a_C$. Подставляя данные задачи, с учётом, что модули сил $Q_1' = Q_1$ и $Q_3' = Q_3$, получим систему уравнений:

$$ma_1 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} - Q_1;\ \frac{2}{3}ma_1 = Q_3;$$

$$ma_1 = Q_1 - Q_3 - F_{\text{сц}} + \frac{1}{2}mg;\ 3ma_1 = 2Q_1 + 2mg + F_{\text{сц}}.$$

Находим $a_1 = \dfrac{3}{46}\left(5+3\sqrt{3}\right)g \approx 0{,}44g;\ Q_1 = 0{,}21mg;\ Q_3 = 0{,}44mg$.

7.6. Ответы к упражнениям главы 6

6.1

Внешние силы, действующие на систему: силы тяжести – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и реакции опор $\vec{N}_3$, $\vec{R}_3$ Приложим к телам системы, силы инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ (рис. 7.40, *a*). В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Составляем условие равновесия системы сил в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

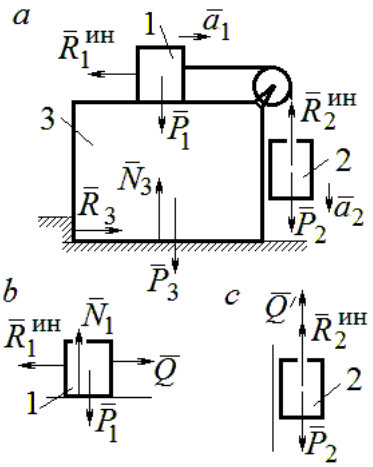


Рис. 7.40. Расчётная схема к упражнению 6.1

$$R_3 - R_1^{\text{ин}} = 0,\ N_3 - P_3 - P_1 - P_2 + R_2^{\text{ин}} = 0.$$

Для вычисления сил инерции рассмотрим отдельно грузы 1 и 2, заменяя действие соединяющей их нити реакцией (рис. 7.40, *b*, *c*). Присоединим к грузам силы инерции и, применив принцип Даламбера, составим уравнения равновесия систем сил - для груза 1 в проекции на горизонтальную ось, для груза 2 – на вертикальную:

$$Q - R_1^{\text{ин}} = 0;\ P_2 - Q' - R_2^{\text{ин}} = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$.

Решая полученную систему с учётом равенства модулей сил $Q = Q'$ и ускорений грузов $a_1 = a_2$, находим ускорение грузов: $a_1 = a_2 = 0{,}5g$. Тогда давление призмы на горизонтальную поверхность: $N_3 = 2{,}5mg$.

6.2

Активными силами в системе являются силы $\vec{F}$ и $\vec{Q}$. Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия: $\delta A(\vec{F}) + \delta A(\vec{Q}) = 0$ или $F\delta s_F - Q\delta s_Q = 0$, где δs_F и δs_Q – возможные перемещения точек приложения сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$.

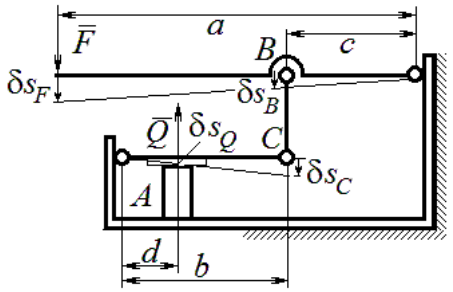


Рис. 7.41. Расчётная схема к упражнению 6.2

Имеем соотношения: $\dfrac{\delta s_F}{\delta s_B} = \dfrac{a}{c}$, $\dfrac{\delta s_C}{\delta s_Q} = \dfrac{b}{d}$, где δs_B и δs_C – возможные перемещения точек B и C, причём $\delta s_B = \delta s_C$. Тогда $\delta s_Q = \dfrac{cd}{ab}\delta s_F$ и сила, сжимающая деталь A под прессом, равна $Q = \dfrac{ab}{cd}F$.

6.3

Активными силами, совершающими работу при движении системы, являются силы тяжести $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$ и пары сил с моментами M_1 и M_2. Связи идеальные.

Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(\vec{P}_3) + \delta A(\vec{P}_4) + \delta A(M_1) + \delta A(M_2) = 0 \text{ или}$$

$$P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4 + M_1\delta\varphi_1 - M_2\delta\varphi_2 = 0,$$

где $\delta s_3, \delta s_4$ – элементарные перемещения грузов 3, 4; $\delta\varphi_1, \delta\varphi_2$ – элементарные повороты валов 1 и 2. Выразим все перемещения через угол поворота

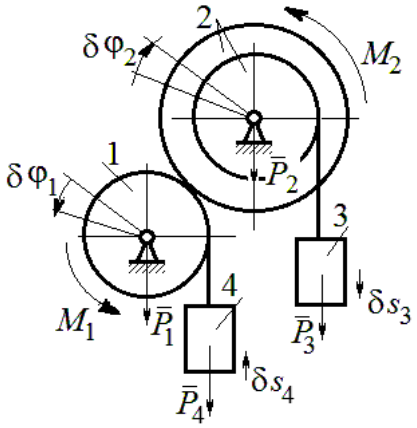


Рис. 7.42. Расчётная схема к упражнению 6.3

вала 2: $\delta s_3 = \delta\varphi_2 r$, $\delta\varphi_1 = 3\delta\varphi_2$, $\delta s_4 = 3r\delta\varphi_2$ и подставим в уравнение равновесия. Получим: $M_2 = 4Pr$.

6.4

Система с идеальными связями. Активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M_{\text{вр}}$ (рис. 7.43).

Направления поворотов дисков и их угловые ускорения показаны на рис. 7.43 дуговыми стрелками $\delta\varphi_1, \varepsilon_1$ и $\delta\varphi_2, \varepsilon_2$. Направления движения центра масс катка 2, груза 3 и их ускорения обозначены: $\delta s_C, a_C$ и $\delta s_3, a_3$.

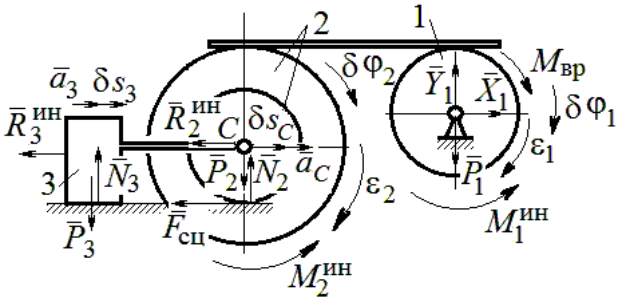


Рис. 7.43. Расчётная схема к упражнению 6.4

Кинематические соотношения между перемещениями и ускорениями: $\delta s_C = \delta s_3$, $a_C = a_3$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_3}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{r}$, $\delta\varphi_1 = \dfrac{3\delta s_3}{r}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{3a_3}{r}$.

Присоединим к телам системы силы инерции.

Модули главных векторов сил инерции: $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_3 = ma_3$; $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_C = 2ma_3$; $M_2^{\text{ин}} = m_2 i_2^2 \varepsilon_2 = 4{,}5mra_3$; $M_1^{\text{ин}} = \dfrac{m_1 R_1^2}{2}\varepsilon_1 = 1{,}5mra_3$.

Элементарные работы активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = M_{\text{вр}}\delta\varphi_1 = (mg\sin\omega t)3\delta s_3.$$

Элементарные работы сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_2^{\text{ин}}\delta s_C - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2 - M_1^{\text{ин}}\delta\varphi_1 =$$

$$= -ma_3\delta s_3 - 2ma_3\delta s_3 - 4{,}5ma_3\delta s_3 - 1{,}5ma_3 3\delta s_3 = -12ma_3\delta s_3.$$

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = m(3g\sin\omega t - 12a_3)\delta s_3 = 0.$$

Ускорение груза 3: $a_3 = 0{,}25g\sin\omega t$, или $\ddot{s}_3 = 0{,}25g\sin\omega t$. Интегрируя дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза: $s_3 = \dfrac{0{,}25g}{\omega}\left(t - \dfrac{1}{\omega}\sin\omega t\right)$.

6.5

Система с идеальными связями. Активные силы и главные вектора сил инерции показаны на рис. 7.44.

Элементарные работы активных сил: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = F\delta s_1 + P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4$ и сил инерции $\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_4^{\text{ин}}\delta s_4 - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2$, где модули сил инерции: $R_1^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_1$, $R_3^{\text{ин}} = \dfrac{P_3}{g}a_3$, $R_4^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_4$, $M_2^{\text{ин}} = \dfrac{P_2}{g}i_2^2\varepsilon_2$.

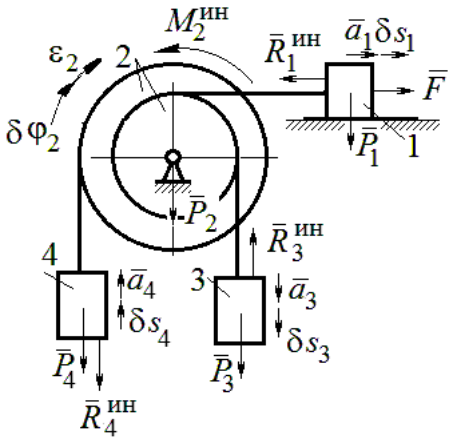


Рис. 7.44. Расчётная схема к упражнению 6.5

Кинематические соотношения: $\delta s_3 = \delta s_1$, $a_3 = a_1$, $\delta s_4 = 2\delta s_1$, $a_4 = 2a_1$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_1}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$.

Общее уравнение динамики:

$$\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = P(t+1)\delta s_1 + P\delta s_1 - 2P\delta s_1 -$$

$$-\left(\frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{2P}{g}2a_1 2\delta s_1 + \frac{2P}{g}2r^2\frac{a_1}{r}\frac{\delta s_1}{r}\right) = P\left(t - \frac{14a_1}{g}\right)\delta s_1 = 0.$$

Находим уравнение движения груза 3: $a_3 = a_1 = \dfrac{1}{14}gt$, или $\ddot{x}_3 = \dfrac{1}{14}gt$.

Проинтегрировав дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза 3: $x_3 = \dfrac{1}{84}gt^3 \approx 0{,}012gt^3$.

6.6

Рассматриваемая механическая система (рис. 7.45) имеет одну степень свободы. Уравнение Лагранжа: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где T – кинетическая энергия системы: Q_x – обобщенная сила.

В качестве обобщённой координаты x выберем положение точки C относительно недеформированной пружины, отмеченной на рис. 7.45 величиной l_0. Обобщённая скорость $\dot{x}$.

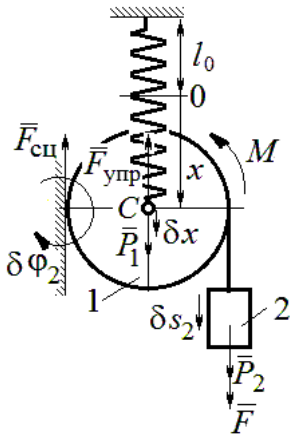


Рис. 7.45. Расчётная схема к упражнению 6.6

Кинетическая энергия катка: $T_1=\frac{1}{2}m_1V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_1^2$, где ω_1, V_C – угловая скорость катка и скорость его центра масс, $V_C=\dot{x}$, $\omega_1=\frac{V_C}{r}=\frac{\dot{x}}{r}$; момент инерции $J_{zC}=\frac{1}{2}m_1r^2$. Кинетическая энергия груза 2: $T_2=\frac{1}{2}m_2V_2^2$, где V_2 – скорость груза 2, $V_2=2V_C=2\dot{x}$. Кинетическая энергия системы, выраженная через обобщённую скорость: $T=T_1+T_2=\frac{7P}{2g}\dot{x}^2$.

В произвольном положении системы, определяемом координатой x, дадим центру масс катка возможное перемещение δx (см. рис. 7.45). Элементарная работа активных сил $\sum\delta A(F_{\text{к}})=P_1\delta x-F_{\text{упр}}\delta x+(P_2+F)\delta s_2-M\delta\varphi_1$. Полагая перемещения $\delta s_2=2\delta x$, $\delta\varphi_1=\frac{\delta x}{r}$, модуль силы упругости $F_{\text{упр}}=cx$ и с учётом данных задачи, получим $\sum\delta A(F_{\text{к}})=(3P-cx)\delta x$. Обобщённая сила $Q_x=3P-cx$.

Уравнение Лагранжа $\frac{7P}{g}\ddot{x}=3P-cx$, или $\ddot{x}+\frac{4g}{7r}x=\frac{3g}{7}$.

Решение уравнения (с нулевыми начальными условиями): $x = \frac{3}{4} r\left(1 - \cos\omega t\right)$. Закон движения груза: $s_2 = 2x = \frac{3}{2} r\left(1 - \cos\omega t\right)$.

6.7

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Обобщённые координаты – расстояния x_1, x_2 соответственно до грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных центров блоков *B* и *D* (рис. 7.46, *a*). Обобщённые скорости $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$. Кинетическая энергия грузов и блока 3:

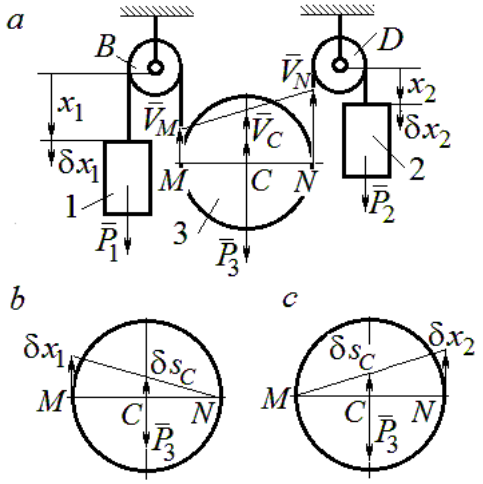


Рис. 7.46. Расчётная схема к упражнению 6.7:
a – кинематика механизма;
b, *c* – возможные перемещения блока 3 при вычислении обобщённых сил

$$T_1 = \frac{P_1 \dot{x}_1^2}{2g},\ T_2 = \frac{P_2 \dot{x}_2^2}{2g};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{2g}\left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}\right)^2.$$

Здесь учтено (см. рис. 7.46, *a*): что

$$V_C = \frac{V_N + V_M}{2} = \frac{\dot{x}_2 + \dot{x}_1}{2};$$

$$\omega_2 = \frac{V_N - V_M}{2r} = \frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_1, оставляя координату x_2 постоянной: $\delta x_1 \neq 0$, $\delta x_2 = 0$. На этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *b*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_1 \delta x_1 - P_3 \delta s_C = \left(P_1 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = P_1 - \frac{1}{2} P_3$.

Дадим системе другое независимое возможное перемещение – по координате x_2, так, что $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$. При этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *c*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_2 \delta x_2 - P_3 \delta s_C = \left(P_2 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_2.$$

Обобщённая сила $Q_{x_2} = P_2 - \frac{1}{2}P_3$.

Уравнения Лагранжа

$$\left(P_1 + \frac{3}{8}P_3\right)\frac{\ddot{x}_1}{g} + \frac{1}{8}P_3\frac{\ddot{x}_2}{g} = P_1 - \frac{1}{2}P_3,\ \ \frac{1}{8}P_3\frac{\ddot{x}_1}{g} + \left(P_2 + \frac{3}{8}P_3\right)\frac{\ddot{x}_2}{g} = P_2 - \frac{1}{2}P_3 \text{ или}$$

$$7\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 = 0,\ \ddot{x}_1 + 9\ddot{x}_2 = 2g.$$

Ускорения грузов: $\ddot{x}_1 = -\frac{1}{31}g$, $\ddot{x}_2 = \frac{7}{31}g$. Ускорение центра масс блока $\ddot{x}_C = \frac{\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1}{2} = \frac{6}{31}g$. Груз 1 и центр блока 3 движутся вверх, груз 2 – вниз. (Сравнить с задачей 70.)

6.8

Система с двумя степенями свободы. Обобщённые координаты: x_1 – положение центра масс катка 1 (точки C_1) относительно неподвижной вертикальной стены; x_2 – положение центра масс катка 2 (точки C_2) относительно подвижного края платформы.

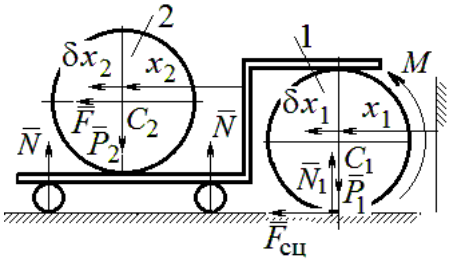


Рис. 7.47. Расчётная схема к упражнению 6.8

Кинетическая энергия системы

$$T = \frac{3}{4}m_1\dot{x}_1^2 + \frac{1}{2}\left[m_2\left(\dot{x}_2 + 2\dot{x}_1\right)^2 + \frac{m_2 r^2}{2}\left(\frac{\dot{x}_2}{r}\right)^2\right] = \frac{P}{g}\left(\frac{11}{4}\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + 2\dot{x}_1\dot{x}_2\right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_1 $\left(\delta x_1 \neq 0\right)$, оставляя другую координату x_2 неизменной $\left(\delta x_2 = 0\right)$. Работу совершают момент M и сила $\overline{F}$. Суммарная работа

$$\sum \delta A(F_к) = M\delta\varphi_1 + F\delta s_{C_2} = M\frac{\delta x_1}{r} + F2\delta x_1 = 4P\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = 4P$.

При другом независимом возможном перемещении $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$ суммарная работа внешних сил $\sum \delta A(F_к) = F\delta x_2$ и обобщённая сила, соответствующая координате x_2, равна $Q_{x_2} = P$.

Уравнения Лагранжа

$$\frac{P}{g}\left(\frac{11}{2}\ddot{x}_1 + 2\ddot{x}_2\right) = 4P,\ \frac{P}{g}\left(2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1\right) = P, \text{ или}$$

$$11\ddot{x}_1 + 4\ddot{x}_2 = 8g,\ 2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1 = g$$

Ускорение центра катка 1 $\ddot{x}_1 = \frac{6}{7}g$. Тележка катится в направлении оси x_1. Ускорение центра катка 2 относительно тележки $\ddot{x}_2 = -\frac{5}{14}g$. Закон относительного движения центра катка 2 при нулевых начальных условиях: $x_2 = -\frac{5}{28}gt^2$. Каток катится к правому борту тележки.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах: Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

Бутенин Н. В., *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: В 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

Вебер Г. Э., *Ляпцев*, *С. А*. Лекции по теоретической механике. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Валерий Григорьевич Брагин
Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Компьютерная версия

Подписано в печать 26.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 15,625. Уч. изд. л. 10,5. Тираж экз. Заказ №
Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА..... **Error! Bookmark not defined.**
1.1. Основные понятия статики..... **Error! Bookmark not defined.**
1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия**Error! Bookmark not defined.**
1.3. Произвольная плоская система сил..... **Error! Bookmark not defined.**
1.4. Равновесие систем тел ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.5. Произвольная пространственная система сил**Error! Bookmark not defined.**
1.6. Равновесие тел при наличии сил трения..... **Error! Bookmark not defined.**
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА..... **Error! Bookmark not defined.**
2.1. Криволинейное движение точки ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела .**Error! Bookmark not defined.**
вокруг неподвижной оси ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела ....**Error! Bookmark not defined.**
2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела ..**Error! Bookmark not defined.**
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки .....**Error! Bookmark not defined.**
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки.....**Error! Bookmark not defined.**
4.2. Колебания материальной точки ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки ..**Error! Bookmark not defined.**
5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.1. Теорема о движении центра масс системы... **Error! Bookmark not defined.**
5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы
относительно оси ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы**Error! Bookmark not defined.**
5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию
движений твёрдого тела ..... **Error! Bookmark not defined.**
6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.1. Принцип Даламбера для системы ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.2. Принцип возможных перемещений ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.3. Общее уравнение динамики ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.4. Уравнения Лагранжа II рода..... **Error! Bookmark not defined.**
7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ .....**Error! Bookmark not defined.**
7.1. Ответы к упражнениям главы 1 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.2. Ответы к упражнениям главы 2 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.3. Ответы к упражнениям главы 3 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.4. Ответы к упражнениям главы 4 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.5. Ответы к упражнениям главы 5 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.6. Ответы к упражнениям главы 6 .....**Error! Bookmark not defined.**

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**Error! Bookmark not defined.**



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. Г. Брагин, Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Екатеринбург
2018

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
и контрольные задания для выполнения РГР и самостоятельной работы студентов специальности
21.05.04 Горное дело

Екатеринбург
2019

А 94
Рецензент: *Н.М.Суслов*, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики 04 апреля 2019г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ

А. А. Чиркова, А. П. Золкин, Д. Н. Суслов, А. И. Афанасьев
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ: учебно-методическое пособие и контрольные задания для выполнения РГР и самостоятельной работы студентов специальности *21.05.04 Горное дело.*– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 84 с.

Учебно-методическое пособие содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Осевое нагружение стержней переменного сечения. Определение деформаций при осевом нагружении», «Расчет вала на прочность при кручении. Определение углов закручивания вала – расчет на жесткость», «Расчет на прочность балки при изгибе. Подбор сечения балки», «Расчет на жесткость балки при изгибе. Определение формы изогнутой оси балки», «Расчет стержней на устойчивость», «Расчет статически неопределимых балок», «Расчет статически неопределимых рам».

© Чиркова А. А., Золкин А. П.,
Суслов Д.Н.,Афанасьев А. И. 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Задача №1. Осевое нагружение стержней 4
Задача №2. Расчёт вала на кручение и жёсткость….....11
Задача №3. Расчёт балки на прочность при изгибе 17
Задача №4. Расчёт балки на жёсткость 23
Задача №5. Геометрические характеристики плоского симметричного сечения……..……30
Задача № 6. Расчёт статически неопределемых стержневых систем. ……36
Задача 7.Расчет статически неопределимых балок ……..……...43
Задача №8. Расчет стержней на устойчивость……..67
Задача №9. Расчет статически неопределимых рам……..……...70
Оформление расчетно-графической работы.....84
Список рекомендуемой литературы 84

Задача № 1. Осевое нагружение стержней

Для стального стержня из условия прочности подобрать площади поперечных сечений при условии, что отношение площади большего участка к меньшему равно $k = S_m/S_x$. Построить эпюры: осевой силы N; нормальных напряжений σ и продольных перемещений Δ. Модуль упругости стали $E = 200000$ МПа. Предел текучести стали σ_m. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести – n_m. Исходные данные сведены в табл. 1, расчетные схемы даны на рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче № 1

№ п/п	Сила, кН				Длина участка, м				$\sigma_т$, МПа	$n_т$	$k = S_m/S_x$	Номер схемы
	P_1	P_2	P_3	P_4	L_1	L_2	L_3	L_4				
1	150	660	440	990	2,0	1,4	1,3	2,3	200	1,5	1,5	1
2	620	700	920	130	3,1	2,2	1,5	1,9	240	2,0	2,0	2
3	600	880	170	200	2,4	3,0	2,3	1,6	280	2,5	2,5	3
4	80	130	600	610	1,6	2,9	1,7	2,4	320	3,0	3,0	4
5	990	380	630	390	2,8	1,8	2,5	1,7	360	1,5	3,5	5
6	290	570	170	900	1,9	2,6	2,7	1,3	400	2,0	1,5	6
7	920	630	160	740	2,7	2,0	2,6	1,4	440	2,5	2,0	7
8	840	500	490	550	1,5	2,8	2,1	2,5	480	3,0	2,5	8
9	990	110	90	470	1,6	2,4	2,9	2,2	520	1,5	3,0	9
10	340	390	890	330	1,7	2,3	2,3	3,0	560	2,0	3,5	10
11	820	290	800	90	2,2	2,4	3,1	1,8	600	2,5	1,5	11
12	380	720	720	850	2,5	3,2	2,1	1,9	200	3,0	2,0	12
13	960	630	580	800	3,3	2,6	2,0	1,3	240	1,5	2,5	13
14	360	940	300	530	1,4	1,4	2,7	1,9	280	2,0	3,0	14
15	70	590	790	800	1,5	1,8	1,5	2,8	320	2,5	3,5	15
16	460	510	960	840	1,6	1,7	2,9	1,6	360	3,0	1,5	16
17	680	630	740	680	1,6	3,0	1,7	1,7	400	1,5	2,0	17
18	670	880	30	270	3,1	1,8	1,5	1,8	440	2,0	2,5	18
19	380	200	760	370	1,9	3,2	1,4	1,9	480	2,5	3,0	19
20	770	510	830	260	2,0	2,0	3,3	1,3	520	3,0	3,5	20
21	760	750	160	190	2,2	3,3	2,1	1,4	560	1,5	1,5	21
22	320	840	670	440	2,2	3,2	1,5	2,2	600	2,0	2,0	22
23	390	720	270	960	2,3	1,6	2,3	3,1	200	2,5	2,5	23
24	910	310	870	470	1,7	2,4	3,0	2,4	240	3,0	3,0	24
25	840	540	380	810	2,5	1,8	2,9	2,5	280	1,5	3,5	25
26	160	350	720	470	2,5	2,6	1,9	2,8	320	2,0	1,5	26
27	660	660	800	510	2,6	2,7	2,7	2,0	360	2,5	2,0	1
28	450	410	540	420	1,5	2,4	3,6	1,8	400	1,5	1,5	1
29	430	510	840	350	1,9	2,8	3,5	1,7	440	2,0	2,0	2

Окончание табл. 1

№ п/п	Сила, кН				Длина участка, м				$\sigma_т$, МПа	$n_т$	$k = S_m/S_x$	Номер схемы
	P_1	P_2	P_3	P_4	L_1	L_2	L_3	L_4				
30	520	900	620	820	2,3	2,4	3,0	2,2	480	2,5	2,5	3
31	690	500	790	740	2,7	2,0	2,6	2,6	520	3,0	3,0	4
32	860	240	260	490	3,1	1,6	2,3	2,4	560	1,5	3,5	5
33	990	60	930	580	3,5	2,1	2,7	1,8	600	2,0	1,5	6
34	30	870	740	280	2,9	2,7	1,9	2,3	200	2,5	2,0	7
35	900	610	570	60	2,3	2,1	1,3	1,7	240	3,0	2,5	8
36	360	200	350	470	2,5	1,6	2,9	2,3	280	1,5	3,0	9
37	940	560	980	660	1,8	2,5	1,9	2,0	320	2,0	3,5	10
38	990	620	370	840	2,7	2,4	3,2	1,6	360	2,5	1,5	11
39	650	310	430	890	3,0	1,7	1,8	2,4	400	3,0	2,0	12
40	870	560	80	360	1,6	1,6	2,2	2,2	440	1,5	2,5	13
41	580	280	210	540	2,8	2,1	2,0	3,3	480	2,0	3,0	14
42	720	410	750	290	1,5	2,4	2,7	1,8	520	2,5	3,5	15
43	240	860	590	420	1,9	2,4	2,3	2,6	560	3,0	1,5	16
44	70	570	650	450	2,0	3,1	2,5	1,9	600	1,5	2,0	17
45	160	450	830	680	1,4	2,1	2,3	2,5	200	2,0	2,5	18
46	450	430	400	470	3,2	2,2	2,6	2,1	240	2,5	3,0	19
47	870	440	190	330	3,0	1,4	2,3	2,2	280	3,0	3,5	20
48	370	390	190	740	2,2	1,7	1,8	2,4	320	1,5	1,5	21
49	890	210	920	260	2,2	2,4	2,5	1,6	360	2,0	2,0	22
50	350	820	330	210	2,7	2,3	2,3	2,6	200	2,5	2,5	23
51	710	150	300	570	1,5	2,6	2,4	2,2	240	3,0	3,0	24
52	900	110	730	680	2,4	2,7	2,1	2,5	280	1,5	3,5	25
53	860	630	550	730	2,8	2,0	2,6	2,3	320	2,0	1,5	26
54	520	40	640	600	1,9	2,7	2,9	2,2	360	2,5	2,0	13
55	830	760	920	820	2,8	1,8	3,0	2,1	400	3,0	2,5	14
56	720	730	300	250	2,0	2,9	1,7	3,1	440	1,5	3,0	1
57	120	860	670	500	1,9	3,2	3,0	1,6	480	2,0	3,5	2
58	980	80	940	390	2,8	3,3	1,5	3,1	520	2,5	1,5	3
59	240	60	20	540	2,4	1,4	3,2	2,6	560	3,0	2,0	4
60	820	300	790	130	1,3	3,3	2,5	2,7	600	1,5	2,5	5
61	450	340	220	210	2,7	2,3	2,3	2,6	200	2,5	2,5	23
62	440	360	240	570	1,5	2,6	2,4	2,2	240	3,0	3,0	24
63	470	370	260	680	2,4	2,7	2,1	2,5	280	1,5	3,5	25
64	580	380	270	730	2,8	2,0	2,6	2,3	320	2,0	1,5	26
65	600	390	280	600	1,9	2,7	2,9	2,2	360	2,5	2,0	13
66	670	450	290	820	2,8	1,8	3,0	2,1	400	3,0	2,5	14
67	770	550	300	250	2,0	2,9	1,7	3,1	440	1,5	3,0	1
68	800	570	310	500	1,9	3,2	3,0	1,6	480	2,0	3,5	2
69	870	580	320	390	2,8	3,3	1,5	3,1	520	2,5	1,5	3
70	900	590	330	540	2,4	1,4	3,2	2,6	560	3,0	2,0	4
71	340	600	390	130	1,3	3,3	2,5	2,7	600	1,5	2,5	5

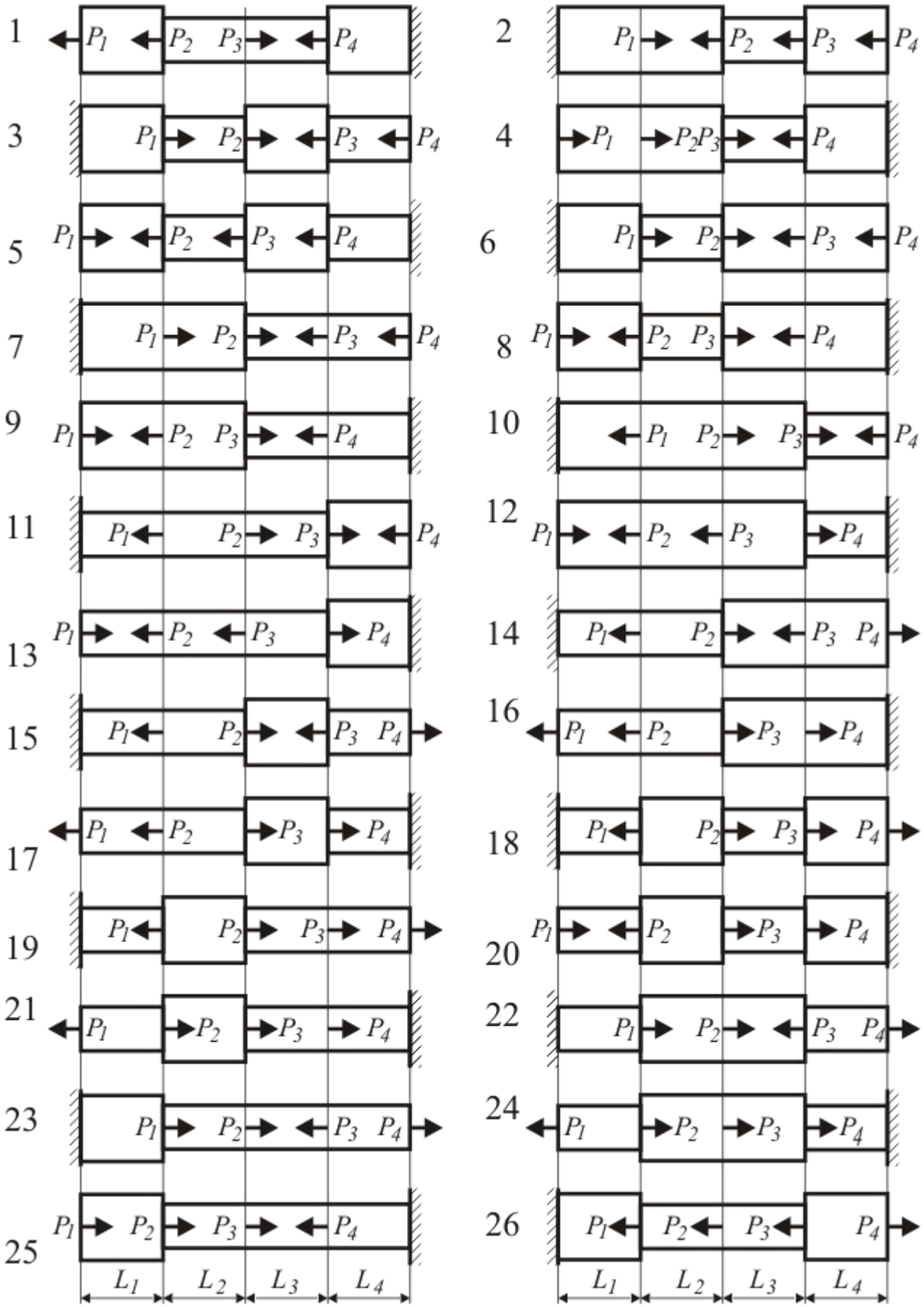


Рис. 1. Расчетная схема стержня

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 1

Стальной стержень нагружен в сечениях 1 – 4 осевыми силами $P_1 = 600$ кН, $P_2 = 900$ кН, $P_3 = 600$ кН, $P_4 = 900$ кН и заделан в сечении 5 (рис. 2, *а*). Длины участков равны: $L_1 = 0{,}75$ м, $L_2 = 1{,}25$ м, $L_3 = 1{,}75$ м, $L_4 = 2{,}25$ м. Выбрать из условия прочности площади поперечных сечений при дополнительном (конструктивно-технологическом) требовании, чтобы отношение площадей толстого и худого участков равнялось $k = S_m/S_x = 2{,}5$. Построить эпюры: осевой силы *N*; нормальных напряжений σ и продольных перемещений Δ. Модуль упругости *E* = 200000 МПа. Предел текучести стали $\sigma_m = 360$ МПа. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести $n_m = 1{,}5$.

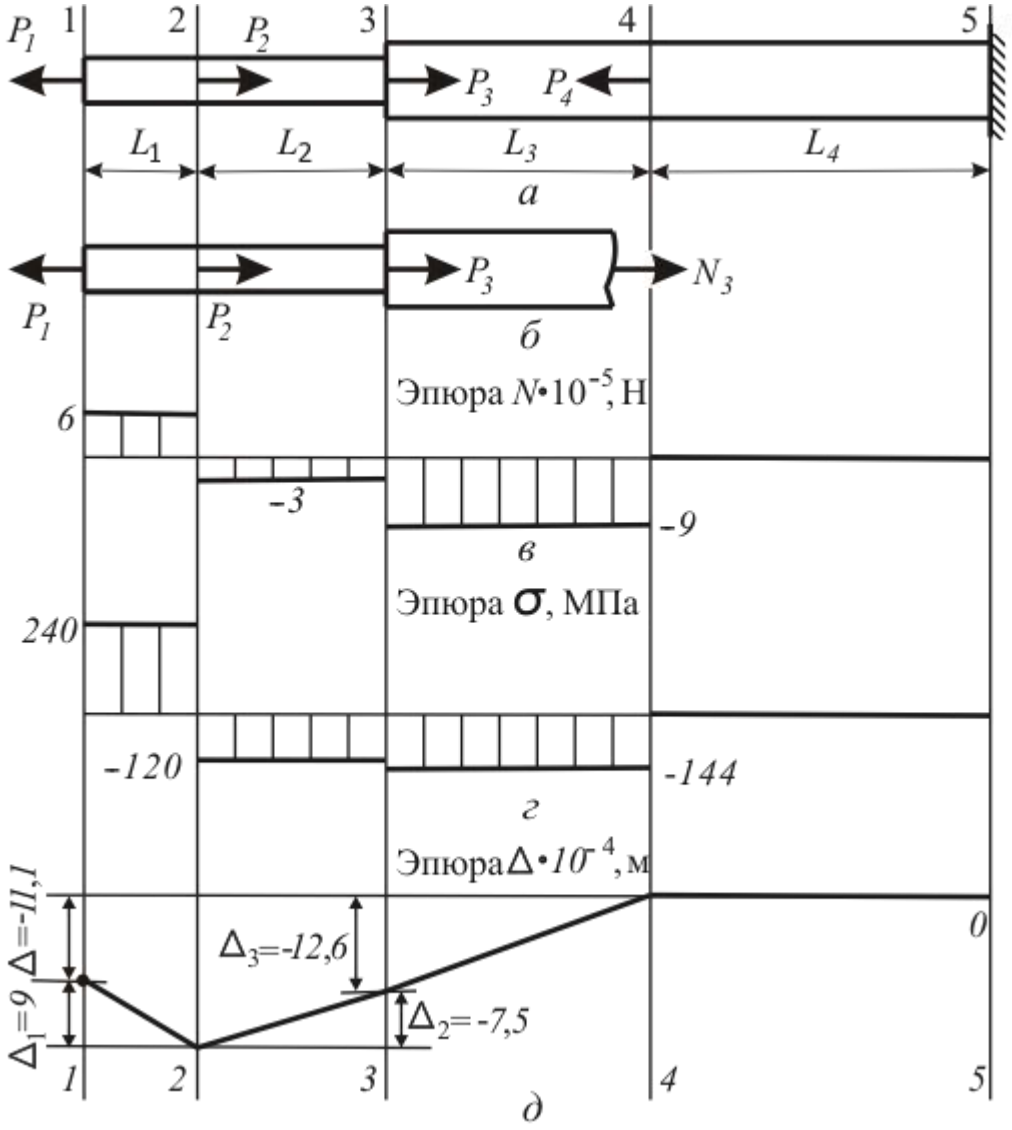


Рис. 2. Эпюры продольных сил, напряжений и перемещений

РЕШЕНИЕ

1. Силы переводим в ньютоны [Н]: $P_1 = 6 \cdot 10^5$; $N_2 = 9 \cdot 10^5$; $N_3 = 6 \cdot 10^5$; $N_4 = 9 \cdot 10^5$.

2. Модуль упругости E и предел текучести σ_m переводим в паскали [Па]:

$$E = 2 \cdot 10^{11}\,; \sigma_m = 3{,}6 \cdot 10^8.$$

3. Допускаемые напряжения [σ]:

$$[\sigma] = \sigma_m / n_m = 3{,}6 \cdot 10^8 / 1{,}5 = \ 2{,}4 \cdot 10^8 \text{ [Па]}.$$

4. Строим эпюру осевых сил методом сечений. Разрезаем стержень на участке i. Из двух полученных кусков выбираем свободный незакреплённый. В нашем случае свободен левый кусок. В разрезанном сечении прикладываем положительную растягивающую осевую силу N_i. Положительная осевая сила направлена наружу из отрезанного куска. Величину N_i находим из условия равенства нулю алгебраической суммы N_i и сил P_i, приложенных к левому куску разрезанного стержня.

Пусть $i = 3$. На левый кусок действуют силы P_1 – P_3 и осевая сила N_3, приложенная в сечении (рис. 2, *б*). Из уравнения равновесия левого куска $N_3 + P_3 + P_2 - P_1 = 0$, находим $N_3 = -P_3 - P_2 + P_1 = -6 \cdot 10^5 - 9 \cdot 10^5 + 6 \cdot 10^5 = -9 \cdot 10^5$ [Н]. Знак «минус» указывает, что сила N_3 направлена внутрь куска (в сторону, обратную изначально выбранной). Участок 3 сжат. Найденное значение осевой силы откладываем на эпюре осевых сил. Для этого: отмечаем на оси абсцисс координату сечения, через неё проводим нормаль, и на нормали откладываем в выбранном масштабе значение $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н] (рис. 2, *в*). Уравнение равновесия левого куска не зависит от положения сечения, в котором разрезан участок 3. Следовательно, осевая сила сохраняет постоянное значение в любом нормальном сечении участка 3. Через точку с ординатой $N_3 = -9 \cdot 10^5$ между вертикалями 3 и 4 проводим прямую, параллельную оси стержня.

5. Для других участков получаем: $N_1 = 6 \cdot 10^5$ [Н]; $N_2 = -3 \cdot 10^5$ [Н]; $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н]; $N_4 = 0$ [Н]. Эпюра осевых сил дана на рис. 2, *г*.

6. По эпюре осевых сил находим наибольшие по модулю осевые силы, действующие на толстом и тонком участках

$$N_m = \max\{|N_3|, N_4\} = \max\{|-9 \cdot 10^5|, 0\} = 9 \cdot 10^5 \text{ [Н]},$$
$$N_x = \max\{N_1, |N_2|\} = \max\{6 \cdot 10^5, |-3 \cdot 10^5|\} = 6 \cdot 10^5 \text{ [Н]}.$$

7. Необходимая по условию прочности площадь толстого участка

$$S_{\sigma m} = N_m / [\sigma] = \ 9 \cdot 10^5 / 2{,}4 \cdot 10^8 = 3{,}75 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^2\text{]},$$

необходимая по условию прочности площадь тонкого участка

$$S_{\sigma x} = N_x / [\sigma] = \ 6 \cdot 10^5 / 2{,}4 \cdot 10^8 = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^2\text{]}.$$

8. Выполнить конструктивные требования можно двумя способами:

способ 1: для толстого участка взять площадь $S_{\sigma m}$, необходимую по условию прочности, для тонкого участка взять площадь толстого, уменьшенную в k раз, $S_{kx} = S_{\sigma m}/k = 3{,}75 \cdot 10^{-3}/2{,}5 = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ [м^2];

способ 2: для тонкого участка взять площадь $S_{\sigma x}$, необходимую по условию прочности, для толстого участка взять площадь тонкого, увеличенную в k раз, $S_{km} = k\,S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}$ [м^2].

В первом случае площадь тонкого участка, взятая из конструктивных требований, меньше площади, необходимой по условию прочности.

$$S_{kx} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} < S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

При первом способе не выполнено условие прочности для тонкого участка. Во втором случае конструктивная площадь толстого участка больше площади, необходимой по условию прочности

$$S_{km} = k\,S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} > S_{\sigma m} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}.$$

При втором способе условие прочности выполнено. Назначаем площади

$$S_x = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ [\text{м}^2];\ S_m = 6{,}25 \cdot 10^{-3}\ [\text{м}^2].$$

9. Напряжения, действующие на участке i, определяем по формуле

$$\sigma_i = N_i/S_{x(m)}.$$

где N_i – значение осевой силы на участке i, взятое со своим знаком с эпюры N (рис. 2, *г*) ; $S_{x(m)}$ – назначенная площадь участка.

Пусть $i = 3$, $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н], $S_m = 6{,}25 \cdot 10^{-3}$ [м^2]. Напряжения равны

$$\sigma_3 = N_3/S_ж = -9 \cdot 10^5/6{,}25^{-3} = -1{,}44 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2].$$

10. На остальных участках напряжения равны:

$$\sigma_1 = N_1/S_x = 6 \cdot 10^5/(2{,}5 \cdot 10^{-3}) = 2{,}4 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2];$$
$$\sigma_2 = N_2/S_x = -3 \cdot 10^5/6{,}25^{-3} = -1{,}2 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2];$$
$$\sigma_4 = N_4/S_ж = 0/6{,}25^{-3} = 0\ [\text{Н/м}^2].$$

Эпюра напряжений построена на рис. 2, *д*.

11. Удлинение Δ_i [м] участка i определяем по формуле

$$\Delta_i = N_i\,L_i/(E\,S_{x(m)}).$$

Получаем:

$$\Delta_1 = N_1\,L_1/(E\,S_x) = 6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}) = 9{,}00 \cdot 10^{-4};$$
$$\Delta_2 = N_2\,L_2/(E\,S_x) = -3 \cdot 10^5 \cdot 1{,}25/(2 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}) = -7{,}50 \cdot 10^{-4};$$
$$\Delta_3 = N_3\,L_3/(E\,S_ж) = -9 \cdot 10^5 \cdot 1{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3}) = -1{,}26 \cdot 10^{-3};$$
$$\Delta_4 = N_4\,L_4/(E\,S_ж) = 0 \cdot 1{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3}) = 0.$$

12. Строим эпюру перемещений. Сечение 5, в котором стержень защемлён, неподвижно. Проводим ось стержня Z и отмечаем как 0 точку её пересечения с вертикалью 5. На вертикали 4 следует отложить вверх в принятом масштабе удлинение Δ_4 участка 4. Поскольку $\Delta_4 = 0$, сечение 4 не смещается. Отмечаем точку пересечения оси Z с вертикалью 4. Соединяем

жирной линией нули вертикалей 5 и 4.

Участок 3 сжался на $\Delta_3 = -1{,}26 \cdot 10^{-3}$ м. На вертикали 3 откладываем вниз из точки её пересечения с осью Z отрезок Δ_3. Соединяем конец этого отрезка с нулём вертикали 4.

Участок 2 укоротился на $\Delta_2 = -7{,}5 \cdot 10^{-4}$. На вертикали 2 из точки с ординатой Δ_3 откладываем вниз отрезок Δ_2. Ордината полученного отрезка равна $\Delta_2 + \Delta_3 = -7{,}5 \cdot 10^{-4} - 1{,}26 \cdot 10^{-3} = -2{,}01 \cdot 10^{-3}$ м. Соединяем прямой концы отрезков, отложенных на вертикалях 2 и 3.

Участок 1 удлинился на $\Delta_1 = 9{,}00 \cdot 10^{-4}$. Проектируем на вертикаль 1 отрезок, построенный на вертикали 2, из конца проекции откладываем вверх отрезок Δ_1. Длина отрезка, построенного на вертикали 1, будет $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 9 \cdot 10^{-4} - 7{,}5 \cdot 10^{-4} - 1{,}26 \cdot 10^{-3} + 0 = -1{,}11 \cdot 10^{-3}$. Соединяем между собой концы отрезков, построенных на вертикалях 1 и 2 (рис. 2, *д*).

Задача № 2. Расчёт вала на кручение и жёсткость

Стальной вал, на котором жестко закреплены 5 шкивов (рис. 3, *а*), вращается со скоростью n [об/мин]. Нумерация шкивов – слева направо. Участку вала между шкивами присвоен номер левого шкива. Участки 1 и 4 имеют одинаковое круглое поперечное сечение, участки 2 и 3 — кольцевое. Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному равно $\delta = 0{,}65$. На шкив 3 подана мощность N_3 [кВт]. Шкивы 1, 2, 4, 5 отбирают мощности (кВт): N_1, N_2, N_4, N_5. Выбрать диаметры участков стального вала из условия прочности по допускаемому касательному напряжению $[\tau]$ и условия жёсткости по допускаемому относительному углу закручивания $[\theta^\circ]$. Построить эпюру углов закручивания вала. Длины участков ($L_1 - L_4$,) в [м] заданы. Модуль сдвига стали равен $G = 80000$ МПа.

Таблица 2

Исходные данные к задаче № 2

№ п/п	n, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				$[\tau]$, МПа	$[\theta^\circ]$, $\frac{\text{град}}{\text{м}}$
			N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	L_1	L_2	L_3	L_4		
1	120	0,40	3	5	15	4	3	0,75	2,00	0,75	2,00	30	0,25
2	160	0,45	4	7	20	6	3	1,00	2,25	1,00	1,75	40	0,50
3	200	0,50	4	7	25	8	6	1,25	2,50	1,25	1,50	50	0,75
4	240	0,55	7	8	30	9	6	1,50	0,75	1,50	1,25	60	1,00
5	280	0,60	8	11	35	9	7	1,75	1,00	1,75	1,00	70	1,25
6	320	0,65	8	13	40	10	9	2,00	1,25	2,00	0,75	80	1,50
7	360	0,70	9	15	45	13	8	2,25	1,50	0,75	2,00	90	1,75
8	400	0,75	9	16	50	17	8	2,50	1,75	1,00	1,75	100	2,00
9	440	0,80	10	17	55	16	12	2,75	2,00	1,25	1,50	110	2,25
10	480	0,85	12	18	60	22	8	0,75	2,25	1,50	1,25	120	2,50
11	520	0,90	12	24	65	16	13	1,00	2,50	1,75	1,00	130	2,75
12	560	0,95	16	22	70	19	13	1,25	0,75	2,00	0,75	30	3,00
13	600	0,40	18	25	75	20	12	1,50	1,00	2,25	2,00	40	3,25
14	640	0,45	16	22	80	28	14	1,75	1,25	0,75	1,75	50	3,50
15	680	0,50	18	26	85	24	17	2,00	1,50	1,00	1,50	60	3,75
16	120	0,55	18	30	90	25	17	2,25	1,75	1,25	1,25	70	4,00
17	160	0,60	19	30	95	25	21	2,50	2,00	1,50	1,00	80	0,25
18	200	0,65	3	5	15	4	3	2,75	2,25	1,75	0,75	90	0,50
19	240	0,70	4	7	20	6	3	0,75	2,50	2,00	2,00	100	0,75
20	280	0,75	4	7	25	8	6	1,00	0,75	2,25	1,75	110	1,00
21	320	0,80	7	8	30	9	6	1,25	1,00	0,75	1,50	120	1,25
22	360	0,85	8	11	35	9	7	1,50	1,25	1,00	1,25	130	1,50
23	400	0,90	8	13	40	10	9	1,75	1,50	1,25	1,00	30	1,75
24	440	0,95	9	15	45	13	8	2,00	1,75	1,50	0,75	40	2,00
25	480	0,40	9	16	50	17	8	2,25	2,00	1,75	2,00	50	2,25
26	520	0,45	10	17	55	16	12	2,50	2,25	2,00	1,75	60	2,50

Окончание табл. 2

№ п/п	n, $\frac{об}{мин}$	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				[τ], МПа	$[\theta^{\circ}]$, $\frac{град}{м}$
			N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	L_1	L_2	L_3	L_4		
27	560	0,50	12	18	60	22	8	2,75	2,50	2,25	1,50	70	2,75
28	600	0,55	12	24	65	16	13	0,75	0,75	0,75	1,25	80	3,00
29	640	0,60	16	22	70	19	13	1,00	1,00	1,00	1,00	90	3,25
30	680	0,65	18	25	75	20	12	1,25	1,25	1,25	0,75	100	3,50
31	120	0,70	16	22	80	28	14	1,50	1,50	1,50	2,00	110	3,75
32	160	0,75	18	26	85	24	17	1,75	1,75	1,75	1,75	120	4,00
33	200	0,80	18	30	90	25	17	2,00	2,00	2,00	1,50	130	0,25
34	240	0,85	19	30	95	25	21	2,25	2,25	2,25	1,25	30	0,50
35	280	0,90	3	5	15	4	3	2,50	2,50	0,75	1,00	40	0,75
36	320	0,95	4	7	20	6	3	2,75	0,75	1,00	0,75	50	1,00
37	360	0,40	4	7	25	8	6	0,75	1,00	1,25	2,00	60	1,25
38	400	0,45	7	8	30	9	6	1,00	1,25	1,50	1,75	70	1,50
39	440	0,50	8	11	35	9	7	1,25	1,50	1,75	1,50	80	1,75
40	480	0,55	8	13	40	10	9	1,50	1,75	2,00	1,25	90	2,00
41	520	0,60	9	15	45	13	8	1,75	2,00	2,25	1,00	100	2,25
42	560	0,65	9	16	50	17	8	2,00	2,25	0,75	0,75	110	2,50
43	600	0,70	10	17	55	16	12	2,25	2,50	1,00	2,00	120	2,75
44	640	0,75	12	18	60	22	8	2,50	0,75	1,25	1,75	130	3,00
45	680	0,80	12	24	65	16	13	2,75	1,00	1,50	1,50	30	3,25
46	120	0,85	16	22	70	19	13	0,75	1,25	1,75	1,25	40	3,50
47	160	0,90	18	25	75	20	12	1,00	1,50	2,00	1,00	50	3,75
48	200	0,95	16	22	80	28	14	1,25	1,75	2,25	0,75	60	4,00
49	240	0,40	18	26	85	24	17	1,50	2,00	0,75	2,00	70	0,25
50	280	0,45	18	30	90	25	17	1,75	2,25	1,00	1,75	80	0,50
51	320	0,50	19	30	95	25	21	2,00	2,50	1,25	1,50	90	0,75
52	360	0,55	3	5	15	4	3	2,25	0,75	1,50	1,25	100	1,00
53	400	0,60	4	7	20	6	3	2,50	1,00	1,75	1,00	110	1,25
54	440	0,65	4	7	25	8	6	2,75	1,25	2,00	0,75	120	1,50
55	480	0,70	7	8	30	9	6	0,75	1,50	2,25	2,00	130	1,75
56	520	0,75	8	11	35	9	7	1,00	1,75	0,75	1,75	30	2,00
57	560	0,80	8	13	40	10	9	1,25	2,00	1,00	1,50	40	2,25
58	600	0,85	9	15	45	13	8	1,50	2,25	1,25	1,25	50	2,50
59	640	0,90	9	16	50	17	8	1,75	2,50	1,50	1,00	60	2,75
60	680	0,95	10	17	55	16	12	2,00	0,75	1,75	0,75	70	3,00
61	120	0,40	13	22	60	16	9	2,00	2,25	1,00	2,25	80	3,25
62	160	0,45	11	21	65	23	10	1,75	2,50	1,25	0,75	90	3,50
63	200	0,50	15	19	70	23	13	1,50	2,75	1,50	1,00	100	3,75
64	240	0,55	14	21	75	25	15	1,25	0,75	1,75	1,25	110	4,00

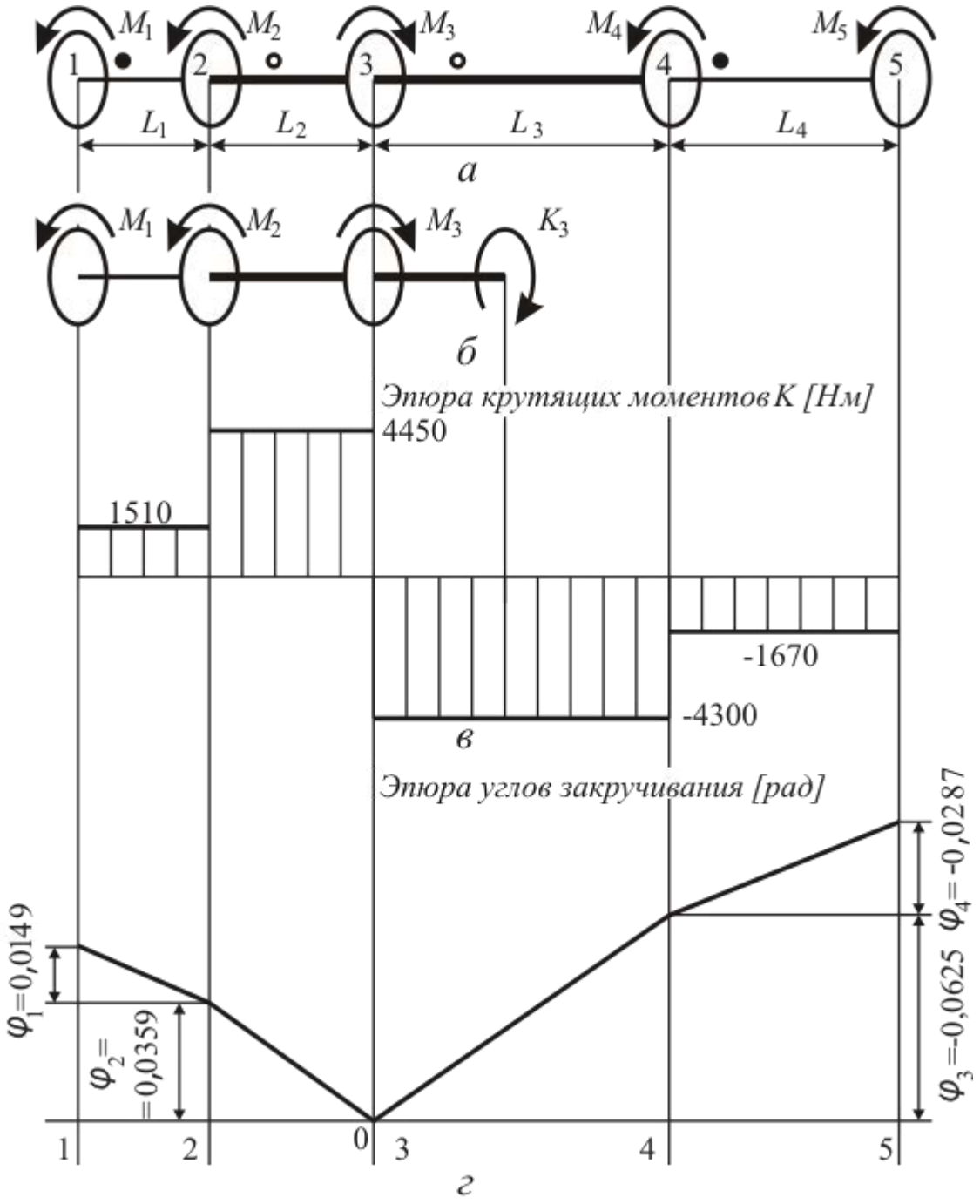


Рис. 3. Расчетная схема вала, эпюры момента и углов закручивания

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 2

Стальной вал, несущий 5 шкивов (см.рис. 3, *а*), вращается со скоростью $n = 360$ об/мин. Шкивы пронумерованы слева направо. Участку вала между шкивами присвоен номер левого шкива. Участки 1 и 4 имеют одинаковое круглое сечение, участки 2 и 3 — кольцевое. Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному равно $\delta = 0{,}65$. На шкив 3 подана мощность $N_3 = 110$ кВт. Шкивы 1, 2, 4, 5 отбирают мощности [кВт]: $N_1 = 19$, $N_2 = 37$, $N_4 = 33$, $N_5 = 21$. Выбрать диаметры участков вала из условий прочности и жёсткости, если допускаемые касательные напряжения $[\tau] = 70$ МПа, а допускаемый

относительный угол закручивания $[\theta^{\circ}] = 1{,}75$ град/м. Построить эпюру углов закручивания вала. Длины участков [м]: $L_1 = 1{,}00$; $L_2 = 1{,}25$; $L_3 = 2{,}25$; $L_4 = 1{,}75$. Модуль сдвига стали $G = 80000$ МПа.

РЕШЕНИЕ

1. Мощности переводим в ватты [Вт]: $N_1 = 1{,}9 \cdot 10^4$; $N_2 = 3{,}7 \cdot 10^4$; $N_3 = 1{,}1 \cdot 10^5$; $N_4 = 3{,}3 \cdot 10^4$; $N_5 = 2{,}1 \cdot 10^4$.

2. Модуль сдвига G и допускаемые касательные напряжения $[\tau]$ переводим в паскали [Па]: $G = 8 \cdot 10^{10}$; $[\tau] = 7 \cdot 10^7$.

3. Допускаемый относительный угол закручивания $[\theta^{\circ}]$ задаём в [рад/м]

$$[\theta] = \pi/180\ [\theta^{\circ}] = 3{,}14/180 \cdot 1{,}75 = 0{,}0305.$$

4. Угловая скорость вала:

$$\omega = 2\pi n/60 = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 360/60 = 12{,}6 \text{ [рад/с]}.$$

5.Моменты [Н · м], приложенные к шкивам, находим по формуле

$$M_i = N_i/\omega,\ (i = 1,2,\ldots,5).$$

Получаем: $M_1 = 1510$, $M_2 = 2940$, $M_3 = -8750$, $M_4 = 2630$, $M_5 = 1670$.

6.Строим эпюру крутящих моментов методом сечений. Разрезаем вал на участке i, выбираем левый кусок и прикладываем в разрезанном сечении крутящий момент K_i, вращающий вал по ходу стрелок часов. Величину K_i находим из условия равенства нулю алгебраической суммы момента K_i и моментов M_i, приложенных к шкивам, находящимся на левом куске вала.

Пусть $i = 3$. На левый кусок действуют момент K_3 и моменты $M_1 - M_3$, приложенные к шкивам 1 – 3 (рис. 3, *б*). Из уравнения равновесия куска

$$K_3 + M_3 - M_2 - M_1 = 0$$

получаем

$$K_3 = -M_3 + M_2 + M_1 = -8750 + 2940 + 1510 = -4300..\text{Н} \cdot \text{м}].$$

Найденное значение крутящего момента откладываем на эпюре крутящих моментов K. Для этого отмечаем на оси абсцисс координату сечения и из отмеченной точки откладываем вниз перпендикулярно оси (в выбранном масштабе) значение $K_3 = -4300$. Участок 3 разрезан произвольно, поэтому полученный результат справедлив для любого выбранного на участке 3 сечения. Между вертикалями 3 и 4 через построенную точку K_3 проводим прямую, параллельную оси вала (рис. 3, *в*).

7. Расчётный момент для подбора диаметра круглого вала из условия прочности..$M_к = \max\{K_1, |K_4|\} = \max\{1510, |-1670|\} = 1670$..[Н· м].

Расчётный момент для подбора диаметра кольцевого вала из условия прочности..$M_m = \max\{K_2, |K_3|\} = \max\{4450, |-4300|\} = 4450$ [Н· м].

8. Диаметр круглого вала из условия прочности

$$D_{к\tau} = \sqrt[3]{16\,M_к/(\pi\,[\tau])} = (16\cdot 1670/(3{,}14\cdot 7\cdot 10^7))^{1/3} = 0{,}0576\,[\text{м}].$$

9.Диаметр круглого вала из условия жёсткости

$$D_{к\theta} = \sqrt[4]{32\,M_к/(\pi\,G\,[\theta])} = \sqrt[4]{32\cdot/(3{,}14\cdot 8\cdot 10^{10}\cdot 0{,}0305} = 0{,}0575[\text{м}].$$

Выбираем большее из чисел $D_{к\tau}$ и $D_{к\theta}$, переводим в миллиметры и округляем в большую сторону до стандартного (кратного 5 мм) значения. $D_{к\tau}\cdot 10^3 = 0{,}0576\cdot 10^3 < 60$ мм. Диаметр участков 1 и 4 выбираем равным $D_к = 60{,}0\,[\text{мм}] = 0{,}06\,[\text{м}]$.

10. Ищем полярный момент инерции круглого вала

$$J_{рк} = \pi\,D_к^4/32 = 3{,}14\cdot 0{,}06^4/32 = 1{,}27\cdot 10^{-6}[\text{м}^4].$$

11. Вычисляем углы закручивания [рад] участков 1 и 4 по формуле

$$\varphi_i = M_i\cdot L_i/(G\cdot J_{рк}),\quad (i = 1{,}4).$$

Получаем:

$$\varphi_1 = M_i\cdot L_i/(G\cdot J_{рк}) = 1510\cdot 1{,}00/(8\cdot 10^{10}\cdot 1{,}27\cdot 10^{-6}) = 0{,}0149,$$
$$\varphi_4 = M_1\cdot L_1/(G\cdot J_{рк}) = -1670\cdot 1{,}75/(8\cdot 10^{10}\cdot 1{,}27\cdot 10^{-6}) = -0{,}0287.$$

12. Диаметр вала кольцевого сечения из условия прочности

$$D_{m\tau} = \sqrt[3]{16\,M_m/\left(\pi\,[\tau]\left(1-\delta^4\right)\right)} =$$
$$= \left(16\cdot 4450/\left(3{,}14\cdot 7\cdot 10^7\cdot(1-0{,}65^4)\right)\right)^{1/3} = 0{,}0687\,[\text{м}].$$

13. Диаметр вала кольцевого сечения из условия жёсткости:

$$D_{m\theta} = \sqrt[4]{32\,M_m/\left(\pi\,G[\theta]\left(1-\delta^4\right)\right)} =$$
$$= \sqrt[4]{32\cdot 4450/\left(3{,}14\cdot 8\cdot 10^{10}\cdot 0{,}0305\cdot(1-0{,}65^4)\right)} = 0{,}0689\ [\text{м}].$$

14. Большее из значений $D_{m\tau}$ и $D_{m\theta}$ переводим в миллиметры и округляем в большую сторону до стандартного (кратного 5 мм) значения. $D_{m\theta}\cdot 1000 = 0{,}0689\cdot 1000 = 68{,}9 < 70$ мм. Наружный диаметр вала кольцевого сечения назначаем равным $D_m = 70{,}0\,[\text{мм}] = 0{,}07\,[\text{м}]$.

15. Внутренний диаметр кольцевого сечения вала

$$d_m = \delta\,D_m = 0{,}65\cdot 0{,}07 = 0{,}0455\,[\text{мм}].$$

16. Ищем полярный момент инерции кольцевого сечения

$$J_{pm} = \pi\,D_m^4\,(1-\delta^4)/32 = 3{,}14\cdot 0{,}07^4\cdot(1-0{,}65^4)/32 = 1{,}94\cdot 10^{-6}\,[\text{м}^4].$$

17. Вычисляем углы закручивания [рад] участков 2 и 3:

$$\varphi_2 = M_2 \cdot L_2/(G \cdot J_{p\,кр}) = 4450 \cdot 1{,}25/(8 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}94 \cdot 10^{-6}) = 0{,}0359;$$
$$\varphi_3 = M_3 \cdot L_3/(G \cdot J_{p\,кр}) = -4300 \cdot 2{,}25/(8 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}94 \cdot 10^{-6}) = -0{,}0625.$$

18. Строим эпюру углов закручивания вала. Вал равномерно вращается. Ведущий шкив 3 считаем условно неподвижным. Проводим ось вала Z и точку её пересечения с вертикалью 3 отмечаем как 0.

На вертикали 2 откладываем вверх в принятом масштабе величину φ_2. Соединяем прямой линией точки с ординатами 0 и φ_2. На этот угол повернулся шкив 2 относительно ведущего шкива 3. Вместе со шкивом 2 на тот же угол повернулся как целое участок 1 – 2 вала со шкивом 1.

Поворот шкива 1 относительно ведущего шкива 3 складывается из поворота участка вала 1 – 2 как жёсткого целого плюс поворот из-за деформации участка 1 – 2. Проектируем на вертикаль 1 отрезок φ_2 и из его конца откладываем отрезок φ_1. Расстояние $\varphi_1 + \varphi_2$ от оси Z до конца суммарного отрезка, построенного на вертикали 1, пропорционально углу поворота шкива 1 относительно шкива 3. Концы отрезков, построенных на вертикалях 1 и 2, соединяем прямой.

Построение углов поворота дисков 4 и 5 относительно диска 3 подобно приведённому. На вертикали 4 откладываем вниз отрезок φ_3 – пропорциональный углу закручивания участка 3 – 4 вала. Конец этого отрезка соединяем прямой с нулём вертикали 3. Проектируем отрезок φ_3 на вертикаль 5 и из конца проекции откладываем вниз отрезок φ_4, пропорциональный углу закручивания участка 4 – 5 вала. Отрезок $\varphi_3 + \varphi_4$ представляет угол поворота шкива 5 относительно ведущего шкива 3. Концы отрезков на вертикалях 4 и 5 соединяем прямой. Эпюра углов закручивания вала дана на рис. 3, *г*.

Задача № 3. Расчёт балки на прочность при изгибе

Двутавровая балка закреплена на двух опорах: подвижной в осевом направлении – правой и неподвижной – левой (рис. 4.1 – 4.4). Балка нагружена сосредоточенной нагрузкой P, изгибающим моментом M и равномерно распределенной нагрузкой q. Балка работает на изгиб. Построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и по заданным допускаемым напряжениям [σ] подобрать стандартный двутавр и брус прямоугольного сечения с соотношением сторон 1:2 (высота в 2 раза больше ширины). Сравнить массы 1 м двутавра и прямоугольного бруса.

Таблица 3

Исходные данные к задаче № 3

Номер схемы	Нагрузка			Длина участка, м				[σ], МПа
	P, кН	M, кН · м	q, кН/м	L_0	L_1	L_2	L_3	
1	75,0	125	20	0	2,0	1,4	1,3	200
2	65,0	215	60	0	3,1	2,2	1,5	240
3	60,0	130	40	0	2,4	3,0	2,3	280
4	80,0	220	24	0	2,6	2,9	1,7	320
5	90,0	135	56	0	2,8	1,8	2,5	360
6	95,0	225	38	0	2,9	2,6	2,7	400
7	95,0	140	28	0	2,7	2,0	2,6	440
8	85,0	220	52	0	2,5	2,8	2,1	480
9	90,0	145	36	0	2,6	2,4	2,9	520
10	35,0	215	32	0	2,7	2,3	2,3	560
11	82,0	150	48	0	2,2	2,4	3,1	600
12	38,0	210	34	0	2,5	3,2	2,1	640
13	96,0	155	36	0	3,3	2,6	2,0	680
14	36,0	205	44	0	2,4	1,4	2,7	200
15	70,0	160	32	0	2,5	1,8	1,5	240
16	46,0	200	40	0	2,6	1,7	2,9	280
17	68,0	165	40	0	2,6	3,0	1,7	320
18	67,0	195	30	0	3,1	1,8	1,5	360
19	38,0	170	44	0	2,9	3,2	1,4	400
20	43,0	215	56	0	2,9	2,8	3,0	240
21	76,0	175	28	0	2,2	3,3	2,1	480
22	32,0	185	48	0	2,2	3,2	1,5	520
23	39,0	180	32	0	2,3	1,6	2,3	560
24	91,0	225	26	0	2,7	2,4	3,0	600
25	68,0	125	52	0	2,5	2,6	2,5	640
26	66,0	220	26	0	2,6	2,7	3,2	680
27	45,0	130	24	0	2,5	2,4	1,5	200
28	43,0	215	56	0	2,9	2,8	3,0	240
29	52,0	135	22	0	2,3	2,4	1,7	280
30	69,0	210	22	0	2,7	2,0	3,0	320
31	86,0	140	60	0	3,1	1,6	2,9	360

Окончание табл. 3

Номер схемы	Нагрузка			Длина участка, м				[σ], МПа
	P, кН	M, кН · м	q, кН/м	L_0	L_1	L_2	L_3	
32	99,0	205	18	1,6	3,5	2,1	2,6	400
33	30,0	145	20	1,8	2,9	2,7	2,1	440
34	90,0	200	58	2,0	2,3	2,1	2,4	480
35	36,0	150	60	2,2	2,5	1,6	2,3	520
36	94,0	195	40	2,4	2,8	2,5	2,5	560
37	99,0	155	54	2,6	2,7	2,4	1,8	600
38	65,0	190	55	2,8	3,0	1,7	2,3	640
39	87,0	160	42	3,0	2,6	1,6	2,6	680
40	58,0	185	50	3,0	2,8	2,1	2,3	200
41	72,0	165	50	2,8	2,5	2,4	2,5	240
42	24,0	180	44	2,6	1,9	2,4	2,3	280
43	70,0	170	46	2,4	2,0	3,1	2,7	320
44	46,0	175	45	2,2	2,4	2,1	2,0	360
45	45,0	175	46	2,0	3,2	2,2	2,2	400
46	87,0	165	42	1,8	3,0	1,4	1,8	440
47	37,0	180	40	1,6	2,2	1,7	3,2	480
48	89,0	160	48	1,6	2,2	2,4	1,9	520
49	35,0	185	38	1,8	2,7	2,3	2,9	560
50	71,0	155	35	2,0	2,5	2,6	1,3	600
51	90,0	190	50	2,2	2,4	2,7	1,9	640
52	86,0	150	34	2,4	2,8	2,0	2,7	680
53	52,0	195	30	2,6	2,9	2,7	2,3	200
54	83,0	145	52	2,8	2,8	1,8	2,6	240
55	72,0	200	30	3,0	2,0	2,9	3,0	280
56	82,0	140	25	3,0	2,9	3,2	3,5	320
57	98,0	205	54	2,8	2,8	3,3	3,6	360
58	47,0	135	26	2,6	2,4	1,4	2,7	400
59	82,0	210	22	2,4	2,3	3,3	1,9	440
60	65,0	130	30	3,2	2,5	1,7	2,3	480
61	46,0	175	26	2,6	2,4	1,9	2,1	520
62	69,0	140	45	2,0	2,4	2,2	1,4	560
63	34,0	200	38	2,2	2,8	2,6	1,8	600
64	68	215	32	1,8	3,0	2,4	1,8	640

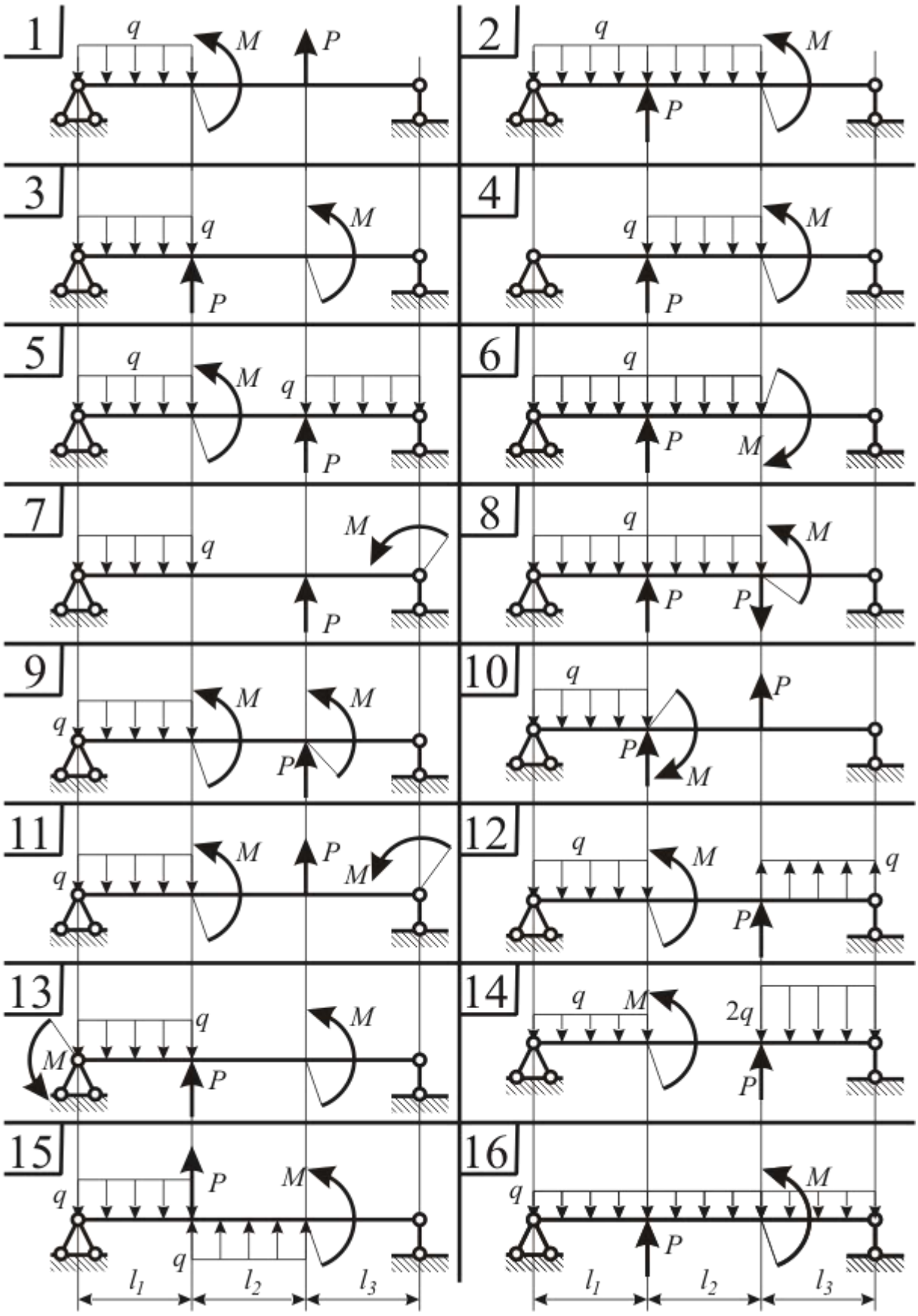


Рис. 4.1. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 1 - 16

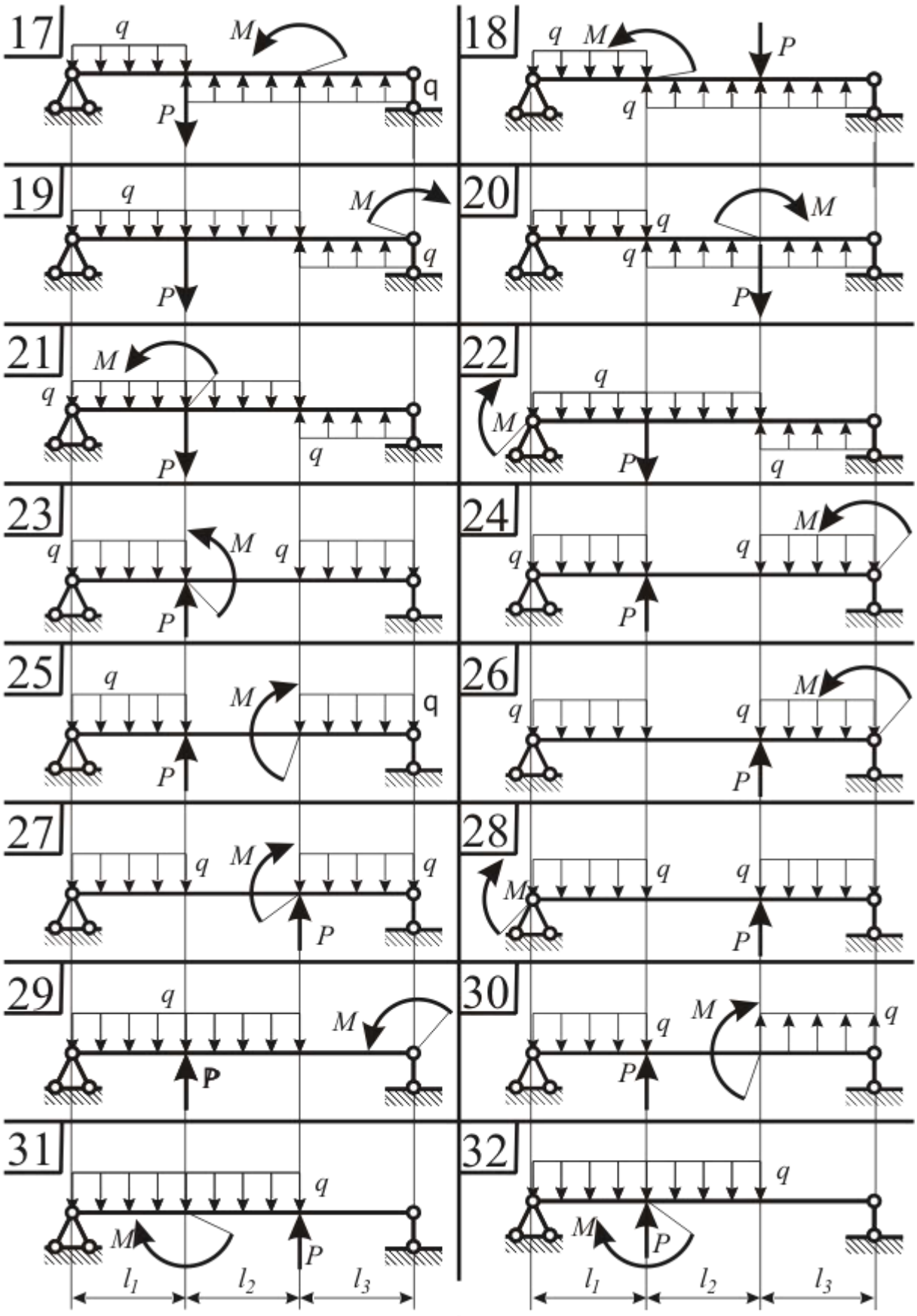


Рис. 4.2. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 17 - 32

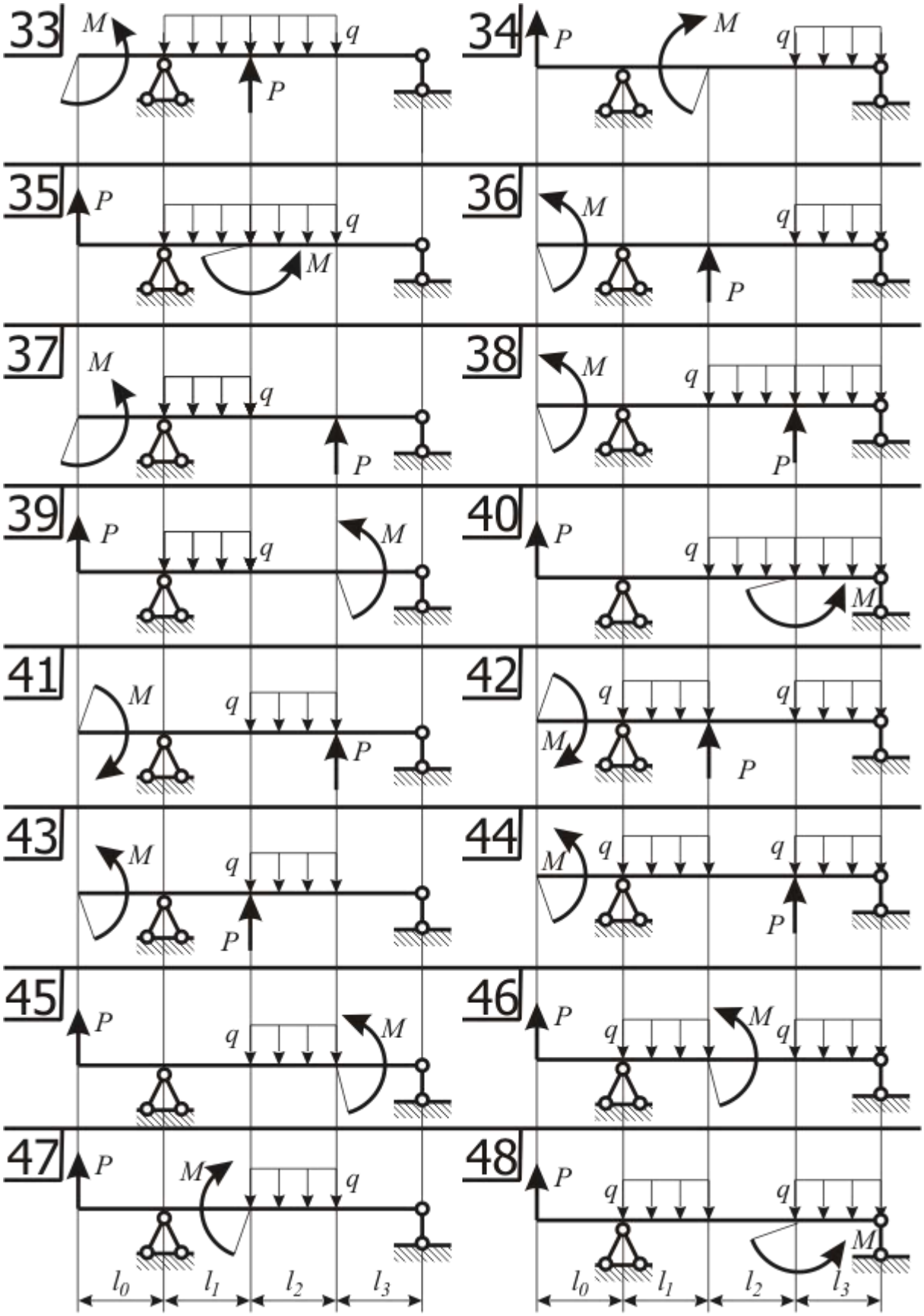


Рис. 4.3. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 33 - 48

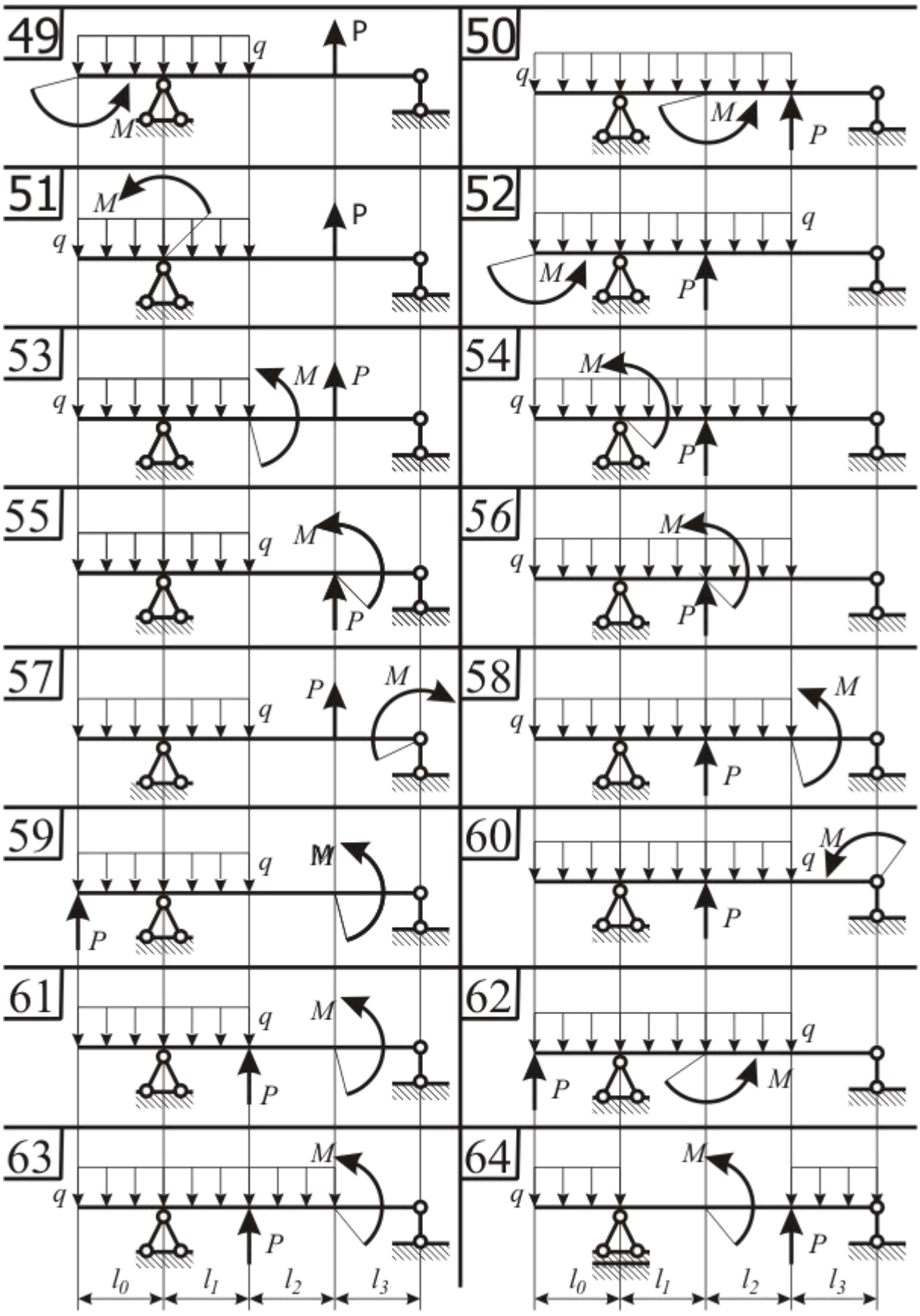


Рис. 4.4. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 49 - 64

Задача № 4. Расчёт балки на жёсткость

Двутавровая балка закреплена на двух опорах: подвижной в осевом направлении – правой и неподвижной – левой (рис. 4.1 – 4.4). Балка нагружена сосредоточенной силой P, изгибающим моментом M и равномерно распределенной нагрузкой q. Балка работает на изгиб. По результатам расчетов задачи № 3, т. е. известному моменту инерции двутавровой балки, построить её изогнутую ось. Прогибы и углы поворота сечения балки определять в точках приложения сил реакций и внешних сил, моментов и по середине пролета, в котором приложена распределенная нагрузка. Найти максимальный прогиб и сравнить с допускаемым, который принят равным 1/200 длины максимального пролета (длины консоли или расстояния между опорами). Расчет производить методом начальных параметров. Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 3.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ № 3 и 4

Стальная двутавровая балка (рис. 4.5), шарнирно опёртая в крайних сечениях 1 и 5, нагружена: силами $P_1 = 40$ [кН], $P_2 = 40$ [кН], приложенными в сечениях 2, 3; изгибающим моментом $M = 50$ [кН·м], приложенным в сечении 4; нагрузкой интенсивности $q = 20$ [кН/м], равномерно распределённой на участке 1 – 4. Сечения, в которых приложены нагрузки, разбивают балку на 4 участка. Номер участка совпадает с номером левого сечения. Длины участков: $l_1 = 2$ [м], $l_2 = 2{,}5$ [м], $l_3 = 3{,}5$ [м], l_4= 3[м]. Допускаемое напряжение $[\sigma] = 200$ [МПа]. Подобрать из условия прочности двутавр по ГОСТ 8239-89.

Допустимый прогиб $L/200$, где $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 11$ [м] – длина пролёта. Найти упругую линию балки. Сравнить максимальный прогиб с допускаемым.

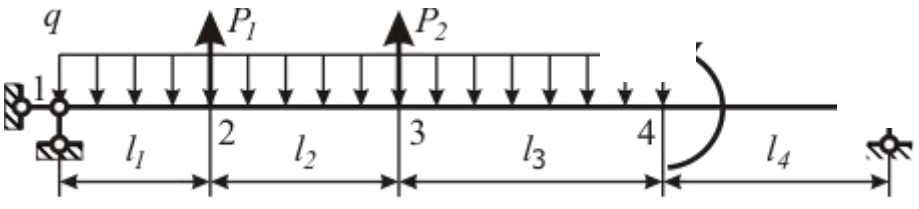


Рис. 4.5. Схема нагружения однопролетной балки

РЕШЕНИЕ

1. Находим опорные реакции из уравнений моментов относительно опор: $\sum mom_1 = 0;\ \ \sum mom_5 = 0.$ Положительное направление реакций определяется правилом знаков (рис. 4.6).

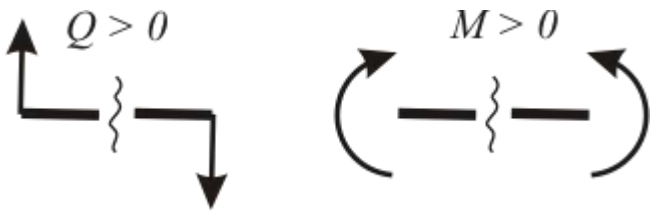


Рис. 4.6. Правило знаков для внутренних силовых факторов

Выбранные направления реакций показаны на рис. 4.7, *б*. Если получено отрицательное значение реакции, то её истинное направление противоположно выбранному.

$$R_5 L - q\,(l_1 + l_2 + l_3)^2/2 + P_1 l_1 + P_2(l_1 + l_2) + M = 0;$$
$$-R_1 L + q\,(l_1 + l_2 + l_3)((l_1 + l_2 + l_3)/2 + l_4) - P_1(l_2 + l_3 + l_4) - $$
$$-P_2(l_3 + l_4) + M = 0.$$

Решая уравнения, получаем:

$$R_5 = 1/L\ (q\ (l_1 + l_2 + l_3)^2/2 - P_1 l_1 - P_2\ (l_1 + l_2) - M) =$$
$$= 1/11\ \ (20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)^2/2) - 40 \cdot 2 - 40\ \ (2 + 2{,}5) - 50)\ =\ 30\ \text{[кН]};$$
$$R_1 = 1/L\ (q\ (l_1 + l_2 + l_3)\ ((l_1 + l_2 + l_3)/2 + l_4) -$$
$$-P_1\ (l_2 + l_3 + l_4) - P_2\ (l_3 + l_4) + M) =$$
$$= 1/11\,(20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)\ \ ((2 + 2{,}5 + 3{,}5)/2 + 3) -$$
$$-40\,(2{,}5 + 3{,}5 + 3) - 40\,(3{,}5 + 3) + 50) = 50\ \text{[кН]}.$$

2. Проверка – обязательный этап. Для проверки составляем уравнение моментов относительно любой точки или (что проще, но не всегда гарантирует правильность вычислений) уравнение суммы проекций всех сил на вертикаль. Запишем сумму моментов относительно точки 4:

$$\sum mom_4 = -R_0\ (l_0 + l_1 + l_2) -$$
$$-P_1\ \ (l_1 + l_2) - P_2 l_2 + q\ \ (l_0 + l_1 + l_2)^2/2 + M + R_4 l_3 =$$
$$= -50\,(2 + 2{,}5 + 3{,}5) - 40\,(2{,}5 + 3{,}5) - 40 \cdot 3{,}5 +$$
$$+20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)^2/2 + 50 + 30 \cdot 3 = 0\ .$$

3. Строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Границами участков являются точки, в которых приложены силы и моменты, или начинаются участки с распределённой нагрузкой. Если участок разрезать в произвольной точке, полученный результат будет справедлив для любой точки сечения (по граничным точкам разрезать балку нельзя). Внешние нагрузки, приложенные к балке, и опорные реакции образуют уравновешенную систему сил. Разрезав балку, получим два куска, каждый из которых нагружен неуравновешенной системой сил. Мысленное разрезание не может нарушить равновесия кусков. Равновесие обеспечивают внутренние силы и моменты, действующие в разрезах. По третьему закону Ньютона силы, приложенные к полученным кускам, равны по величине и направлены в разные стороны.

Величины находим из условий равновесия любого из кусков. Для этого составляем сумму проекций нагрузок на вертикаль и сумму моментов нагрузок, приложенных к куску, относительно центра масс разреза.

3.1. Участок 4 (рис. 4.7, *в*). Рассматриваем равновесие правого куска. Правило знаков дано на рис. 4.6. Координату сечения отсчитываем от точки 4 (которая является границей разрезанного участка на правом куске). При этом выборе точки отсчёта координата сечения меняется в пределах длины исследуемого участка ($0 \le z_4 \le l_4 = 3$ [м]).

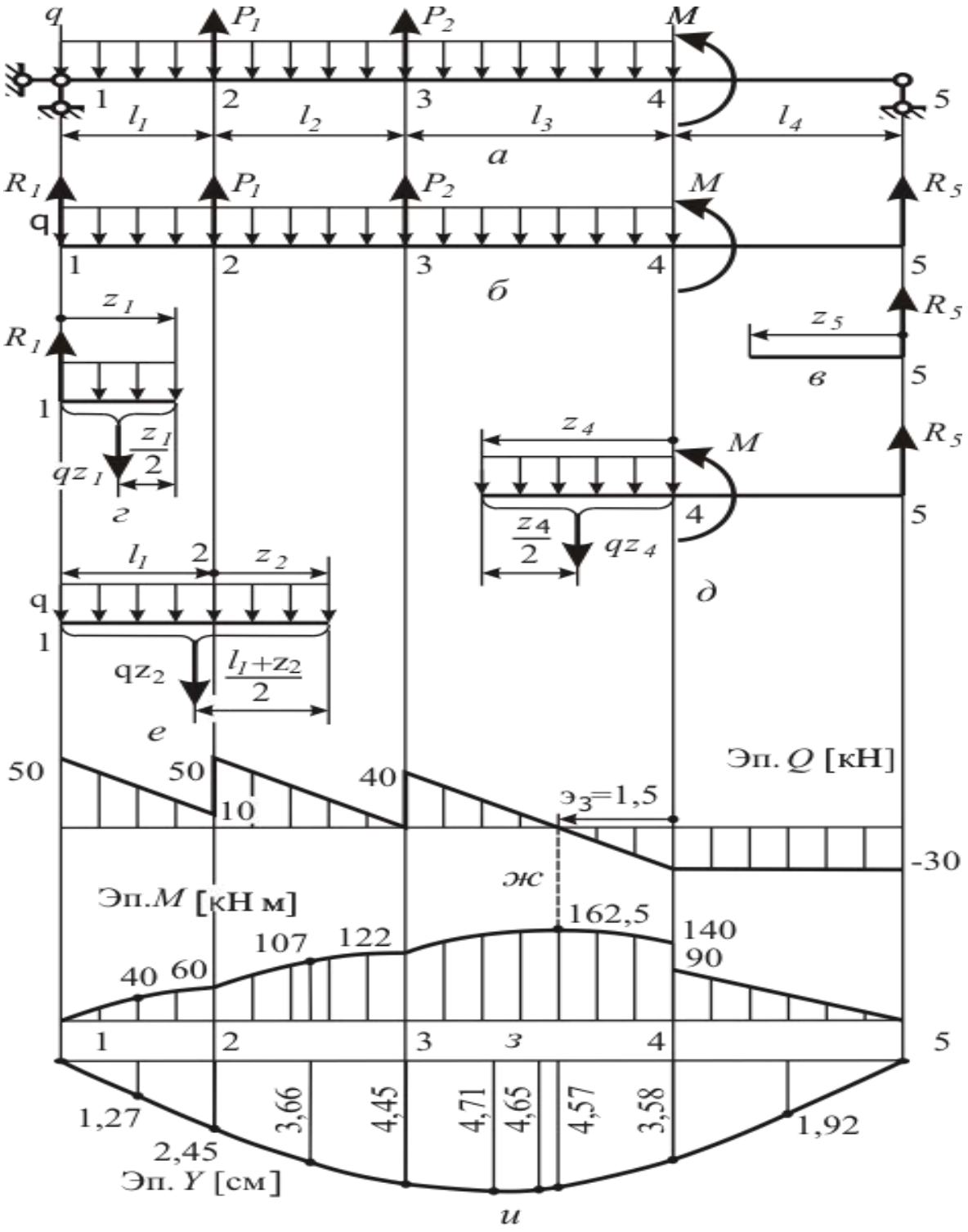


Рис. 4.7. Изгиб балки. Эпюры Q, M, Y

Получаем $Q_4(z_5) = -R_5$. Поперечная сила постоянна вдоль участка 4 (рис. 4.7, *ж*).

Изгибающий момент $M_4(z_5) = R_5\, z_5$. Он является линейной функцией координаты z_5. Вычисляем значения в начале и конце участка 4: $M_4(0) = R_5 \cdot 0 = 0$; $M_4(l_4) = R_5\, l_4 = 30 \cdot 3 = 90$ [кН·м]. Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.2. Участок 1 (рис. 4.7, *г*). Рассматриваем равновесие левого куска. Правило знаков дано на рис. 4.6. Расстояние до разреза (координату сечения) отсчитываем от точки 1 ($0 \le z_1 \le l_1 = 2$ [м]). Получаем $Q_1(z_1) = R_1 - q\, z_1$. Поперечная сила меняется по линейному закону вдоль участка 1 (рис. 4.7, *ж*). Находим значения $Q_1(z_1)$ в начале и в конце участка

$$Q_1(0) = R_0 - q \cdot 0 = 50 \text{ [кН]};$$
$$Q_1(l_0) = R_0 - q\ l_0 = 50 - 20 \cdot 2 = 10 \text{ [кН]}.$$

Значение $z_0 = e_1$, при котором поперечная сила равна 0, находим решая уравнение $Q_1(e_1) = R_1 - q\, e_1 = 0$. Получим: $e_1 = R_1/q = 50/2 = 2{,}5$ [м]. Корень лежит вне участка 1. Функция $Q_1(z_1)$ не обращается в нуль на этом участке.

Изгибающий момент на участке 1 равен $M_1(z_1) = R_1 z_1 - q\, z_1^2/2$. Момент $M_1(z_1)$ является квадратичной функцией координаты z_1. Кривые вычерчивают по трём точкам. Вычисляем значения в начале и конце участка:

$$M_1(0) = R_1 0 - q\, 0^2/2 = 0;$$
$$M_1(l_1) = R_1 l_1 - q\, l_1^2/2 = 50 \cdot 2 - 20 \cdot 2^2/2 = 60 \text{ [кН·м]}.$$

В качестве третьей точки берут точку участка 1, в которой поперечная сила обращается в нуль. Если $Q_1 \ne 0$ на участке 1, ищем момент посередине участка: $M_1(l_1/2) = R_1\, l_1/2 - q\, (l_1/2)^2/2 = 50 \cdot 1 - 20 \cdot 1^2/2 = 40$ [кН·м]. Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.3. Участок 3 (рис. 4.7, *д*). Разрезаем балку между сечениями 3 и 4. Рассматриваем равновесие правого куска балки. Расстояние до разреза отсчитываем от точки 4 (которая ограничивает участок 3 справа). При этом ($0 \le z_4 \le l_3 = 3{,}5$ [м]).

Поперечная сила $Q_3(z_4)$ изменяется вдоль участка 3 (рис. 4.7, *ж*) по линейному закону $Q_3(z_4) = -R_5 + q\ z_4$. На концах участка 3 получаем: $Q_3(0) = -R_5 + q \cdot 0 = -30$; $Q_3(l_3) = -R_5 + q\ l_3 = -30 + 20 \cdot 3{,}5 = 40$ кН. Поперечная сила Q_3 обращается в нуль в точке $e_3 = R_5/q = 30/20 = 1{,}5$ м.

Изгибающий момент на участке 3 равен

$$M_3(z_4) = M + R_5(z_4 + l_4) - q\, z_4^2/2.$$

Находим значения изгибающего момента на концах участка и в точке e_3:

$$M_3(0) = M + R_4(0 + l_4) - q\ \cdot 0^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ (0 + 3) - 20 \cdot 0^2/2 = 140 \text{ [кН·м]};$$
$$M_3(l_3) = M + R_4(l_3 + l_4) - q\, l_3^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ \ (3{,}5 + 3) - 20 \cdot 3{,}5^2/2 = 122 \text{ [кН·м]};$$

$$M_3(e_3) = M + R_4(e_3 + l_4) - q\ (e_3)^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ (1{,}5 + 3) - 20 \cdot 1{,}5^2/2 = 162{,}5\ [\text{кН}\cdot\text{м}].$$

Момент в середине участка 3 практически не отличается от экстремального:

$$M_3(l_3/2) = M + R_4(l_3/2 + l_4) - q\ \ (l_3/2)^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ \ (1{,}75 + 3) - 20 \cdot 1{,}75^2/2 = 161{,}9\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.4. Участок 2 (рис. 4.7, *е*). Режем балку в любой точке, лежащей между точками 2 и 3. Рассматриваем равновесие левого куска. Расстояние до разреза (координату z_2) отсчитываем от точки 2 (границы участка на левом куске). При этом $0 \le z_2 \le l_2 = 2{,}5$ [м].

Поперечная сила $Q_2(z_2)$ меняется вдоль участка 2 (см. рис. 3.8, *ж*) по закону $Q_2(z_2) = R_1 + P_1 - q\ (l_1 + z_2)$.

Её значения на концах участка равны

$$Q_2(0) = R_1 + P_1 - q\ (l_1 + 0) = 50 + 40 - 20 \cdot 2 = 50[\text{кН}];$$
$$Q_2(l_2) = R_1 + P_1 - q\ (l_1 + l_2) = 50 + 40 - 20 \cdot (2 + 2{,}5) = 0[\text{кН}].$$

Поперечная сила $Q_2(z_2)$ обращается в нуль на правой границе участка 2:

$$e_2 = l_2 = 2{,}5\ [\text{м}].$$

Изгибающий момент $M_2(z_2)$ в точке z_2 участка 2 находим по формуле

$$M_2(z_2) = R_1 \cdot (z_2 + l_1) + P_1 \cdot z_2 - q\ (z_2 + l_1)^2/2.$$

Вычисляем значения момента на концах участка 2:

$$M_2(l_2) = R_1\ (l_1 + l_2) + P_1\ l_2 - q\ (l_1 + l_2)^2 = 50\ \ (2\ +\ 2{,}5) + 40\ \ 2{,}5 -$$
$$-20\ \ (2 + 2{,}5)^2/2 = 122$$

[кН ·м].

$$M_2(0) = R_1\ \ (0 + l_1) + P \cdot 0 - q\ \ (0 + l_1)^2/2 =$$
$$= 50\ \ (0 + 2) + 40 \cdot 0 - 20\ \ (0 + 2)^2/2 = 60\ [\text{кН} \cdot \text{м}];$$
$$M_2(l_2) = R_1\ \ (l_1 + l_2) + P_1 \cdot l_2 - q\ \ (l_1 + l_2)^2 =$$
$$= 50 \cdot (2 + 2{,}5) + 40 \cdot 2{,}5 - 20 \cdot (2 + 2{,}5)^2/2 = 122\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Точка экстремума $e_2 = 2{,}5$ [м] совпадает с правой границей участка 2. Момент в ней уже найден, поэтому в качестве третьей точки при построении эпюры $M_2(z_2)$ берём середину участка $z_2 = l_2/2 = 2{,}5/2 = 1{,}25$ [м].

Получаем

$$M_2(l_2/2) = R_1\ \ (l_2/2 + l_1) + P_1\ l_2/2 - q\ \ (l_2/2 + l_1)^2/2 =$$
$$= 50\ \ (1{,}25 + 2) + 40 \cdot 1{,}25 - 20\ \ (1{,}25 + 2)^2/2 = 107\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

4. Выбор двутавра из условия прочности $\sigma_m = M_m/W \le [\sigma]$. Здесь: $M_m = 162{,}5$ [кН ·м] $= 1{,}625 \cdot 10^5$ [Н ·м] – наибольший по модулю изгибающий момент в балке (найденный в п. 3);

$[\sigma] = 200$ [МПа] $= 2 \cdot 10^8$ [Н/м^2] – допускаемые напряжения.

Требуемый по условию прочности момент сопротивления изгибу $W = M_m/[\sigma] = 1{,}625 \cdot 10^5/2 \cdot 10^8 = 8{,}12 \cdot 10^{-4}$[м^3]$= 8{,}12 \cdot 10^2$[см^3].

По ГОСТ 8239-89 находим двутавр с ближайшим большим моментом

сопротивления изгибу: двутавр № 40, $W_x = 953{,}0$ [см^3]. Его момент инерции $J_x = 19062$ [см^4].

5. Находим максимальные напряжения изгиба $\sigma_{max} = M_{max}/W_x = 1{,}625 \cdot 10^5/9{,}53 \cdot 10^{-4} = 1{,}71 \cdot 10^8$ [Н/м^2] $= 171$ [МПа]. Определяем коэффициент запаса прочности по допускаемым напряжениям

$$k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}71 \cdot 10^8 = 1{,}17.$$

6. Уравнение упругой линии балки $y(z)$:

$$Y(z) = \theta_0 \cdot z + R_1 \cdot z^3/(6 \cdot E \cdot J_x) - \\ - q \cdot z^4/(24 \cdot E \cdot J_x) + P_1(z - l_1)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1) + \\ + P_2 \cdot (z - l_1 - l_2)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2) - \\ - M(z - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2 - l_3) + \\ + q(z - l_1 - l_2 - l_3)^4/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2 - l_3),$$

где θ_0 – неизвестный угол поворота балки на левой опоре; $H(z)$ – функция Хевисайда. $H(z) = \begin{cases} 0, & при\ z < 0 \\ 1, & при\ z \geq 0 \end{cases}$. Её график приведён на рис. 4.8.

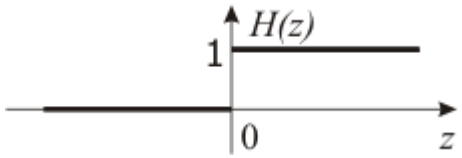


Рис. 4.8. Функция Хевисайда

Начало координат взято на левой опоре.

7. Угол θ_0 поворота на левой опоре находим из условия отсутствия прогиба на правой опоре:

$$Y(L) = \theta_0 \cdot L + R_1 \cdot L^3/(6 \cdot E \cdot J_x) - \\ - q \cdot L^4/(24 \cdot E \cdot J_x) + P_1(L - l_1)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1) + \\ + P_2(L - l_1 - l_2)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2) - \\ - M(L - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2 - l_3) + \\ + q(L - l_1 - l_2 - l_3)^4/(24 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2 - l_3) = 0.$$

Решаем линейное уравнение относительно неизвестного угла θ_0:

$$\theta_0 = (-R_1 L^3/(6EJ_x) + qL^4/(24EJ_x) - P_1(L - l_1)^3/(6EJ_x) - \\ - P_2(L - l_1 - l_2)^3/(6EJ_x) + M(L - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2EJ_x) - \\ - q(L - l_1 - l_2 - l_3)^4/(24EJ_x))/L = \\ = (-50 \cdot 10^3 \cdot 11^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) + \\ + 20 \cdot 10^3 \cdot 11^4/(24 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 40 \cdot 10^3(11 - 2)^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 40 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5)^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) + \\ + 50 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5 - 3{,}5)^3/(2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 20 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5 - 3{,}5)^4/(24 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}))/11 = \\ = -0{,}0129 \text{ [рад]}.$$

8. Находим упругую линию. Вычисляем жёсткость при изгибе

$$EJ_x = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4} = 3{,}81 \cdot 10^7 \quad [\text{Н·м}^2].$$

Чтобы найти прогиб в середине участка 3, подставим в уравнение упругой линии координату этой середины

$$z = l_1 + l_2 + l_3/2 = 2 + 2{,}5 + 3{,}5/2 = 6{,}25 \text{ [м]}.$$

Получаем

$$Y(6{,}25) = -0{,}0129 \cdot 6{,}25 + 50 \cdot 10^3 \cdot 6{,}25^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) - \\ -20 \cdot 10^3 \cdot 6{,}25^4/(24 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) + \\ +40 \cdot 10^3(6{,}25-2)^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) \cdot H(6{,}25-2) + \\ +40 \cdot 10^3(6{,}25-2-2{,}5)^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) \cdot H(6{,}25-2-2{,}5) = \\ = 0{,}0465 \text{ [м]}.$$

В двух последних членах уравнения упругой линии аргументы функции $H(z)$ отрицательны и $H(z) = 0$. Подобные вычисления проведены для границ и середин всех участков. Упругая линия построена на рис. 4.7, *и*. Величина максимального прогиба 4,71 [см] и не превышает допустимый прогиб, равный $L|200 = 1100/200 = 5{,}5$ [см]. Следовательно, жесткость данной балки достаточна.

Задача № 5. Геометрические характеристики плоского симметричного сечения

Для симметричного сечения, составленного из прокатных профилей, найти площадь, осевые моменты инерции, моменты сопротивления изгибу и радиусы инерции сечения относительно главных центральных осей. Схемы сечений приведены на рис. 5.1, номера прокатных профилей и размеры поперечных сечений указаны в табл. 5.1.

Совместная работа прокатных профилей в составных сечениях, данных на схемах I, II, III и IX рис. 5.1, обеспечена соединительными планками, показанными пунктиром.

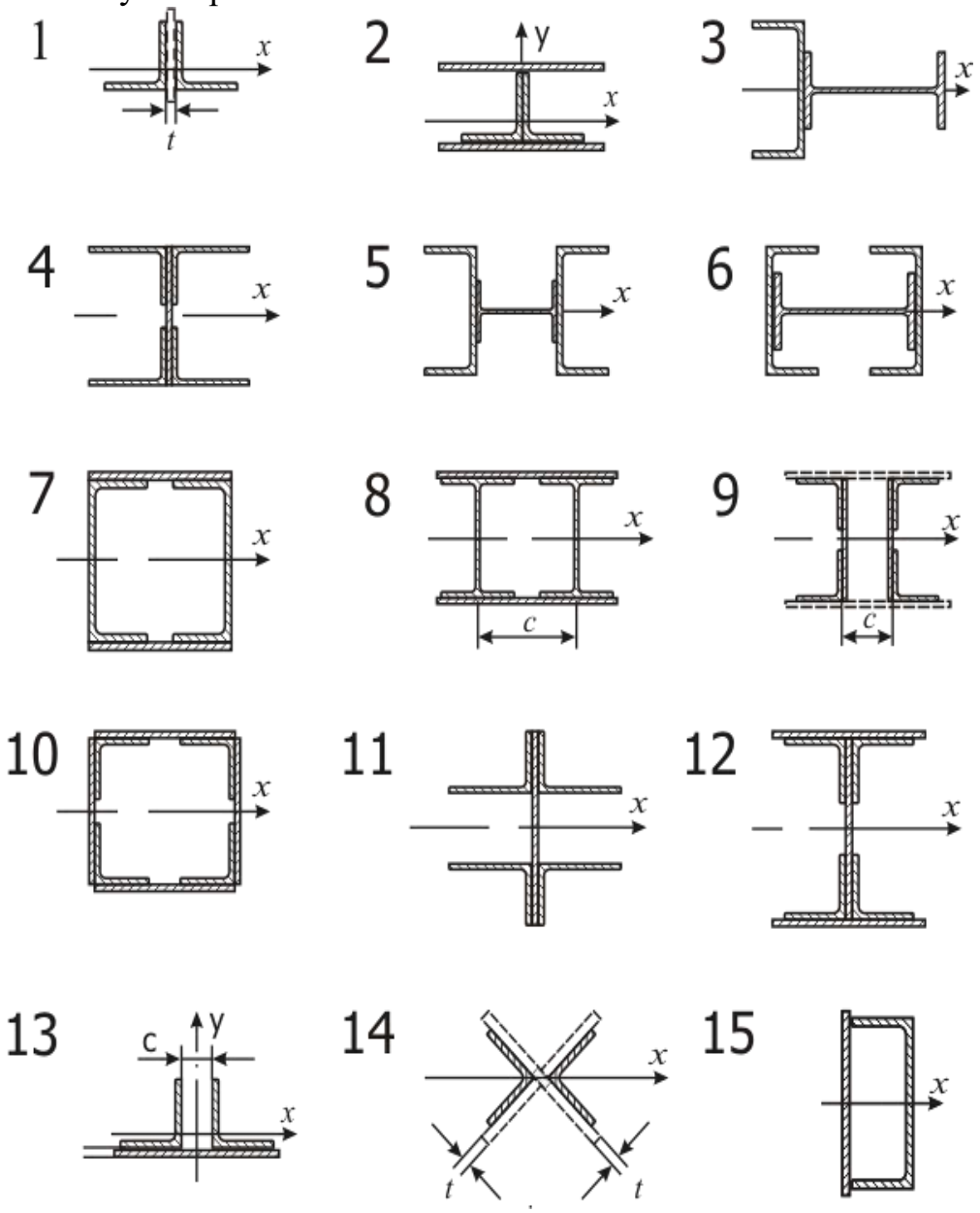


Рис. 5.1. Схемы поперечных сечений 1 – 15

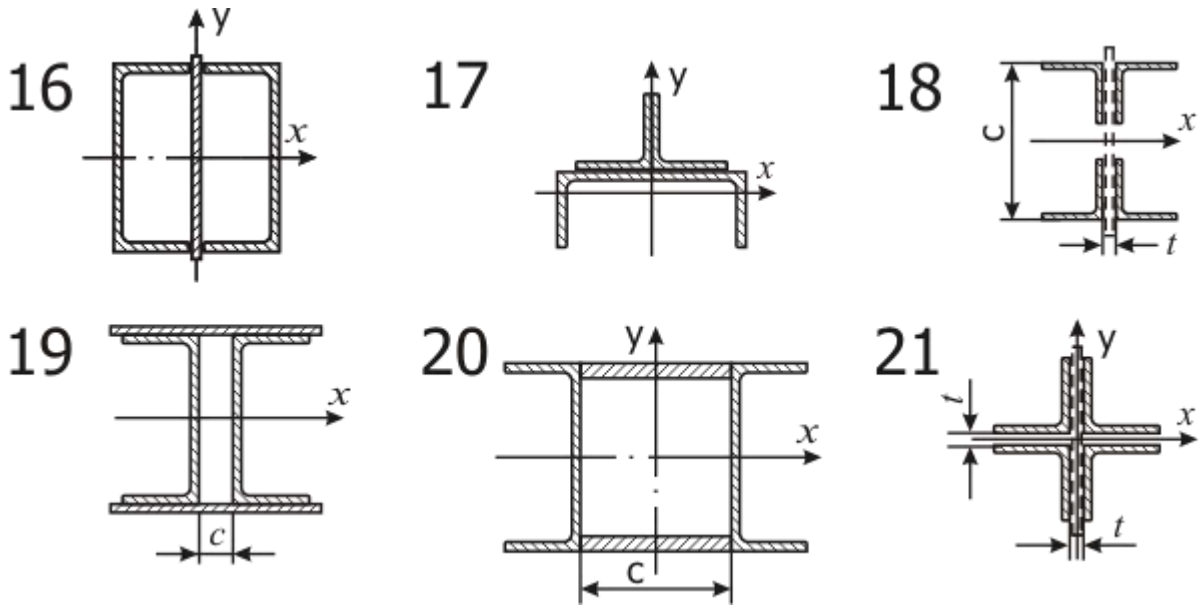


Рис. 5.2. Схемы поперечных сечений 16– 21

Исходные данные к задаче 5 Табл. 5.1

Схема 1			
Задание номер	1	22	43
Состав сечения	2 уголка 100x100x10 $t = 10$	2 уголка 80x80x8 $t = 8$	2 уголка 180x180x12 $t = 12$
Схема 1			
Задание номер	64	–	–
Состав сечения	2 уголка 125x125x10 Планка $t = 10$	–	–
Схема 2			
Задание номер	2	23	44
Состав сечения	2 уголка 100x100x10 2 листа 250x10	2 уголка 125x125x9 2 листа 200x8	2 уголка 180x180x12 2 листа 300x12
Схема 3			
Задание номер	3	24	45
Состав сечения	Швеллер № 18 Двутавр № 20	Швеллер № 14 Двутавр № 16	Швеллер № 24 Двутавр № 27
Схема 4			
Задание номер	4	25	46
Состав сечения	4 уголка 140x90x10 Лист 240x12	4 уголка 110x70x8 Лист 200x10	4 уголка 200x125x14 Лист 240x12
Схема 5			
Задание номер	5	26	47
Состав сечения	2 швеллера № 36 Двутавр № 16	2 швеллера № 30 Двутавр № 14	2 швеллера № 24 Двутавр № 12

Схема 6			
Задание номер	6	27	48
Состав сечения	2 швеллера № 33 Двутавр № 16	2 швеллера № 27 Двутавр № 14	2 швеллера № 22 Двутавр № 12

Продолжение табл. 5.1

Схема 6			
Задание номер	6	27	48
Состав сечения	2 швеллера № 33 Двутавр № 16	2 швеллера № 27 Двутавр № 14	2 швеллера № 22 Двутавр № 12
Схема 7			
Задание номер	7	28	49
Состав сечения	2 швеллера № 36 2 листа 300х12	2 швеллера № 30 2 листа 250х10	2 швеллера № 24 2 листа 200х8
Схема 8			
Задание номер	8	29	50
Состав сечения	2 двутавра № 36 2 листа 300х12 $c = 180$	2 двутавра № 30 2 листа 250х10 $c = 150$	2 двутавра № 24 2 листа 200х8 $c = 120$
Схема 9			
Задание номер	9	30	51
Состав сечения	4 уголка 50х50х5 2 листа 200х6 $c = 130$	4 уголка 90х90х8 2 листа 350х10 $c = 160$	4 уголка 125х125х10 2 листа 450х12 $c = 180$
Схема 10			
Задание номер	10	31	52
Состав сечения	4 уголка 70х70х6 4 листа 200х6	4 уголка 100х100х10 4 листа 250х10	4 уголка 125х125х12 4 листа 300х6
Схема 11			
Задание номер	11	32	53
Состав сечения	4 уголка 75х50х5 Лист 200х5	4 уголка 100х63х8 Лист 250х10	4 уголка 160х100х12 Лист 300х12
Схема 12			
Задание номер	12	33	54
Состав сечения	4 уголка 80х80х7 2 полки 250х10 Стенка 600х8	4 уголка 100х100х8 2 полки 300х12 Стенка 900х8	4 уголка 100х100х8 2 полки 350х12 Стенка 1200х10
Схема 13			
Задание номер	13	34	55
Состав сечения	2 уголка 80х80х7 Лист 220х8 $c = 40$	2 уголка 75х75х7 Лист 175х8 $c = 40$	2 уголка 125х125х10 Лист 320х12 $c = 50$
Схема 14			
Задание номер	14	35	56

Состав сечения	2 уголка 180х180х12 Планка $t = 10$	2 уголка 125х125х9 Планка $t = 10$	2 уголка 100х100х8 Планка $t = 10$
Схема 15			
Задание номер	15	36	57
Состав сечения	Швеллер № 14 Лист 150х5	Швеллер № 20 Лист 210х7	Швеллер № 33 Лист 340х8

Продолжение табл. 5.1

Схема 16			
Задание номер	16	37	58
Состав сечения	2 швеллера № 16 Лист 170х5	2 швеллера № 20 Лист 210х6	2 швеллера № 27 Лист 280х6
Схема 17			
Задание номер	17	38	59
Состав сечения	Швеллер № 12 2 уголка № 6,5	Швеллер № 18 2 уголка № 8	Швеллер № 27 2 уголка № 12,5
Схема 18			
Задание номер	18	39	60
Состав сечения	4 уголка 80х80х7 c =320; $t = 8$	4 уголка 110х110х8 c =650; $t = 10$	4 уголка 140х140х12 $c = 950$; $t = 12$
Схема 19			
Задание номер	19	40	61
Состав сечения	2 швеллера № 16 2 листа 80х8; $c = 80$	2 швеллера № 24 2 листа 120х10; $c = 120$	2 швеллера № 36 2 листа 160х10; $c = 160$
Схема 20			
Задание номер	20	41	62
Состав сечения	2 швеллера № 16 2 листа 80х8; $c = 80$	2 швеллера № 24 2 листа 120х10; $c = 120$	2 швеллера № 36 2 листа 160х10; $c = 160$
Схема 21			
Задание номер	21	42	63
Состав сечения	4 уголка 160х160х14 $t = 12$	4 уголка 63х63х5 $t = 6$	4 уголка 110х110х8 $t = 10$

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 5

Найти главные оси сечения, составленного из уголков стальных горячекатанных равнополочных 75 х 75 х 8 ГОСТ 8509 – 93 и двух уголков стальных горячекатанных неравнополочных 100 х 63 х 8 ГОСТ 8510 – 86

(рис. 5.2). Высота сечения $h = 300 = 30{,}0$ см. Толщина соединительной планки $\delta = 8 = 0{,}8$см. Вычислить относительно этих осей главные моменты инерции, моменты сопротивления и радиусы инерции.

Для работы составного сечения как жёсткого целого, уголки соединены планками, показанными на рис. 5.2 пунктиром. Расстояние между планками выбирается равным $40\, i_{min}$. При вычислении геометрических характеристик составного сечения соединительные планки не учитываются.

РЕШЕНИЕ

1.Вычерчиваем поперечное сечение в масштабе (рис. 5.3). Прокатные радиусы и сварные швы на рис. 5.2 не указываем.

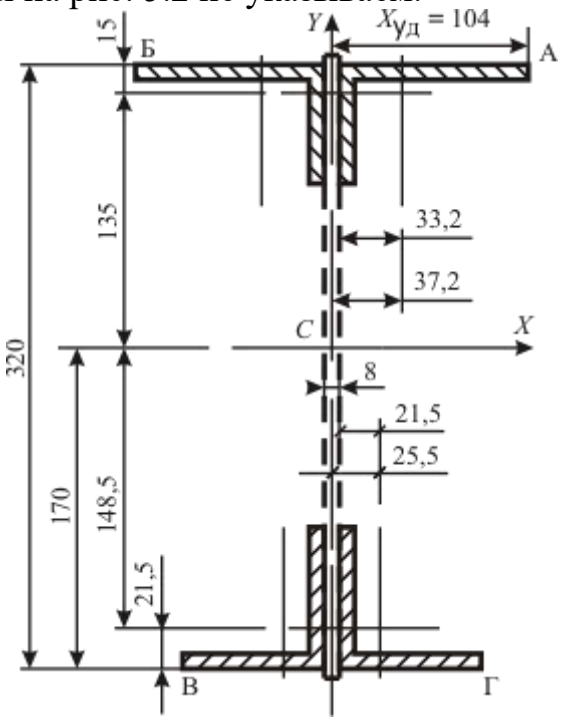


Рис. 5.3. Сечение составной балки

2. Приводим чертёжи прокатных профилей, взятые из ГОСТ 8509-93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент» (рис. 5.4,а) и ГОСТ 8510-86 «Уголки стальные горячекатаные не равнополочные. Сортамент» (рис. 5.4,б).

На рис. 5.4 внесены следующие изменения по сравнению с чертежами ГОСТ: не указаны прокатные радиусы R и r уголков; главные оси равнополочного уголка обозначены u, v вместо x_0, y_0; размеры, оси, координаты центра масс, относящиеся к равнополочному уголку, помечены нижним индексом 1, а к неравнополочному уголку – нижним индексом 2, соответственно.

Выписываем из ГОСТ длины и толщины полок уголков. Размеры переводим из миллиметров в сантиметры.

Уголок равнополочный: ширина полки – $b_1 = 75$мм $= 7{,}5$см, толщина – $t_1 = 0{,}8$ см, расстояние от внешней грани полки до центра масс – $x_0 = 2{,}15$ см,

площадь – $F_1 = 11{,}50$ см^2, моменты инерции относительно центральных осей x_1 и y_1, параллельных полкам – $J_{x1} = 59{,}84$ см^4.

Уголок неравнополочный: ширина длинной полки – $B = 100 = 10$ см, ширина короткой полки – $b_2 = 63$ мм $= 6{,}3$ см, толщина полок – $t = 8$ мм $= 0{,}8$ см, расстояние от внешней грани длинной полки до центра масс – $x_0 = 1{,}50$ см, расстояние от внешней грани короткой полки до центра масс – $y_0 = 3{,}32$ см,площадь сечения – $F_2 = 12{,}57$ см^2, момент инерции сечения относительно оси x– $J_{x2} = 126{,}96$ см^4,момент инерции сечения относительно оси $J_{y2} = 39{,}21$ см^4.

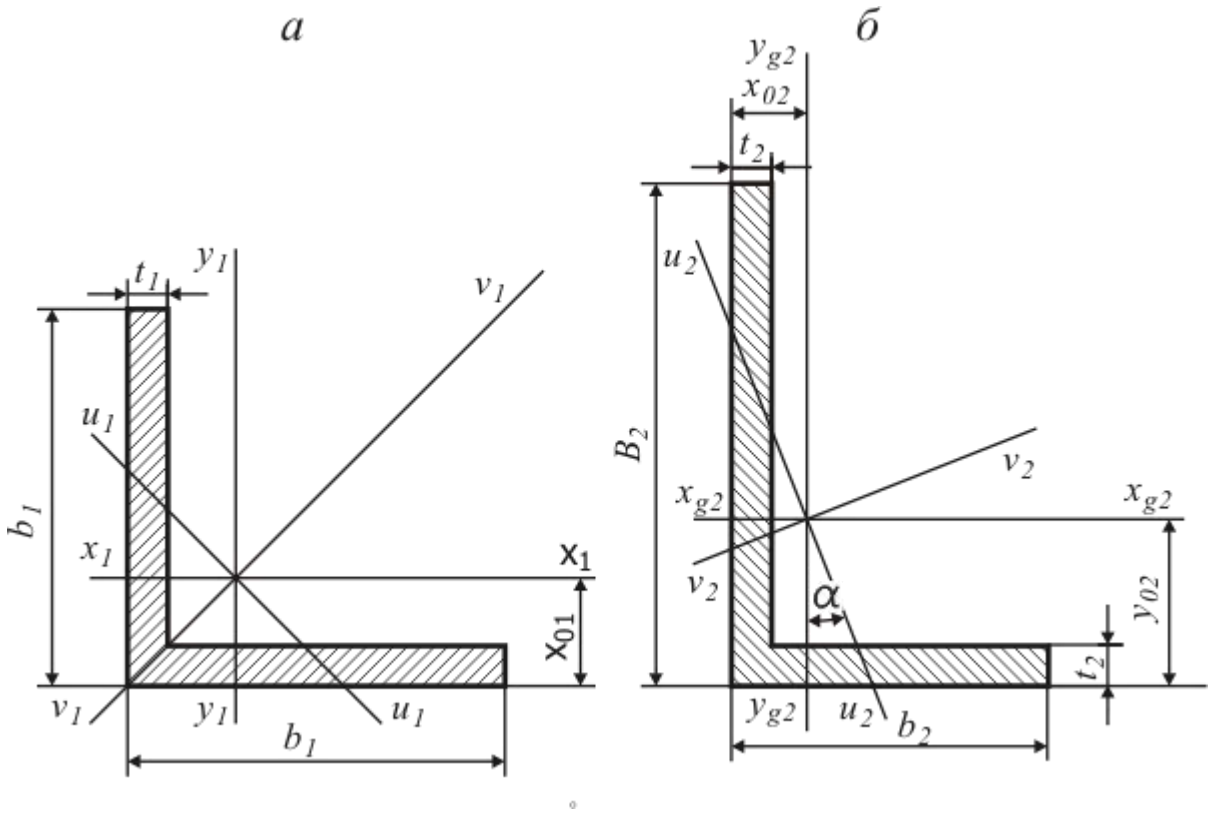


Рис. 5.4. Составные части поперечного сечения балки: а – равнополочный уголок ГОСТ 8509-93; б – неравнополочный уголок ГОСТ 8510-86.

В сопротивлении материалов расчёты выполняют с точностью 5%. Эту точность обеспечивают три первых значащих цифры. Значащими цифрами числа называются все цифры в его записи, начиная с первой ненулевой слева. Отсчёт начинают с первой, отличной от нуля. Для J_{x2} достаточно принять $J_{x2} = 127$, но при оформлении расчётов величины нужно записывать так, как они заданы в официальных документах $J_{x2} = 126{,}96$.

3. Площадь поперечного сечения равна

$$F = k_1F_1 + k_2F_2 = 2 \cdot 11{,}50 + 2 \cdot 12{,}57 = 48{,}1 \text{ см}^2.$$

4. Ищем координаты центра масс сечения. Вертикальная ось CY является осью симметрии сечения. Любая ось симметрии сечения является его главной осью. Центр масс лежит на оси симметрии, следовательно, $X_c = 0$. Статический момент сечения относительно горизонтальной оси X_H, проходящей через нижнюю грань равнополочного уголка, равен

$$S_{XH} = k_1 \cdot F_1 \cdot x_{01} + k_2 \cdot F_2 \cdot (h - x_{02}) =$$
$$= 2 \cdot 11{,}50 \cdot 2{,}15 + 2 \cdot 12{,}57 \cdot (30 - 1{,}50) = 816 \text{ см}^3.$$

Расстояние от нижней грани равнополочного уголка до центра масс сечения равно $Y_c = S_{XH}/F = 816/48{,}1 = 17{,}0$ см. Центр масс сечения обозначаем буквой C и указываем на рис. 5.3.

5. Строим главные центральные оси сечения. Для этого, через точку C проводим ось CX, перпендикулярную оси CY. В качестве положительного на оси CX выберем направление слева направо, а на оси CY положительным будем считать направление снизу вверх. Оси CXY являются главными центральными осями сечения.

Расстояние от верхних граней неравнополочных уголков до оси CX равно $Y_в = h - Y_c = 30 - 17{,}0 = 13{,}0$ см. Крайние точки Л и П длинных полок неравнополочных уголков удалены от оси CY на расстояние $|X_л| = X_п = = \delta/2 + B = 0{,}8/2 + 10{,}0 = 10{,}4$ см.

Координаты центров масс уголков в системе осей CXY :

$$Y_1 = -Y_C + x_{01} = -17{,}0 + 2{,}15 = -14{,}8 \text{ см},$$

$$Y_2 = h - Y_C - x_{02} = 30{,}0 - 17{,}0 - 1{,}50 = 13{,}5 \text{ см},$$

$$X_1 = \delta/2 + x_{01} = 0{,}8/2 + 2{,}15 = 2{,}55 \text{ см},$$

$$X_2 = \delta/2 + x_{02} = 0{,}8/2 + 3{,}32 = 3{,}72 \text{см}.$$

6. Осевые моменты инерции сечения вычисляем по формуле Гюйгенса

$$J_X = \sum_{i=1}^{K} \left(J_{xi} + F_i \cdot a_i^2 \right),$$

где K – количество элементов в сечении; J_{xi} – момент инерции относительно центральной оси элемента i, параллельной оси X; F_i – площадь элемента i; a_i – расстояние между осью X и параллельной ей центральной осью элемента i.

Учитываем, что неравнополочный уголок повёрнут относительно изображения, показанного на на рис. 5.4, на 90° (или 270°) относительно чертежа из ГОСТ. Параллельной для оси *CX* является местная центральная ось $\boldsymbol{y_2}$, а для оси *CY* параллельной будет местная центральная ось $\boldsymbol{x_2}$.
Получаем:

$$J_X = k_1 \cdot (J_{x1} + F_1 \cdot Y_1^2) + k_2 \cdot \left(J_{y2} + F_2 \cdot Y_2^2\right) = 2 \cdot (59{,}84 + 11{,}50 \cdot ((-14{,}8)^2) +$$

$$+2 \cdot (39{,}21 + 12{,}57 \cdot 13{,}5^2) = 9850 \text{ см}^4;$$

$$J_Y = k_1 \cdot \left(J_{y1} + F_1 X_1^2\right) + k_2 \cdot (J_{x2} + F_2 X_2^2) = 2 \cdot (59{,}84 + 11{,}50 \cdot 2{,}55^2) +$$

$$2 \cdot (126{,}96 + 12{,}57 \cdot 3{,}72\text{^}2) = 871 \text{ см}^4.$$

7.Ось $\boldsymbol{CY}$ является осью симметрии сечения. Осевой момент сопротивления для оси $\boldsymbol{CY}$ равен $\boldsymbol{W_Y = J_Y / X_{max} = 871/10{,}4 = 83{,}8}$ см^3.

Здесь $\boldsymbol{X_{max} = |X_л| = |X_л| = X_п = 10{,}4}$ см – расстояние до оси $\boldsymbol{CY}$ от крайних левых и правых волокон.

Главная ось $\boldsymbol{CX}$ не является осью симметрии. Момент сопротивления изгибу для нижних волокон $\boldsymbol{W_{Xн} = J/Y_н = 9850/17{,}0 = 581}$ см^3 . Для верхних волокон получаем $\boldsymbol{W_{Xв} = J_X / Y_в = 9850/13{,}0 = 655}$ см^3.

8. Радиус инерции сечения относительно оси определяется по формуле

$$\boldsymbol{i = \sqrt{J/F}}.$$

Для заданного сечения получаем $\boldsymbol{i_X = \sqrt{J_X/F = \sqrt{9850/48{,}1 = 14{,}3}}}$ см,

$\boldsymbol{i_Y = \sqrt{J_Y/F = \sqrt{871/48{,}1 = 4{,}25}}}$ см.

Задача № 6. Расчёт статически неопределимых стержневых систем

Для заданной статически неопределимой системы определить допускаемое значение силы P при допускаемом напряжении для стальных стержней $[\sigma]=160$ МПа.

Плита BC схемы (рис.6.1) абсолютно жесткая.

На рисунке 6.1 изображена абсолютно жесткая балка BC, нагруженная посередине силой P. Балка удерживается в горизонтальном положении шарнирно – подвижной опорой C и тремя стальными стержнями. Заданы площади сечений стержней A_1= 4 см^2; A_2 = 3 см^2; A_3 = 2 см^2. Определить допускаемое значение силы P , если допускаемое напряжение для материала стержней, равное $[\sigma]$ = 160МПа , одинаково при растяжении и сжатии.

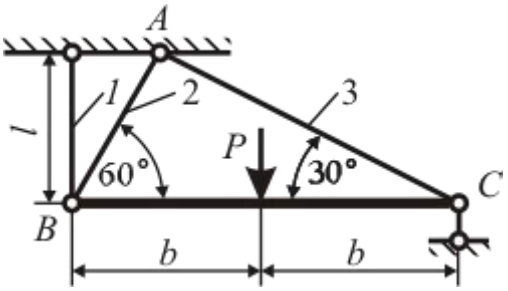


Рис.6.1. Статически неопределимая система

РЕШЕНИЕ

Допускаемая нагрузка (сила P) определяется по условию прочности наиболее напряженного стержня. Полагая значение силы P известным, найдем напряжения в сечениях стержней системы, выразив их через силу P. Исходные данные для решения задач приведены в табл.6.1 и рис.6.

Мысленно рассекаем стержни и, полагая стержни растянутыми, изображаем силы, приложенные к отсеченной части (рис. 1.5).

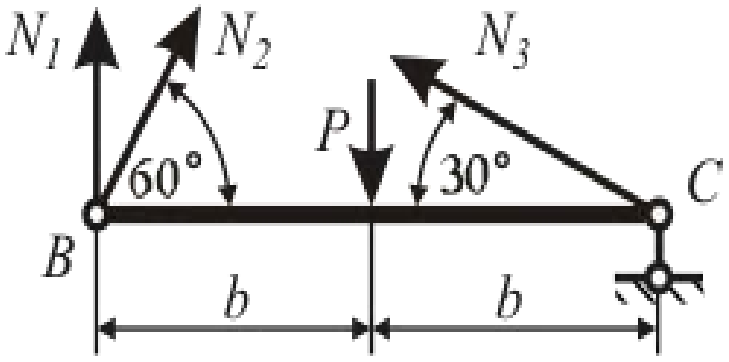


Рис.6.2. Уравновешенная система сил

Уравнения равновесия

$$\begin{aligned}
&\Sigma X_i = 0; \quad N_2 \cos 60^\circ - N_3 \cos 30^\circ = 0. \\
&\Sigma Y_i = 0; \quad N_1 + N_2 \sin 60^\circ + N_3 \sin 30^\circ + Y_C - P = 0. \\
&\Sigma m_c = 0; \quad N_1 \cdot 2\hat{a} + N_2 \cdot 2\hat{a} \sin 60^\circ - P\hat{a} = 0.
\end{aligned} \tag{6.1}$$

Система (6.1) содержит 4 неизвестных величины: N_1, N_2, N_3 и Y_c. Лишь второе уравнение содержит реакцию опоры C, величина которой не влияет на значение допускаемой нагрузки, а потому ограничимся первым и третьим уравнениями.

Двух уравнений системы (6.1) недостаточно для определения трех продольных сил. Необходимо дополнить их уравнением совместности деформаций. По условию задачи брус BC является абсолютно жестким. Значит, перемещение системы осуществляется лишь за счет деформации стержней. Опора C допускает только горизонтальное смещение узла C. Следует учесть, что истинные перемещения точек B и C в сотни раз меньше размеров бруса BC. Поэтому перемещения точек стержней при их поворотах изображены не дугами окружностей, а прямыми отрезками, перпендикулярными стержням. Заметим, что стержень 3 по предположению растянут, но на рисунке изображено его укорочение, значит изображенная деформация его не Δl_3, а – Δl_3.

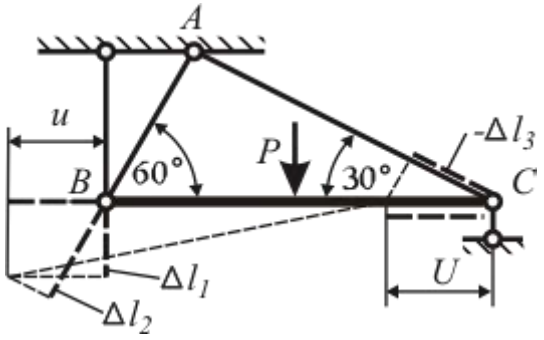


Рис.6.3. Деформации и перемещения

По рисунку 6.3

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos 30^\circ + u \cos 60^\circ .$$

При $u = -\Delta l_3 / \cos 30^\circ$ получаем геометрическую связь деформаций

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos 30^\circ - \Delta l_3 tg 30^\circ . \tag{6.2}$$

В соответствии с законом Гука

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_1 l}{EA_1},$$
$$\Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA_2} = \frac{N_2 l}{EA_2 \sin 60^\circ}, \qquad (6.3)$$
$$\Delta l_3 = \frac{N_3 l_3}{EA_3} = \frac{N_3 l}{EA_3 \sin 30^\circ}.$$

Подстановкой выражений (6.3) в равенство (6.2) получим уравнение, дополняющее систему(6.1).

$$\frac{N_2 l}{EA_2 \sin 60^\circ} = \frac{N_1 l}{EA_1}\cos 30^\circ - \frac{N_3 l}{EA_3 \sin 30^\circ} tg30^\circ. \qquad (6.4)$$

После подстановки значений A_1, A_2, A_3и упрощения уравнений (6.1) и (6.3) получим систему

$$\begin{aligned} &N_2 - 1,732 N_3 = 0; \\ &N_1 + 0,866 N_2 = 0,5P; \\ &9N_1 - 16N_2 - 24N_3 = 0. \end{aligned} \qquad (6.5)$$

Решение уравнений (6.5)

$N_1 = 0,396P$, $N_2 = 0,119P$, $N_3 = 0,069P$.

При заданных сечениях стержней

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{0,396P}{4} = 0,0991P;$$
$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{0,119P}{3} = 0,0398P;$$
$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{0,069P}{2} = 0,0395P.$$

Наибольшее напряжение

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 = 0,0991P.$$

По условию прочности $\sigma_{\max} \le [\sigma]$ допускаемая нагрузка

$$[P] = \frac{[\sigma]}{0,0991} = \frac{16}{0,0991} = 161 \text{ кН}.$$

$$[P] = 161 \text{ кН}.$$

Исходные данные сведены в табл. 6.1, расчетные схемы даны на рис.6.4.

Таблица 6.1.

Исходные данные для задачи №6

№	Площадь сечения стержней, см^2			Номер схемы	№	Площадь сечения стержней, см^2			Номер схемы
	A_1	A_2	A_3			A_1	A_2	A_3	
1	2	3	4	1	26	4	2	1	6
2	3	4	2	2	27	6	3	2	5
3	5	6	7	3	28	8	4	3	4
4	6	7	5	4	29	10	5	4	3
5	3	17	1	5	30	1	6	5	2
6	4	1	2	6	31	2	7	6	1
7	5	6	3	7	32	12	8	7	2
8	6	15	4	8	33	14	9	8	4
9	7	15	5	9	34	16	16	9	6
10	8	14	6	10	35	3	16	10	8
11	9	13	7	2	36	5	15	11	10
12	10	12	8	4	37	7	14	12	9
13	11	8	9	6	38	9	13	13	7
14	12	9	10	8	39	11	12	14	5
15	13	7	11	10	40	13	11	15	3
16	14	6	12	1	41	15	10	16	1
17	15	5	13	3	42	7	9	14	10
18	16	4	17	5	43	5	8	13	9
19	3	12	16	7	44	3	7	12	8
20	4	11	15	9	45	1	6	11	7
21	5	12	14	10	46	2	5	10	6
22	6	13	13	9	46	6	4	9	5
23	6	14	12	8	48	8	3	8	4
24	7	15	11	7	49	4	2	7	3
25	9	12	10	3	50	4	25	11	6

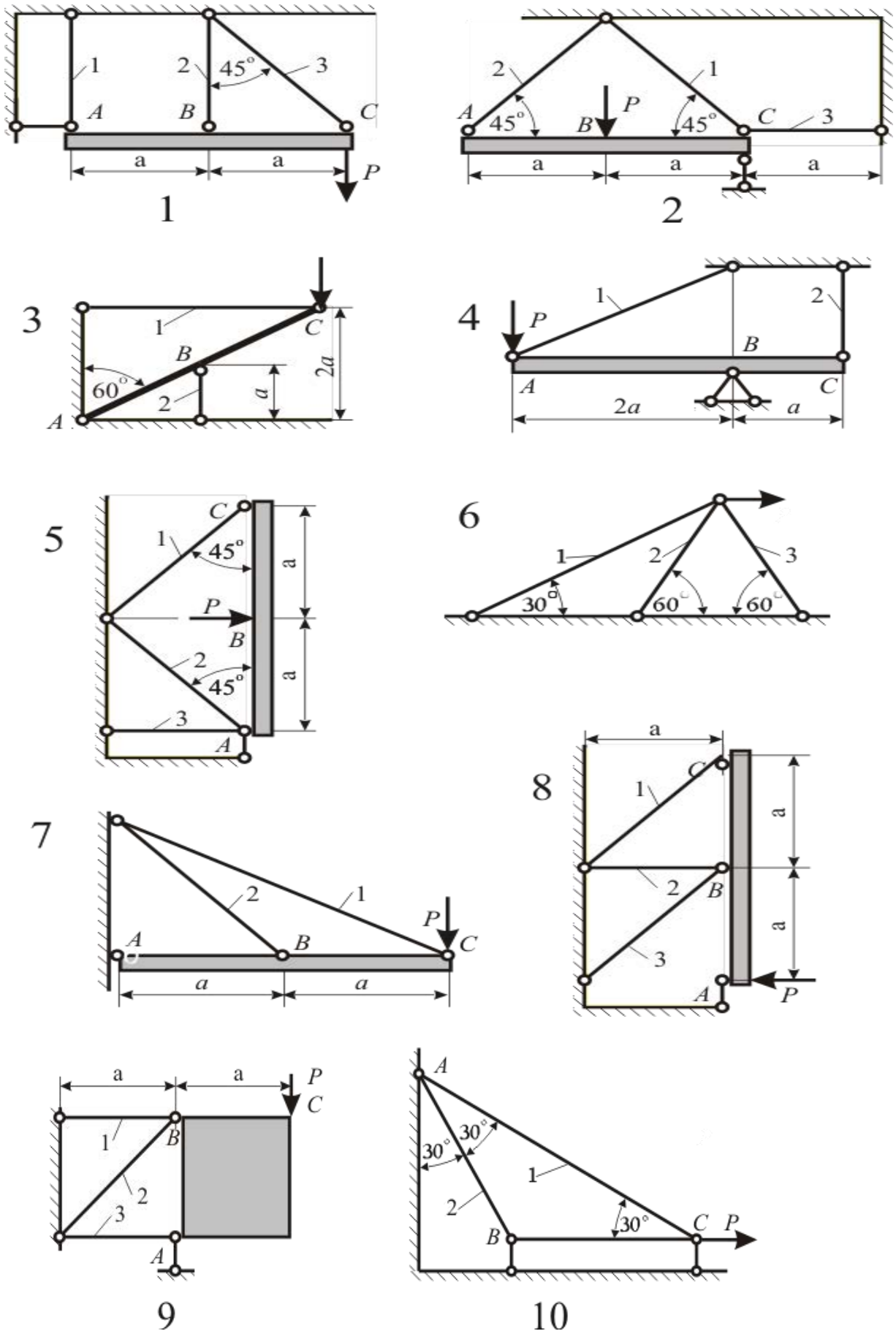


Рис.6.4. Схемы 1 – 10 стержневых систем

Задача № 7.Расчет статически неопределимых балок

Подобрать из условия прочности сечение многопролётной неразрезной балки (рис. 7.1 – 7.4). Сечение – двутавр ГОСТ 8239-89. Допускаемые напряжения стали $\sigma = 200$ [МПа]. Данные для расчёта взять из табл. 7.

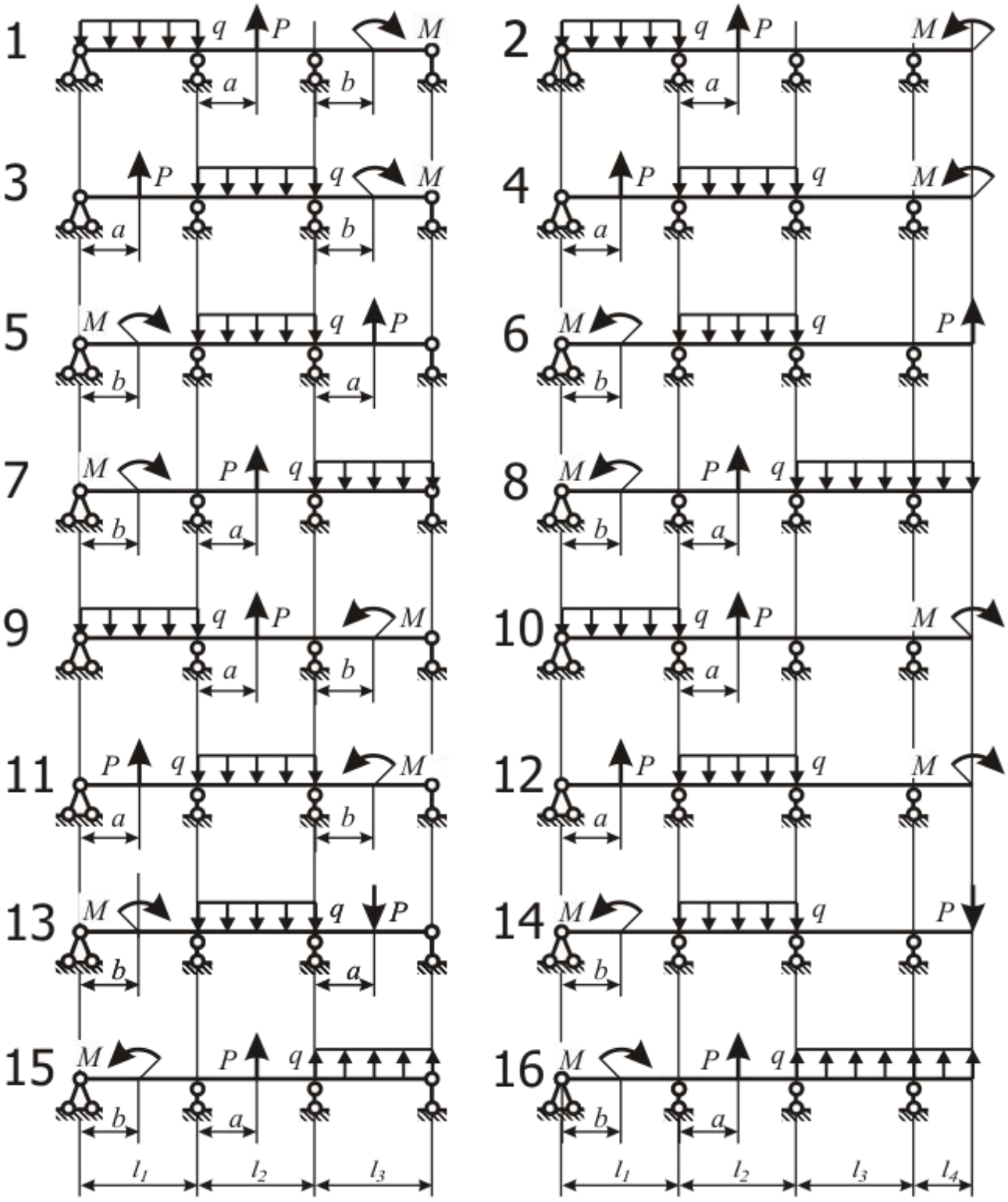


Рис. 7.1. Многопролётная неразрезная балка (варианты 1 – 16)

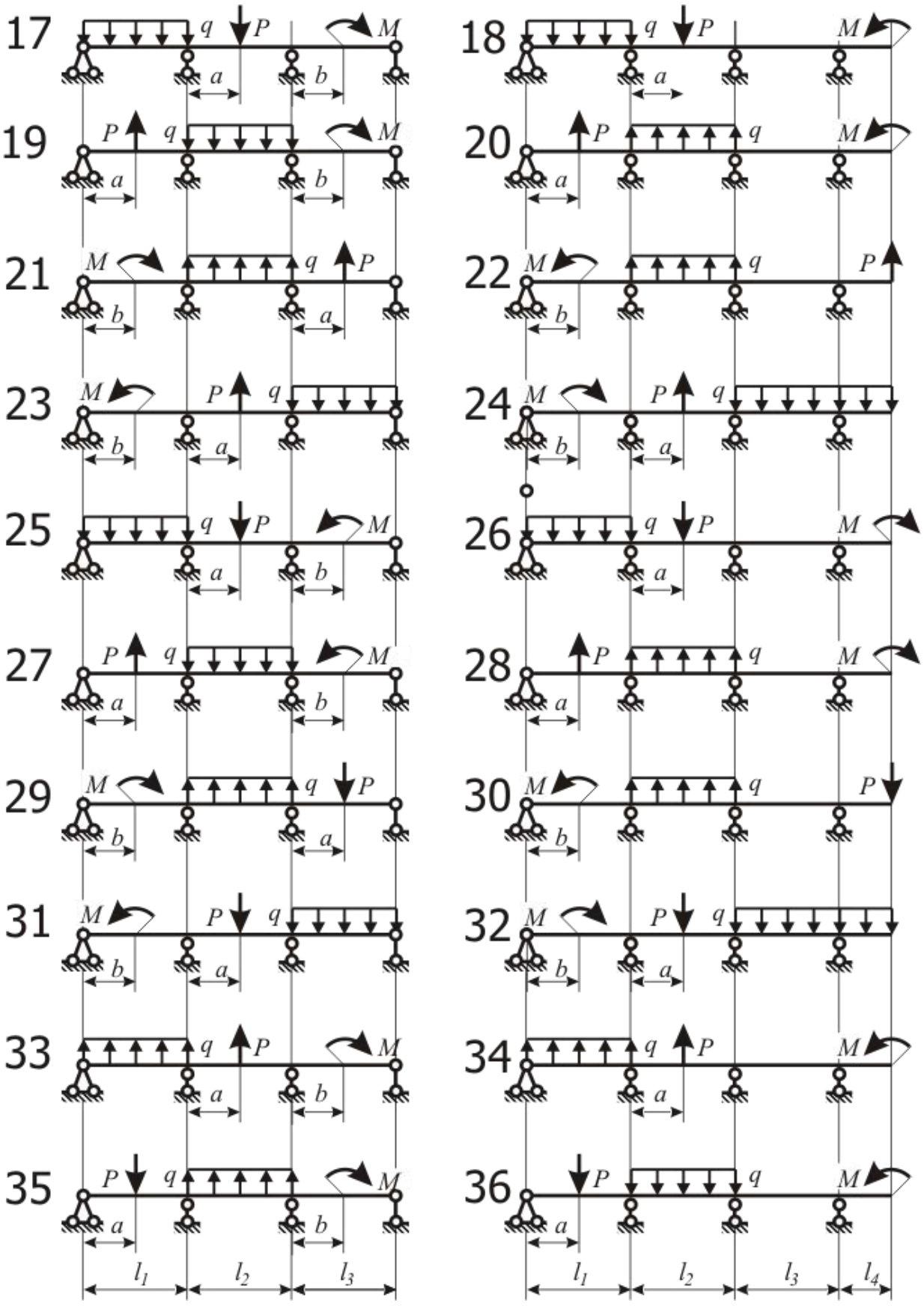


Рис. 7.2. Многопролётная неразрезная балка (варианты 17 – 36)

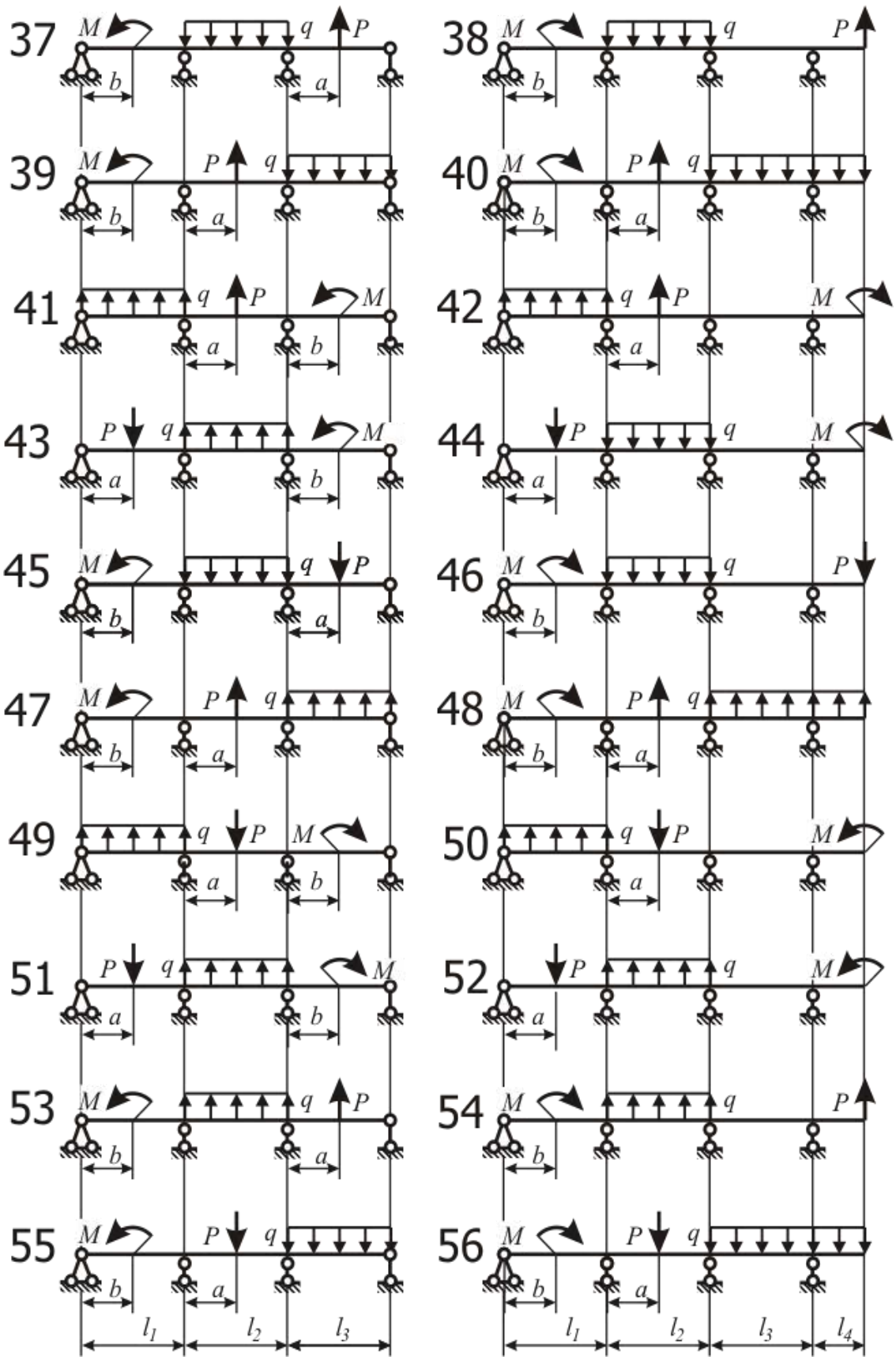


Рис. 7.3. Многопролётная неразрезная балка (варианты 37 – 56)

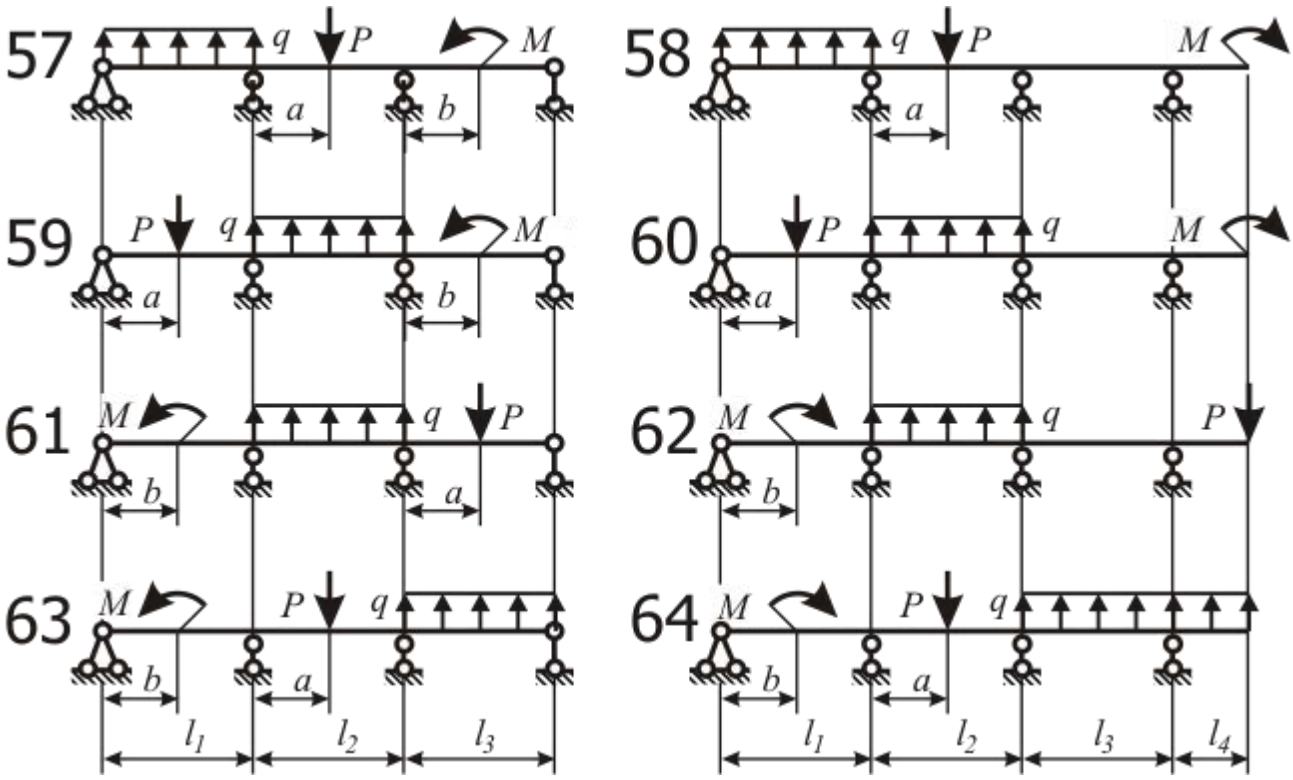


Рис. 7.4. Многопролётная неразрезная балка (варианты 57 – 64)

Исходные данные к задаче 7 Таблица 7

Номер задания	Длина участка, м				Нагрузка			Координата точки приложения, м	
	l_1	l_2	l_3	l_4	P, кН	M, кН·м	q, $^{Н}/_{м}$	силы, a	момента, b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,0	5,0	3,0	–	80	165	20	3,0	2,0
2	3,5	5,5	3,5	1,5	90	175	25	2,0	–
3	3,0	6,0	4,0	–	90	185	30	1,5	2,0
4	3,0	6,0	4,5	2,0	80	195	35	2,0	–
5	3,5	5,5	5,0	–	70	105	30	2,0	1,5
6	4,0	5,0	5,5	2,5	60	115	30	–	2,0
7	4,5	4,5	6,0	–	50	125	25	3,0	2,5
8	5,0	4,0	6,0	3,0	40	135	25	2,5	3,0
9	5,5	3,5	5,5	–	40	145	20	2,0	2,5
10	6,0	3,5	5,0	3,0	59	155	20	1,5	–
11	6,0	4,0	4,5	–	60	165	25	4,0	3,0
12	5,5	4,5	4,0	2,5	70	175	20	3,5	–
13	5,0	5,0	3,5	–	80	185	35	1,5	3,5
14	4,5	5,5	3,0	2,0	90	195	35	–	1,5
15	4,0	6,0	3,0	–	90	105	15	4,0	2,0
16	3,5	6,0	3,5	1,5	80	115	20	3,5	1,5
17	3,5	5,5	4,0	–	70	125	25	3,0	1,5
18	4,0	5,0	4,5	1,5	60	135	30	2,5	–
19	4,5	4,5	5,0	–	50	145	35	3,0	2,0

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	5,0	4,0	5,5	2,0	40	155	35	2,0	–
21	5,5	3,5	6,0	–	40	165	30	3,5	4,5
22	6,0	3,5	6,0	2,5	59	175	25	–	4,0
23	6,0	4,0	5,5	–	60	185	20	3,0	3,5
24	5,5	4,5	5,0	3,0	70	195	15	2,5	3,0
25	5,0	5,0	4,5	–	80	105	15	2,0	2,5
26	4,5	5,5	4,0	3,0	90	115	20	1,5	–
27	4,0	6,0	3,5	–	90	125	25	1,5	2,0
28	3,5	6,0	3,0	2,5	80	135	30	2,0	–
29	3,5	5,5	3,0	–	70	145	35	1,5	2,5
30	4,0	5,0	3,5	2,0	60	155	35	–	2,0
31	4,5	4,5	4,0	–	50	165	30	3,0	1,5
32	5,0	4,0	4,5	1,5	40	175	25	2,5	3,5
33	5,5	3,5	5,0	–	40	185	20	2,0	3,5
34	6,0	3,5	5,5	1,5	59	195	15	1,5	–
35	6,0	4,0	6,0	–	60	105	15	4,5	4,0
36	5,5	4,5	6,0	2,0	70	115	20	4,0	–
37	5,0	5,0	5,5	–	80	125	25	3,0	2,5
38	4,5	5,5	5,0	2,5	90	135	30	–	2,0
39	4,0	6,0	4,5	–	90	145	35	4,5	1,5
40	3,5	6,0	4,0	3,0	80	155	35	4,0	2,0
41	3,5	5,5	3,5	–	70	165	30	3,5	1,5
42	4,0	5,0	3,0	3,0	60	175	25	3,0	–
43	4,5	4,5	3,0	–	50	185	20	3,5	2,0
44	5,0	4,0	3,5	2,5	40	195	15	3,0	–
45	5,5	3,5	4,0	–	40	105	15	2,5	3,0
46	6,0	3,5	4,5	2,0	59	115	20	–	2,5
47	6,0	4,0	5,0	–	60	125	25	2,5	2,0
48	5,5	4,5	5,5	1,5	70	135	30	2,0	1,5
49	5,0	5,0	6,0	–	80	145	35	1,5	2,5
50	4,5	5,5	6,0	1,5	90	155	35	4,0	–
51	4,0	6,0	5,5	–	90	165	30	2,5	3,0
52	3,5	6,0	5,0	2,0	80	175	25	2,0	–
53	3,5	5,5	4,5	–	70	185	20	2,0	3,5
54	4,0	5,0	4,0	2,5	60	195	15	–	3,0
55	4,5	4,5	3,5	–	50	105	15	3,5	2,5
56	5,0	4,0	3,0	3,0	40	115	20	3,0	2,0
57	5,5	3,5	3,0	–	40	125	25	2,5	1,5
58	6,0	3,5	3,5	3,0	59	135	30	2,0	–
59	6,0	4,0	4,0	–	60	145	35	1,5	2,0
60	5,5	4,5	4,5	2,5	70	155	35	4,5	–
61	5,0	5,0	5,0	–	80	165	30	1,5	3,0
62	4,5	5,5	5,0	2,0	90	175	25	–	2,5
63	4,0	6,0	5,5	–	90	185	20	4,5	2,0
64	3,5	6,0	6,0	1,5	80	195	15	4,0	1,5

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 7

Раскрыть статическую неопределимость неразрезной трёхпролётной балки (рис. 7.5). Нагрузки и длину пролёта принять равными: $P = 20$ кН; $M = 20{,}0$ кНм; $q = 10{,}0$кН/м; $L = 2{,}00$ м. Построить эпюры внутренних силовых факторов.

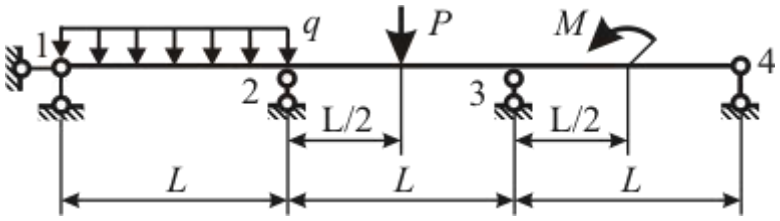


Рис. 7.5. Схема неразрезной балки

1. Чертим схему балки в масштабе (рис. 7.6, а). Нумеруем опорные узлы. Шарнирно неподвижную опору 1 изображаем в виде горизонтального и вертикального опорных стержней (1в) и (1г).

2. Находим степень статической неопределимости $N_{не}$ балки. Для этого определяем число опорных стержней $N_{ст} = 5$ (два опорных стержня в шарнирно неподвижной опоре 1 и по одному в шарнирно подвижных опорах 2, 3, 4). Из числа опорных стержней вычитаем число уравнений статики $N_{ур}$ (три – в рассматриваемом случае плоского изгиба балки).

Получаем $N_{не} = N_{ст} - N_{ур} = 5 - 3 = 2$.

Балка дважды статически неопределима.

3. Выбираем основную систему. Основная система должна быть статически определимой и неизменяемой. Чтобы балка (см. рис. 7.6, а) стала статически определимой, отбросим два любых вертикальных опорных стержня. Например, при удалении стержней 3 и 4 получаем основную систему, показанную на рис. 7.6, б. Если отбросить стержни 1в и 4, то основная система, примет вид, данный на рис. 7.6, в. Горизонтальный стержень 1г отбрасывать нельзя, так как при его удалении система становится изменяемой (рис. 7.6, г). Степень статической неопределимости системы можно понизить путём отбрасывания внутренних связей.

Выберем основную систему, указанную на рис. 7.6, б.

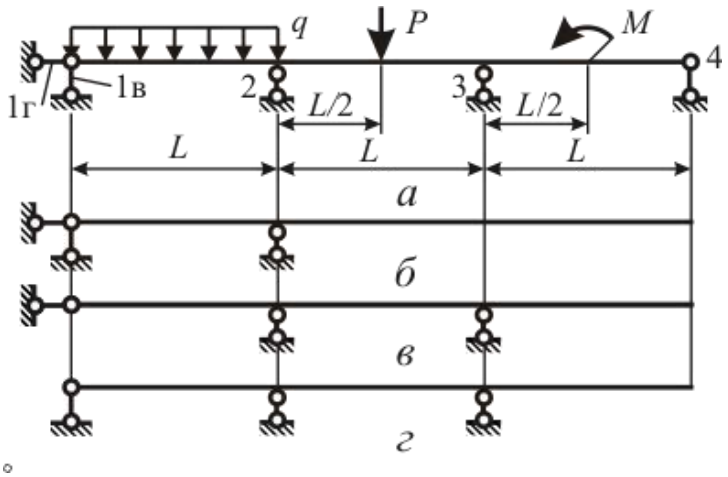


Рис. 7.6. К выбору основной системы

4. Эквивалентной системой называют основную систему, к которой приложены внешние нагрузки и неизвестные реакции отброшенных связей. Прикладываем неизвестные реакции X_1, X_2 в точках крепления отброшенных опорных стержней 4 и 3. Линии действия этих реакций совпадают с осями отброшенных стержней, направление реакций вдоль их линий действия выбираем произвольно. Если выбранное направление реакции не совпадёт с истинным, то полученное при раскрытии статической неопределимости значение избыточного неизвестного будет отрицательным. Эквивалентная система приведена на рис. 7.7.

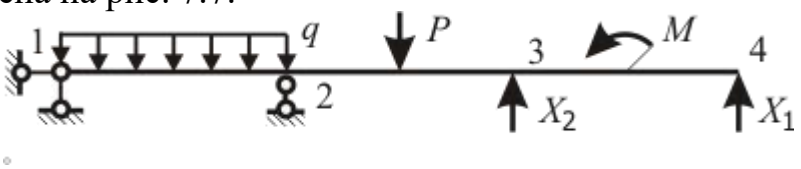


Рис. 7.7. Эквивалентная система

5. Идея раскрытия статической неопределимости методом сил состоит в следующем. Эквивалентная система деформируется так же, как исходная. Так как опорные стержни 3 и 4 являются абсолютно жёсткими, вертикальные перемещения точек 3 и 4 равны нулю. К уравнениям равновесия добавлены два дополнительных уравнения, из которых можно определить избыточные неизвестные X_1, X_2 (чаще их называют «лишними»).

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= 0, \\ y_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (7.1)$$

Используя принцип независимости действия сил, представим перемещение каждой точки как сумму трёх перемещений: от силы X_1, от силы X_2иот внешней нагрузки. Система уравнений примет вид (7.5). Первый индекс указывает номер отброшенной связи, второй индекс указывает причину, вызывающую смещение в направлении этой связи.

$$\left.\begin{aligned} y_{11} + y_{12} + y_{1\varepsilon} &= 0, \\ y_{21} + y_{22} + y_{2\varepsilon} &= 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7.2)$$

Перемещение $y_{i\varepsilon}$ по направлению отброшенной связи i, вызванное действующей на эквивалентную систему внешней нагрузкой, называют грузовым членом канонического уравнения и обозначают заглавной греческой буквой «дельта» $\Delta_i = y_{i\varepsilon}$.Его определяют с помощью интеграла перемещений

$$\Delta_i = \int_0^{3L} ((M_\varepsilon(z)\overline{M_i}(z))/(EJ))dz, \qquad (7.3)$$

Где: 3L – длина балки; $M_\varepsilon(z)$ – грузовой момент в балке (момент от внешней нагрузки); $\overline{M_i}(z)$ – единичный момент (момент от единичной силы, совпадающей по направлению с силой X_i и приложенной в той же точке i); EJ(z) – изгибная жёсткость балки.

6. Строим эпюру грузового момента в порядке, изложенном при рассмотрении задачи 3.

6.1. Отбрасываем опорные стержни, их действие заменяем опорными реакциями $R_{1\varepsilon}$ и $R_{2\varepsilon}$. Здесь и далее первый индекс указывает точку, в которой

приложена реакция, второй индекс указывает причину, вызвавшую реакцию. Выбранное направление реакций указано на рис. 7.8, б. Сумма проекций внешних нагрузок на горизонтальную ось Ozравна нулю. Следовательно горизонтальная реакция на опоре 1 (в стержне 1г) равна нулю и поэтому на рис. 7.8, б не указана.

6.2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно опорных точек 1 и 2 (при таком выборе центров моментов система двух уравнений равновесия расщепляется на два независимых уравнения)

$$\left.\begin{aligned} L\,R_{2г} - (qL^2)/2 - 1{,}5\,LP + M = 0, \\ -L\,R_{1г} + (qL^2)/2 - 0{,}5\,LP + M = 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7.4)$$

6.3. Решаем систему

$$\left.\begin{aligned} R_{1г} = ((qL^2)/2 - 0{,}5\,LP + M)/L = 10\ кН, \\ R_{2г} = ((qL^2)/2 + 1{,}5\,LP - M)/L = 30\,кН \end{aligned}\right\}. \qquad (7.5)$$

6.4. Для проверки составляем уравнение моментов относительно точки Щ (середины пролёта 1-2)

$$-0{,}5\,L\,R_{1г} + 0{,}5\,L\,R_{2г} - L\,P + M = 0. \qquad (7.6)$$

$$-0{,}5 \cdot 2 \cdot 20 + 0{,}5 \cdot 2 \cdot 30 - 2 \cdot 20 + 20 = 0.$$

6.5. Запишем аналитическое выражение для эпюры грузового момента. Ось балки обозначим Oz и направим слева направо. Начало координат z выберем в самой левой точке балки (опоре 1).

$$M_г(z) = R_{1г}z - (qz^2)/2 + (R_{2г}(z-l) + q(z-l)^2/2)\,H(z-l) -$$

$$-P \cdot \left(z - {}^3/_2\,l\right)H\left(z - {}^3/_2\,l\right) - MH(z - {}^5/_2\,l). \qquad (7.7)$$

Эпюра грузового момента может быть построена как методом сечений, так и путём вычислений по формуле (7.7). Эпюра грузового момента представлена на рис. 7.8, в.

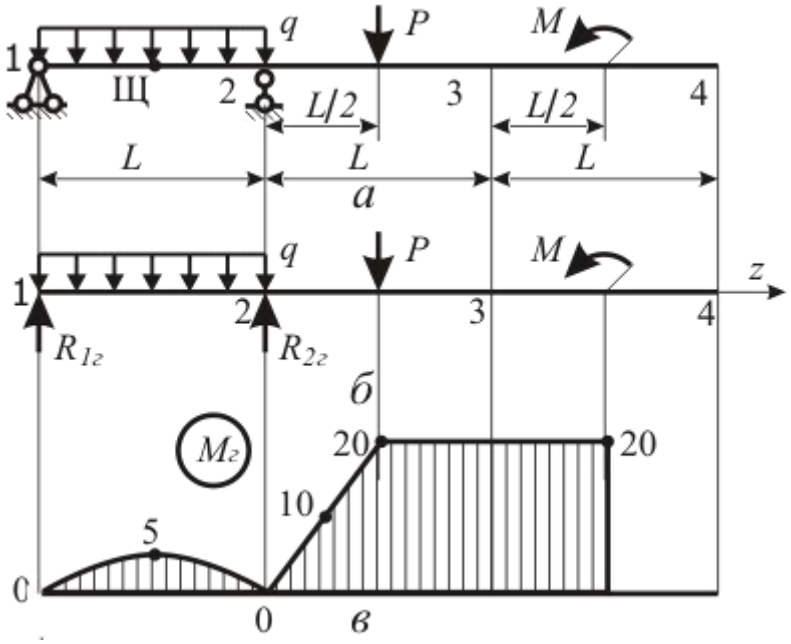


Рис. 7.8. К построению эпюры грузового момента $M_г$

7. Строим эпюру изгибающего момента от единичной силы, которая приложена в точке 4 и совпадает по направлению с избыточной неизвестной X_1 (полагаем неизвестную $X_1 = 1$). Момент от действия неизвестной $X_1 = 1$ называют единичным и выделяют надчёркиванием символа M. Построение эпюр изгибающих моментов рассмотрено в п. 6, а также в задаче 3. В случае консольной балки, нагруженной только на консоли, эпюру моментов можно построить без определения опорных реакций, Моменты на опоре 1 и в точке нагружения 4 (в которой к консоли приложена сила X_1) равны нулю: $\overline{M_1}(z_1) = 0$, $\overline{M_1}(z_4) = 0$. Момент силы $X_1 = 1$ на опоре 2 равен $\overline{M_1}(z_2) = 2 \cdot L = 2 \cdot 2 = 4$ Н·м.

Проводим ось Oz. На вертикали 2 откладываем вверх (в выбранном масштабе) отрезок, равный значению $\overline{M_1}(z_2)$. Верхнюю точку отложенного отрезка соединяем прямыми с нулями точек 1 и 4 (рис. 7.9, в).

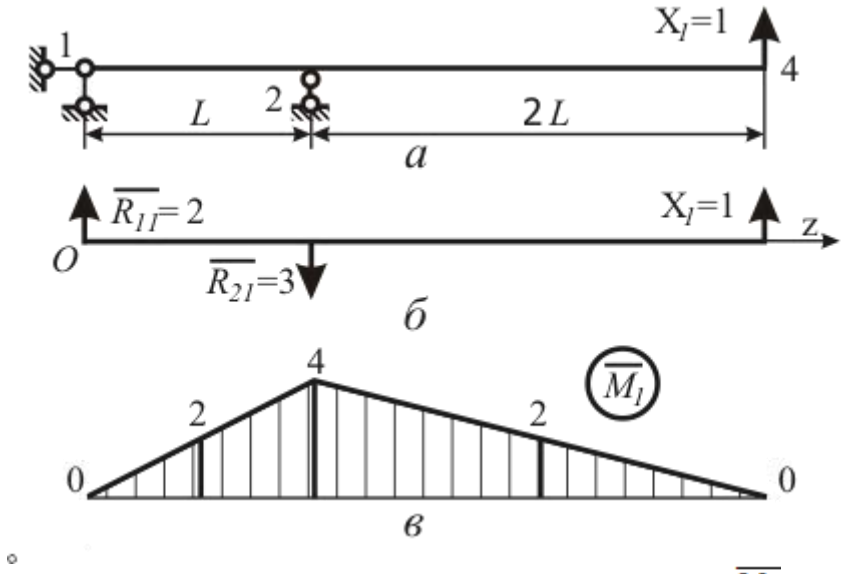


Рис. 7.9. К построению единичного момента $\overline{M_1}$

Аналитическое выражение для единичного момента запишем в виде

$$\overline{M_1(z)} = \overline{R_{11}}\, z - \overline{R_{21}}(z - L)\, H(z - L), \qquad (7.8)$$

где начало координат для оси Oz взято в левом сечении балки (на опоре 1); реакции опор $\overline{R_{11}}$ и $\overline{R_{21}}$ от единичной силы $X_1 = 1$ найдены из уравнений равновесия моментов относительно опорных точек 2 и 1

$$\left.\begin{aligned} -L\,\overline{R_{11}} + 2\,L\,X_1 &= 0, \\ -L\,\overline{R_{21}} + 3\,l\,X_1 &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Получаем $\overline{R_{11}} = 2$ и $\overline{R_{21}} = 3$. Направления реакций указаны на рис. 7.9, б.

8. Построение эпюры единичного момента $\overline{M_2}$ от единичной силы, приложенной в точке 3 и совпадающей по направлению с избыточной неизвестной X_2 ($X_2 = 1$), схоже с построением $\overline{M_1}$ (см. рис. 7.9).

Моменты на опоре 1 и в точке 3 равны нулю: $\overline{M_2}(z_1) = \overline{M_2}(z_3) = 0$. Момент на опоре 2 от силы $X_2 = 1$ равен $\overline{M_2}(z_2) = 1 \cdot L = 2$. Проводим ось Oz. На вертикали 2 откладываем вверх (в выбранном масштабе) отрезок, равный

значению $\overline{M_2}(z_2)$. Верхнюю точку отложенного отрезка соединяем прямыми с нулями точек 1 и 3. Справа от точки 3 нагрузки отсутствуют, поэтому $\overline{M_2} \equiv 0$ на участке 3 - 4 (рис. 7.10, в).

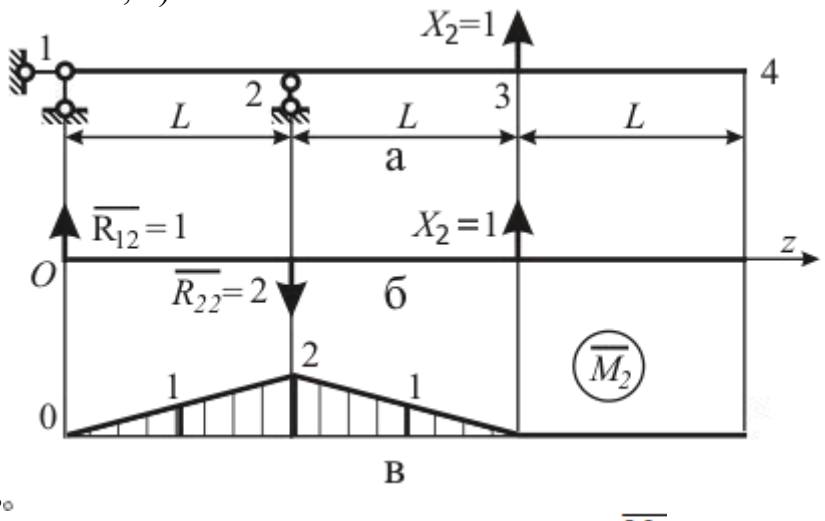


Рис. 7.10. К построению эпюры $\overline{M_2}$

Аналитическое выражение для единичного момента запишем в виде

$$\overline{M_2(z)} = \overline{R_{12}}\, z - \overline{R_{22}}(z-L)\, H(z-L) + 1 \cdot (z - 2L)\, H(z - 2L), \quad (7.9)$$

где начало координат для оси Oz взято в левом сечении балки (на опоре 1); реакции опор $\overline{R_{12}}$ и $\overline{R_{22}}$ от единичной силы $X_1 = 1$ найдены из уравнений равновесия моментов относительно опорных точек 2 и 1

$$\left.\begin{aligned} -L\,\overline{R_{12}} + L\,X_2 &= 0, \\ -L\,\overline{R_{22}} + 2\,l\,X_2 &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Получаем $\overline{R_{12}} = 1$ и $\overline{R_{22}} = 2$. Направления реакций указаны на рис. 7.10, б.

9. Перемещение эквивалентной системы в направлении избыточного неизвестного X_{1i} под действием внешней нагрузки (грузовой член Δ_i системы уравнений метода сил) вычисляем по формуле (7.6), в которую подставлены выражения моментов (7.8),(7.9),(7.12). В результате вычислений получаем

$$\Delta_1 = \int_0^{3L} M_e(z) \cdot \overline{M_1}(z)/(EJ) \cdot dz = 127/(EJ);$$

$$\Delta_2 = \int_0^{3L} M_e(z) \cdot \overline{M_2}(z)/(EJ) \cdot dz = 30.0/EJ.$$

Расчёты проведены с использованием системы аналитических вычислений «Математика 5». Отметим, что подобные вычисления могут быть сделаны с использованием других систем символьной математики (MATHCAD, MAPLE).

Вычислим грузовые коэффициенты применяя формулу Симпсона. Получаем

$$\Delta_1 = 2/(6EJ)(0\cdot 0 + 4\cdot 2\cdot 5 + 4\cdot 0) + 1/(6EJ)(4\cdot 0 + 4\cdot 3{,}5\cdot 10 + 3\cdot 20) +$$
$$+ 2/(6EJ)(3\cdot 20 + 4\cdot 2\cdot 20 + 1\cdot 20) + 1/(6EJ)(2\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 0 + 0\cdot 0) =$$
$$= 127/EJ\,.$$

$$\Delta_2 = 2/(6EJ)(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 5 + 2\cdot 0) + 1/(6EJ)(2\cdot 0 + 4\cdot 1{,}5\cdot 10 + 1\cdot 20) +$$
$$+ 1/(6EJ)(1\cdot 20 + 4\cdot 0{,}5\cdot 20 + 0\cdot 20) = 30{,}0/EJ\,.$$

10. При определении перемещения y_{ij} эквивалентной системы в направлении избыточного неизвестного X_{1i} под действием избыточного неизвестного X_{1j} интеграл перемещений примет вид

$$y_{ij} = X_j \int_0^{3L} \overline{M_i}(z)\,\overline{M_j}(z)/(EJ)\,. \qquad (7.10)$$

Здесь используется принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции). Изгибающий момент от избыточного неизвестного X_j представлен как произведение модуля этого неизвестного на момент от единичной силы, приложенной в точке jи действующей по направлению силы X_j.

Интеграл в формуле (7.10) называют коэффициентом при неизвестном системы канонических уравнений метода сил и обозначают δ_{ij}. Из свойств определённого интеграла вытекают следующие свойства матрицы коэффициентов при неизвестных системы канонических уравнений метода сил: матрица коэффициентов при неизвестных симметрична

$$\delta_{ij} = \delta_{ji};$$

диагональные члены матрицы коэффициентов при неизвестных положительны $\delta_{ii} > 0$.

Канонические уравнения метода сил примут вид с учётом принятых обозначений:

$$\left.\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_1 = 0,\\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_2 = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (7.11)$$

Коэффициенты при неизвестных вычислены по формуле Симпсона

$$\delta_{11} = L/(6EJ)(0 + 4\cdot 2^2 + 4^2) + 2\,L/(6EJ)(0 + 4\cdot 2^2 + 4^2) = 32/(EJ);$$

$$\delta_{22} = 2\cdot 2/(6EJ)\,(0 + 4\cdot 1 + 2^2)/(6EJ) = 5{,}33/(EJ);$$

$$\delta_{12} = 2/(6EJ)(0 + 4\cdot 2\cdot 1 + 4\cdot 2) + 2/(6EJ)(4\cdot 2 + 4\cdot 3\cdot 1 + 2\cdot 0) = 12/EJ\,.$$

11. Система канонических уравнений метода сил

$$\left.\begin{aligned} 32{,}0\,X_1 + 12{,}0\,X_2 + 127 = 0\,,\\ 12{,}0\,X_1 + 5{,}33\,X_2 + 30{,}0 = 0 \end{aligned}\right\}.$$

Корни этой системы равны $X_1 = -11{,}8$, $X_1 = 21{,}0$. Избыточное неизвестное X_1 отрицательно, следовательное его направление и направление реакций $\overline{R_{11}}$и $\overline{R_{21}}$ обратно принятому на рис. 7.10, б.

12. Определяем опорные реакции. В соответствии с направлениями реакций (рис. 7.19, б – 7.10, б) получаем

$$R_1 = R_{1в} + X_1\overline{R_{11}} + X_2\overline{R_{12}} = 10{,}0 - 11{,}8\cdot 2 + 21{,}0\cdot 3 = 7{,}33;$$

$$R_2 = R_{2в} - X_1\overline{R_{21}} - X_2\overline{R_{22}} = 30 - (-11{,}8)\cdot 1 - 21{,}0\cdot 2 = 23{,}5.$$

Строим истинную эпюру поперечной силы Q (рис. 7.11, ж).

13. Истинную эпюру изгибающих моментов, в неразрезной балке находим по формуле

$$M(z) = M_в(z) + X_1\overline{M_1}(z) + X_2\overline{M_2(z)}\,.$$

Эпюра изгибающего момента дана на рис. 7.11, з.

14. Выбор двутавра из условия прочности $\sigma_m = M_m/W \le [\sigma]$. Здесь: $M_m = 11{,}8$ [кН·м] $= 11{,}8\cdot 10^3$ [Н·м] – наибольший по модулю изгибающий

момент в балке (найденный в п. 3); $[\sigma] = 200$ [МПа] $= 2 \cdot 10^8$ [Н/м^2] – допускаемые напряжения.

Требуемый по условию прочности момент сопротивления изгибу $W = M_m/[\sigma] = 11{,}8 \cdot 10^3/2 \cdot 10^8 = 5{,}9 \cdot 10^{-5}$[м^3]$= 59$[см^3]. В ГОСТ 8239-89 находим двутавр с ближайшим большим моментом сопротивления изгибу: двутавр № 14, $W_x = 81{,}7{,}0$ [см^3]. Его момент инерции $J_x = 572$ [см^4].

15. Находим максимальные напряжения изгиба

$$\sigma_{max} = M_{max}/W_x = 11{,}8 \cdot 10^3/81{,}7 \cdot 10^{-6} = 1{,}45 \cdot 10^8 \text{ [Н/м}^2\text{]}.$$

Определяем коэффициент запаса прочности по допускаемым напряжениям $k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}45 \cdot 10^8 = 1{,}38$.

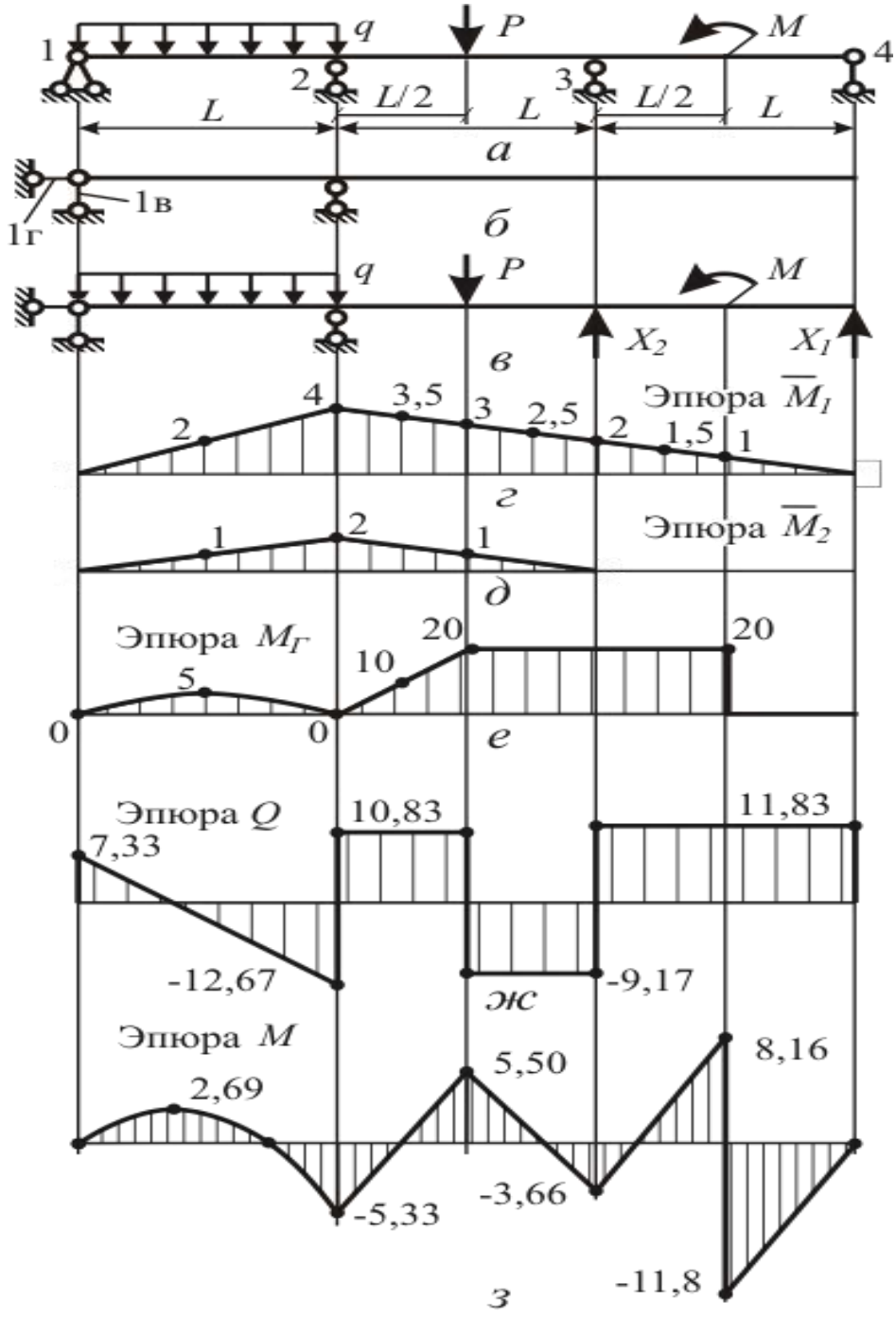


Рис. 7.11. Раскрытая методом сил статическая неопределимость

Задача №8. Расчет стержней на устойчивость

Из расчёта на устойчивость подобрать размеры поперечного сечения стального стержня, сжатого осевой силой P. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ указаны на рис. 8.1. Схемы сечений даны на рис. 8.2 и 8.3. Данные для расчёта сведены в табл. 8.1. Коэффициент продольного изгиба Приведен в табл.8.2.

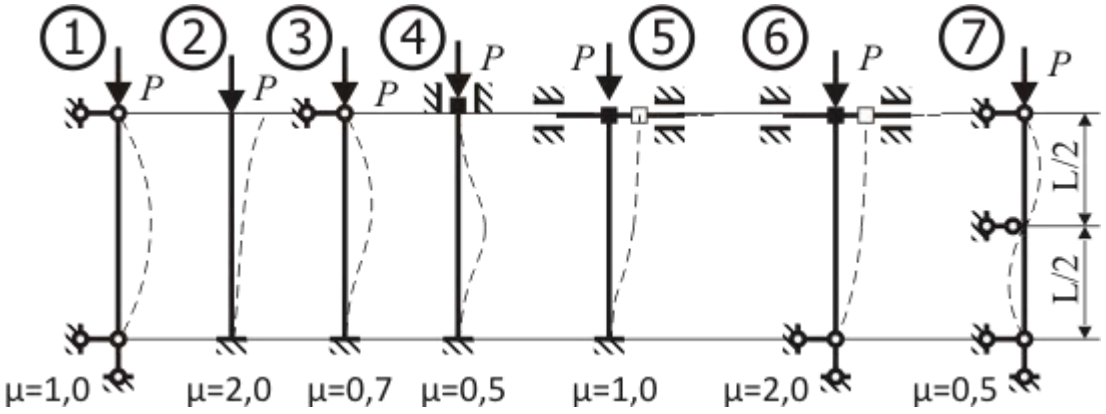


Рис. 8.1. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ

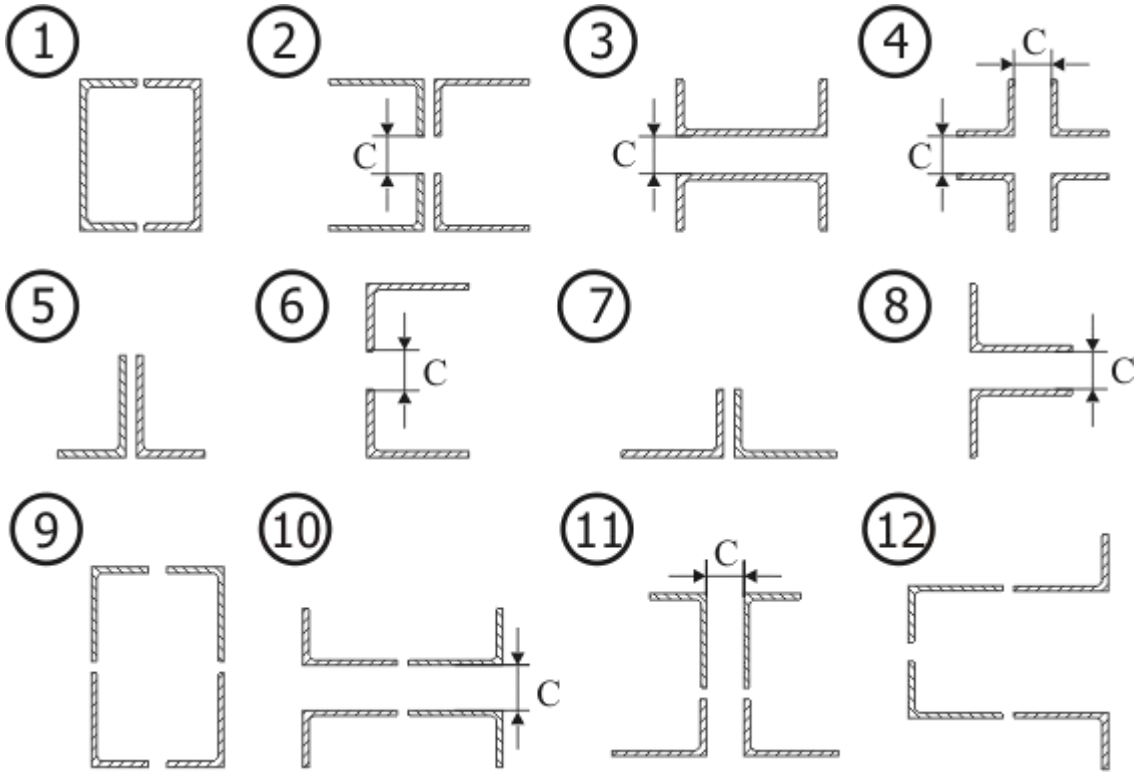


Рис. 8.2. Схемы поперечных сечений 1 – 12 стержня

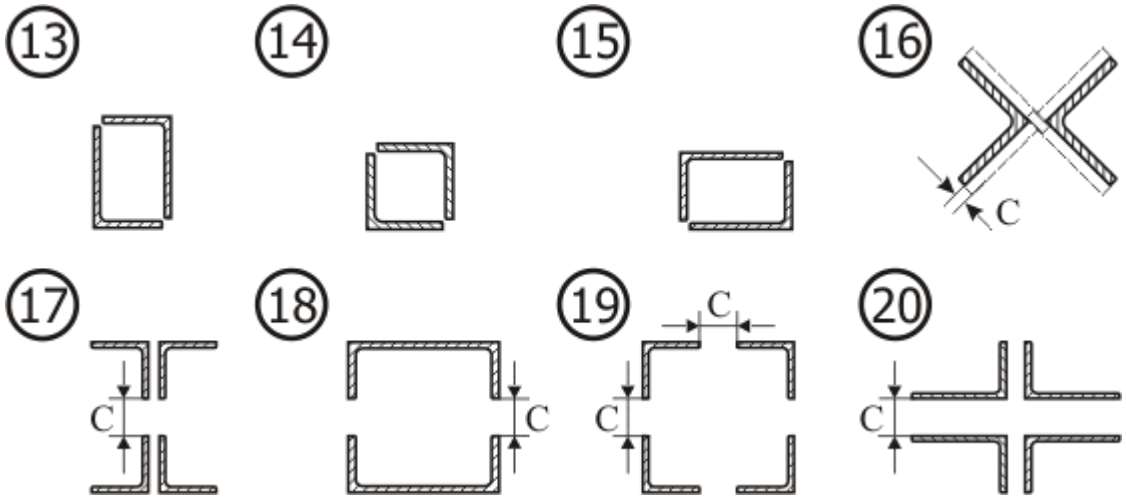


Рис. 8.3. Схемы поперечных сечений 13 – 20 стержня

Таблица 8.1

Исходные данные к задаче № 8

Номер варианта	Номер схемы закрепления	Номер сечения	Длина L, м	c, м	Осевая сила P, кН	Допускаемые напряжения сжатия $[\sigma]$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	6,0	–	500	240
2	2	2	2,5	70	550	280
3	3	3	6,5	75	600	320
4	4	4	7,0	80	650	360
5	5	5	7,5	–	95	400
6	6	6	3,0	55	90	440
7	7	7	8,0	–	85	480
8	1	8	6,0	60	80	520
9	2	9	3,5	–	700	560
10	3	10	6,5	65	750	600
11	4	11	7,0	70	800	640
12	5	12	7,5	–	850	240
13	6	13	4,0	–	75	280
14	7	14	8,0	–	70	320
15	1	15	6,0	–	65	360
16	2	16	2,5	75	60	400
17	3	17	6,5	80	900	440
18	4	18	7,0	55	500	480
19	5	19	7,5	60	550	520
20	6	20	3,0	65	600	560
21	7	1	8,0	–	650	600
22	1	2	6,0	70	700	640
23	2	3	3,5	75	750	240
24	3	4	6,5	80	800	280

Окончание таблицы 8.1

Номер варианта	Номер схемы закрепления	Номер сечения	Длина L, м	c, мм	Осевая сила P, кН	Допускаемые напряжения сжатия $[\sigma]$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
25	4	5	7,0	–	55	320
26	5	6	7,5	55	95	360
27	6	7	4,0	–	90	400
28	7	8	8,0	60	85	440
29	1	9	6,0	–	850	480
30	2	10	2,5	65	900	520
31	3	11	6,5	70	500	560
32	4	12	7,0	–	550	600
33	5	13	7,5	–	80	640
34	6	14	3,0	–	75	240
35	7	15	8,0	–	70	280
36	1	16	6,0	75	65	320
37	2	17	3,5	80	600	360
38	3	18	6,5	55	650	400
39	4	19	7,0	60	700	440
40	5	20	7,5	65	750	480
41	6	1	4,0	–	800	520
42	7	2	8,0	70	850	560
43	1	3	6,0	75	900	600
44	2	4	2,5	80	500	640
45	3	5	6,5	–	60	240
46	4	6	7,0	55	55	280
47	5	7	7,5	–	95	320
48	6	8	3,0	60	90	360
49	7	9	8,0	–	550	400
50	1	10	6,0	65	600	440
51	2	11	3,5	70	650	480
52	3	12	6,5	–	700	520
53	4	13	7,0	–	85	560
54	5	14	7,5	–	80	600
55	6	15	4,0	–	75	640
56	7	16	8,0	75	70	240
57	1	17	6,0	80	750	280
58	2	18	2,5	55	800	320
59	3	19	6,5	60	850	360
60	4	20	7,0	65	900	400
61	5	1	7,5	–	500	440
62	6	2	3,0	70	550	480
63	7	3	8,0	75	600	520
64	1	4	6,0	80	650	560

Таблица 8.2.

Коэффициент продольного изгиба

Гибкость, λ	Значение коэффициента φ				
	Материал				
	Ст.4, Ст.3	Ст.5	Ст.СПБ	чугун	дерево
0	1	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,95	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,8
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,6
80	0,75	0,7	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,2	0,38
100	0,63	0,51	0,43	0,16	0,31
130	0,4	0,33	0,26	-	0,18
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11
180	0,23	0,019	0,15	-	0,1
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Подобрать размеры поперечного сечения стальной трубчатой колонны, нагруженной осевой силой $P = 475$ кН. Высота колонны $l = 2{,}5$ м. Отношение внутреннего диаметра трубы к наружному равно $k = d_в/d = 0{,}5$. Схема закрепления колонны № 2 в табл. 7.1. Коэффициент приведённой длины $\mu = 2$. Допускаемые напряжения сжатия для материала колонны $[\sigma] = 440$ МПа.

1. Переводим: осевую силу в ньютоны $P = 4{,}75 \cdot 10^5$Н; допускаемые напряжения в Паскали: $[\sigma] = 4{,}4 \cdot 10^8$ Па.

2. Определяем приведённую длину колонны: $L = \mu\, l = 2 \cdot 2{,}5 = 5$ м.

3. Шаг 1 подбора сечения методом последовательных приближений. Задаём начальное значение коэффициента снижения запаса при продольном изгибе φ_1 по сравнению с коэффициентом запаса прочности при сжатии. Начальное значение коэффициента φ_1 рекомендуется выбирать в интервале 0,5 – 0,7. Принимаем $\varphi_1 = 0{,}5$.

4. По формуле

$$S_i = P/(\varphi_i\,[\sigma]) \qquad (8.1)$$

определяем площадь сечения, при которой обеспечивается устойчивость

$$S_1 = P/(\varphi_1\,[\sigma]) = 4{,}75 \cdot 10^5/(0{,}5 \cdot 4{,}4 \cdot 10^8) = 0{,}00216 \text{ м}^2.$$

5. Наружный диаметр сечения кольца, площадь которого равна S_1, находим по формуле

$$d_i = 2\sqrt{S_i/(\pi(1-k^2))}. \quad (8.2)$$

Получаем

$$d_1 = 2\sqrt{S_1/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00216/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}0605 \text{ м}.$$

6. Радиус инерции кольца

$$i = d\sqrt{1+k^2}/4. \quad (8.3)$$

Для выбранного кольца радиус инерции

$$i_1 = d_1\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}0605\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0169 \text{ м}.$$

7. Гибкость стержня определяется по формуле

$$\lambda = L/i. \quad (8.4)$$

Сечение, выбранное на первом шаге, имеет гибкость

$$\lambda_1 = L/i_1 = 5/0{,}0169 = 295.$$

8. По табл. 8.3 определяем коэффициент снижения запаса по устойчивости по сравнению с коэффициентом запаса прочности при сжатии. Для стали СПБ (с повышенными прочностными характеристиками) наибольшее значение гибкости, при котором определён коэффициент φ, равно $\lambda = 200$. Принимаем значение коэффициента запаса для стержня, выбранного на шаге 1, равным $\Phi_1 = 0$. Различие значений коэффициента снижения запаса устойчивости $\varphi_1 = 0{,}5$ и $\Phi_1 = 0$ относительно велико.

9. Шаг 2.

9.1. Начальное значение коэффициента φ на следующем шаге принимаем равным среднему значению начального и конечного значений коэффициентов предыдущего шага. Для шага 2 имеем

$$\varphi_2 = (\varphi_1 + \Phi_1)/2 = (0{,}5+0)/2 = 0{,}25. \quad (8.5)$$

9.2. По формулам (8.1) – (8.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 2 значении φ_2.

Получаем для шага 2:

площадь

$$S_2 = P/(\varphi_2\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}25\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00432 \text{ м}^2;$$

диаметр

$$d_2 = 2\sqrt{S_2/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00432/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}0856 \text{ м};$$

радиус инерции

$$i_2 = d_2\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}0856\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0239 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_2 = L/i_2 = 5/0{,}0239 = 209.$$

9.3. Гибкость λ_2 превышает значение гибкости, для которой составлена табл. 8.3. Принимаем коэффициент снижения допускаемых напряжений при расчёте на устойчивость по отношению к допускаемым напряжениям при сжатии $\Phi_2 = 0$.

10. Шаг 3.

10.1. По аналогии с формулой (8.5) для шага 3 получаем

$$\varphi_3 = (\varphi_2 + \Phi_2)/2 = (0{,}25+0)/2 = 0{,}125.$$

10.2. По формулам (7.1) – (7.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 3 значении φ_3.

Получаем для шага 3:
площадь

$$S_3 = P/(\varphi_3\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}125\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00864\ \text{м}^2;$$

диаметр

$$d_3 = 2\sqrt{S_3/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00864/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}121\ \text{м};$$

радиус инерции

$$i_3 = d_3\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}121\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0338\ \text{м};$$

гибкость

$$\lambda_3 = L/i_3 = 5/0{,}0338 = 148\,.$$

10.3. По табл. 8.3 для стали СПБ находим с помощью линейной интерполяции значение коэффициента Φ_3. Для начального $\lambda_н$ и конечного $\lambda_к$ значений границ интервала, в коем лежит найденная гибкость λ, выписываем из табл. 8.3 соответствующие им значения $\varphi_н$ и $\varphi_к$. По формуле линейной интерполяции

$$\Phi = \varphi_н + (\varphi_к - \varphi_н)\,(\lambda - \lambda_н)/(\lambda_к - \lambda_н) \qquad (8.6)$$

получаем для шага 3:

$$\lambda_{н3} = 140\,;\ \lambda_{к3} = 150;$$
$$\varphi_{н3} = 0{,}23;\ \varphi_{к3} = 0{,}21;$$
$$\lambda_3 = 148.$$

Подставляя эти значения в (7.6), получаем

$$\Phi_3 = \varphi_{н3} + (\varphi_{к3} - \varphi_{н3})\,(\lambda_3 - \lambda_{н3})/(\lambda_{к3} - \lambda_{н3}) =$$
$$= 0{,}23 + (0{,}21 - 0{,}23)\,(148 - 140)/(150 - 140) = 0{,}215.$$

10.4. Определяем критическую силу по формуле

$$P = \Phi\, S\,[\sigma]. \qquad (8.7)$$

Получаем

$$P_3 = \Phi_3 S_3[\sigma] = 0{,}215\cdot 0{,}00864\cdot 4{,}4\cdot 10^8 = 8{,}15\cdot 10^5\ \text{Н}.$$

10.5. По формуле

$$\Delta_i = (P_i - P)/P \qquad (8.8)$$

ищем относительную погрешность подбора сечения.
Получаем

$$\Delta_i = (P_i - P)/P = (8{,}15\cdot 10^5 - 4{,}75\cdot 10^5)/4{,}75\cdot 10^5 = 0{,}716.$$

При подборе поперечного сечения колонны следует стремится к тому, чтобы относительная погрешность подбора лежала в пределах $\mp 0{,}05$.

11. Шаг 4

11.1. По формуле (8.5) для шага 4 получаем

$$\varphi_4 = (\varphi_3 + \Phi_3)/2 = (0{,}125 + 0{,}215)/2 = 0{,}170.$$

11.2. По формулам (8.1) – (8.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 4 значении φ_4.
Получаем для шага 4:
площадь

$$S_4 = P/(\varphi_4\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}170\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00636\ \text{м}^2;$$

диаметр

$$d_4 = 2\sqrt{S_4/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00636/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}104\ \text{м};$$

радиус инерции

$$i_3 = d_3\sqrt{1+k\hat{}2}/4 = 0{,}104\sqrt{1+0{,}5\hat{}2}/4 = 0{,}0290 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_3 = L/i_3 = 5/0{,}0290 = 172\,.$$

11.3. По табл. 8.3 для стали СПБ находим значение коэффициента Φ_4. Для начального $\lambda_н$ и конечного $\lambda_к$ значений границ интервала, в коем лежит найденная гибкость λ, выписываем из табл. 8.3 соответствующие им значения $\varphi_н$ и $\varphi_к$. По формуле линейной интерполяции

$$\Phi = \varphi_н + (\varphi_к - \varphi_н)\,(\lambda - \lambda_н)/(\lambda_к - \lambda_н) \qquad (8.9)$$

получаем для шага 4:

$$\lambda_{н4} = 170\,;\ \lambda_{к4} = 180;$$
$$\varphi_{н4} = 0{,}17;\ \varphi_{к4} = 0{,}15;$$
$$\lambda_4 = 172.$$

Подставляя эти значения в (8.9), получаем

$$\Phi_4 = \varphi_{н4} + (\varphi_{к4} - \varphi_{н4})\,(\lambda_4 - \lambda_{н4})/(\lambda_{к4} - \lambda_{н4}) =$$
$$= 0{,}17 + (0{,}15 - 0{,}17)\,(172 - 170)/(180 - 170) = 0{,}166.$$

11.4. Определяем критическую силу по формуле

$$P = \Phi\, S\, [\sigma]. \qquad (8.10)$$

Получаем

$$P_4 = \Phi_4 S_4 [\sigma] = 0{,}166 \cdot 0{,}00636 \cdot 4{,}4 \cdot 10^8 = 4{,}64 \cdot 10^5 \text{Н}.$$

11.5. По формуле (8.8) ищем относительную погрешность подбора сечения. Получаем

$\Delta_i = (P_i - P)/P = (4{,}64 \cdot 10^5 - 4{,}75 \cdot 10^5)/4{,}75 \cdot 10^5$=0,0242.

Критическая сила для стержня меньше действующей силы на 2,42%. Полученное значение лежит в пределах принятой в сопротивлении материалов погрешности в 5 %.

12. Выбрана труба с внешним диаметром 105 мм и внутренним диаметром 52,5 мм.

Задача № 9. Расчёт статически неопределимых рам

Раскрыть статическую неопределимость рамы (рис. 9.1). Построить эпюры внутренних силовых факторов, действующих в поперечных сечениях. Выбрать сечение двутавровой балки при заданном допускаемом напряжении $[\sigma] = 160$ МПа. Данные для расчёта взять из табл. 9.1.

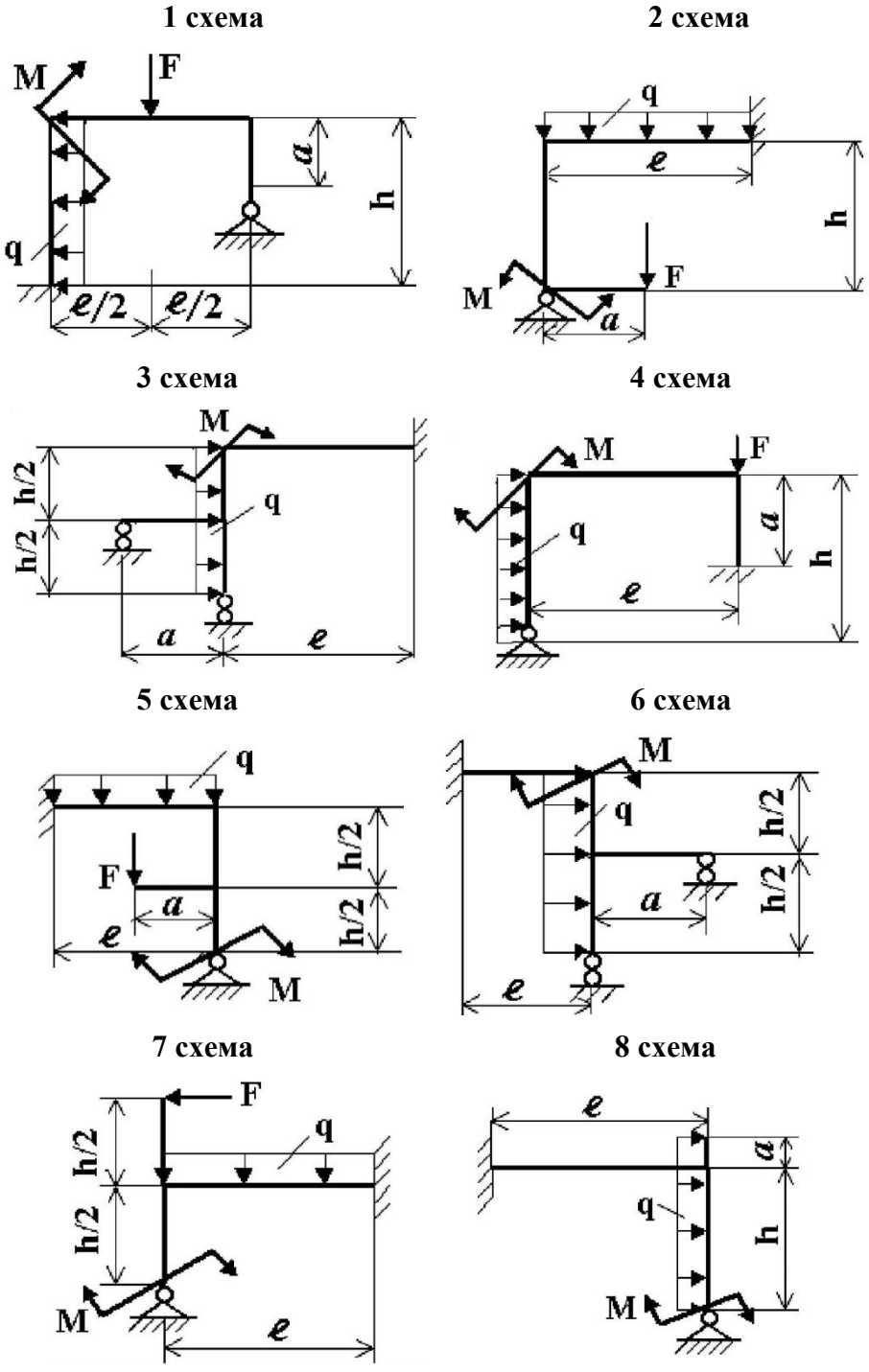


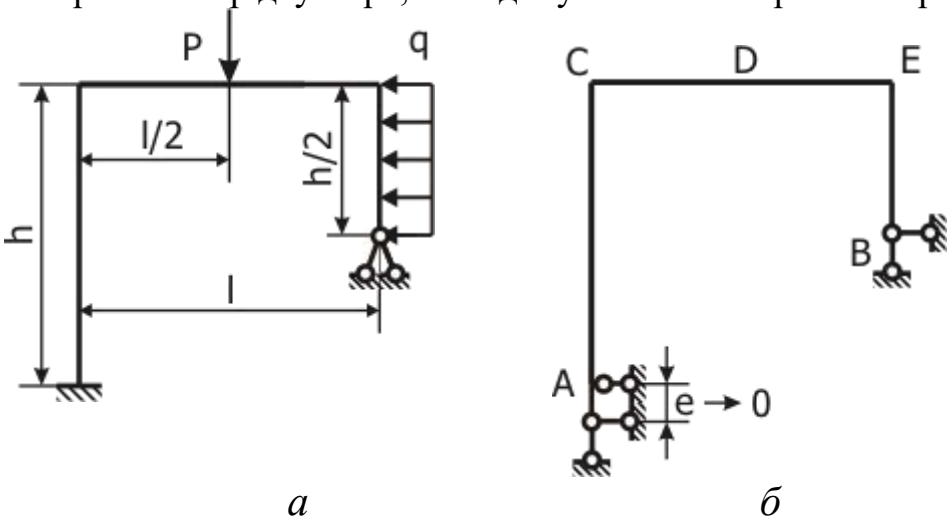
Рис. 9.1 Рама: схемы 1 … 8

Табл. 9.1

Номер задания	Схема по рис.9.1	Параметры	Числовые значения вариантов									
1	**1**	***h*, м**	**2,5**	**3,0**	**2,0**	**2,0**	**2,5**	**2,5**	**3,0**	**3,0**	**3,0**	**3,0**
2	**2**	***a*, м**	**1,8**	**1,0**	**1,5**	**1,6**	**1,0**	**1,2**	**1,5**	**1,0**	**2,0**	**1,8**
3	**3**	**M, кНм**	**30**	**40**	**20**	**20**	**40**	**26**	**25**	**60**	**30**	**20**
4	**4**	**F, кН**	**24**	**25**	**35**	**65**	**30**	**30**	**30**	**50**	**65**	**35**
5	**5**	**q, кН/м**	**30**	**30**	**30**	**10**	**10**	**35**	**20**	**35**	**15**	**10**
6	**6**	***h*, м**	**3,0**	**3,0**	**2,5**	**3,0**	**2,5**	**3,0**	**2,5**	**2,0**	**3,0**	**2,5**
7	**7**	***l*, м**	**4,0**	**4,0**	**2,0**	**2,5**	**3,0**	**4,0**	**3,0**	**3,0**	**2,0**	**4,0**
8	**8**	**M, кНм**	**30**	**45**	**25**	**30**	**25**	**24**	**35**	**20**	**35**	**20**
Номер варианта			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Раскрыть статическую неопределимость рамы (рис. 9.2. *а*). Размеры $l = 4$ м; $h = 4$ м. Нагрузки: $P = 20$ [кН]; $q = 5$ [кН/м]. Сечения стержней – двутавр. Выбрать номер двутавра, если допускаемые напряжения равны $[\sigma] = 160$ МПа.



а *б*

Рис. 9.2 Рама: а) схема; б) количество опорных стержней

РЕШЕНИЕ

1. *Степень статической неопределимости рамы.* Число опорных стерней равно 5 (заделка эквивалентна 3 опорным стержням (рис. 9.2. *б*), шарнирно-неподвижная опора образована 2 стержнями). Для определения опорных реакций плоской рамы имеем 3 уравнения статики. **Степенью статической неопределимости** называется разность между числом опорных стержней и числом уравнений статики. Рама дважды статически неопределима

$$N_{\text{неоп}} = K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 5 - 3 = 2.$$

2. *Выбор основной системы.* Удалив в заданной системе 2 опорных стержня, получим необходимое условие статической определимости

$$K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 0.$$

Основной системой называется **неизменяемая** статически определимая система, полученная из заданной системы отбрасыванием избыточных связей. На рис. 9.3 приведены основные системы, полученные отбрасыванием двух лишних опорных стержней.

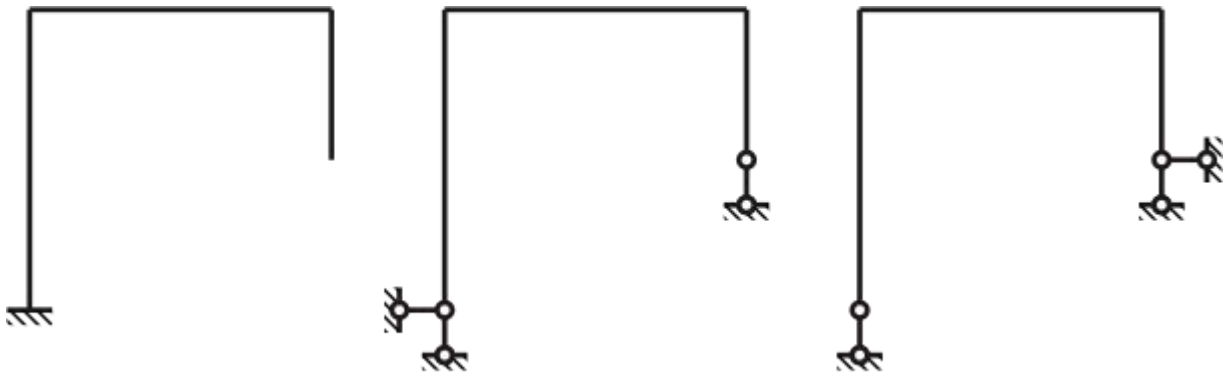


Рис. 9.3 Основные системы, полученные отбрасыванием опорных стержней

Основную систему можно получить удалением внутренних связей в узлах рамы или в самих стержнях. В основной системе (рис. 9.4.а) в узлах рамы удалены внутренние связи, передающие изгибающий момент. В системе (рис. 9.4.б) в двух сечениях удалены внутренние связи, воспринимающие изгибающие моменты. **Основная система должна быть неизменяемой**. Система (рис. 9.4.в), полученная удалением вертикальных опорных стержней, изменяема. Система (рис. 9.4.г), в правую стойку которой врезаны два шарнира, мгновенно изменяема.

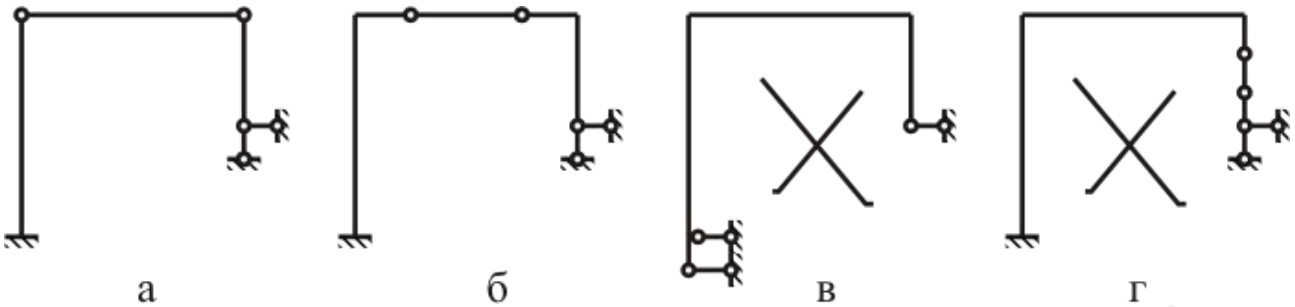


Рис. 9.4.а Основные системы, полученные удалением внутренних связей: а) в узлах, б) в стержнях, в) изменяемая система, г) мгновенно изменяемая система

3. *Выбор эквивалентной системы.* В качестве основной системы, выберем систему, показанную на рис. 9.3.а. Нагрузим её внешними нагрузками P, q согласно схеме, приведённой на (рис. 9.2.а). Действие удалённых опорных стержней, заменим **лишними неизвестными** силами $X_1,\ X_2$, приложенными в точке B. **Эквивалентной системой** называют основную систему, к которой

приложены заданные внешние нагрузки и лишние неизвестные X_1, X_2.
Эквивалентная система рамы приведена на рис. 9.5.

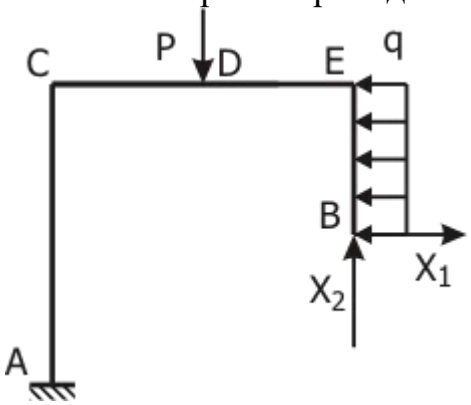


Рис. 9.5 Эквивалентная система

4. *Эпюры моментов*. При построении эпюр изгибающих моментов методом сечений применяем правило знаков для момента в балке, закреплённой горизонтально (рис. 9.6).

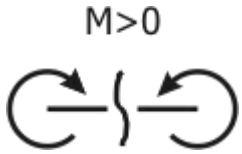


Рис. 9.6 Правило знаков для M

Перед применением этого правила к построению эпюры моментов на участке рамы с осью иного направления необходимо:

выбрать горизонтальный участок рамы и провести ниже оси этого участка пунктирную линию;

не пересекая оси рамы продолжить этот пунктир на прочих участках, параллельно их осям.

Разрезав раму и выбрав кусок, равновесие которого будет изучаться, следует повернуть кусок так, чтобы на нём ось разрезанного участка стала горизонтальной и пунктирная линия лежала ниже оси.

Пунктирная линия для рамы приведена на рис. 9.7.

Рама разбита на 4 участка: BE, ED, DC, CA. Границами участков являются: концы A и B, узлы C и E, точка D приложения силы.

4.1. *Эпюра* $\bar{M}_1$. Схема нагружения рамы силой $\bar{X}_1$ дана на рис. 9.7. Эпюру единичного изгибающего момента строим методом сечений. Правило для определения знака момента на горизонтальном участке CDE дано на рис. 9.6.

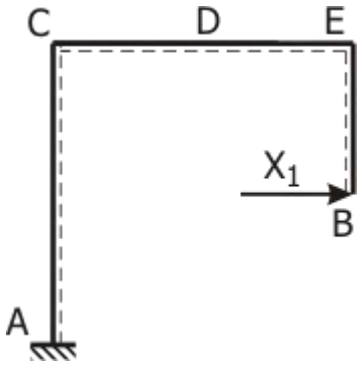


Рис. 9.7 К построению $\bar{M}_1$

4.1.1. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE*. Разрежем раму на участке BE в сечении S, лежащем на расстоянии S_B (рис. 9.8.а) и рассмотрим равновесие свободного (незакреплённого) куска. Повернём кусок SB в горизонтальное положение так, чтобы пунктирная линия лежала ниже оси (рис. 9.8.б). Момент силы $\bar{X}_1$ относительно точки равен $\bar{M}_1(S_B) = \bar{X}_1 S_B$. Сила вращает кусок SB в положительном направлении (против хода стрелок часов). По правилу знаков для моментов (рис. 9.6) это направление момента считается положительным для правого куска. Для вычисления интеграла перемещений по формуле Симпсона найдём значения момента в начале, середине, конце участка SB и построим эпюру изгибающего момента на участке. Положительные значения момента в машиностроении принято откладывать на сжатых волокнах. Представим, что кусок SB защемлён в сечении S. Сила $\bar{X}_1$ изогнёт кусок так, что правые волокна окажутся короче левых (рис. 9.8.в). Эпюру $\bar{M}_1(S_B)$ строим справа от оси стержня BE (рис. 9.8.г).

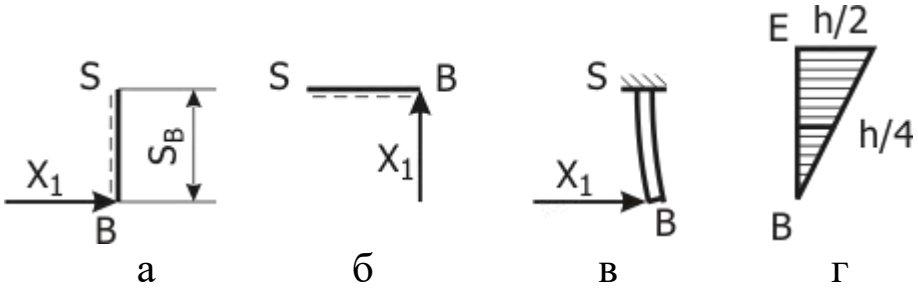
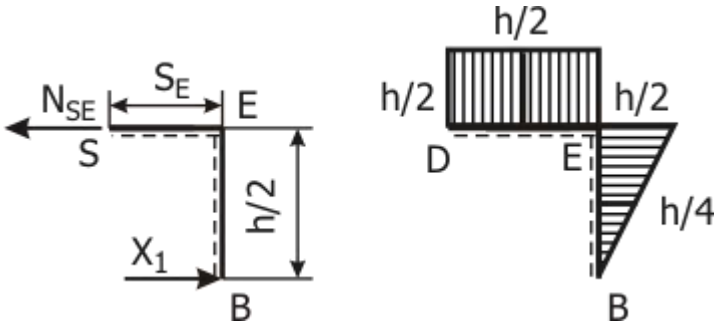


Рис. 9.8. Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) сжатые волокна; г) эпюра на участке

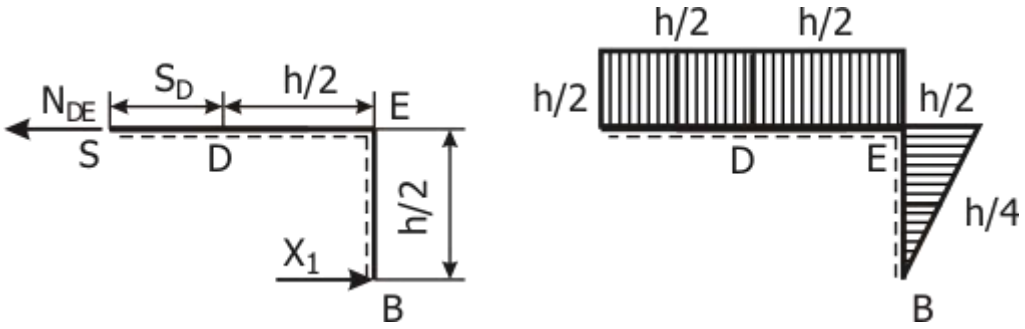
4.1.2. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED*. Разрежем раму на участке BE в сечении S, лежащем S_E на расстоянии от точки E (рис. 9.9.а). Рассматриваем равновесие правого (свободного) куска. Кусок не поворачиваем, так как пунктирная линия лежит ниже сплошной. Сила $\bar{X}_1$ уравновешена осевой силой N_{ES}, приложенной в сечении S. Эта пара сил создаёт в сечении S положительный изгибающий момент $\bar{M}_1(S_E)=\bar{X}_1 h/2$, постоянный на участке ED.



а б

Рис. 9.9 Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра

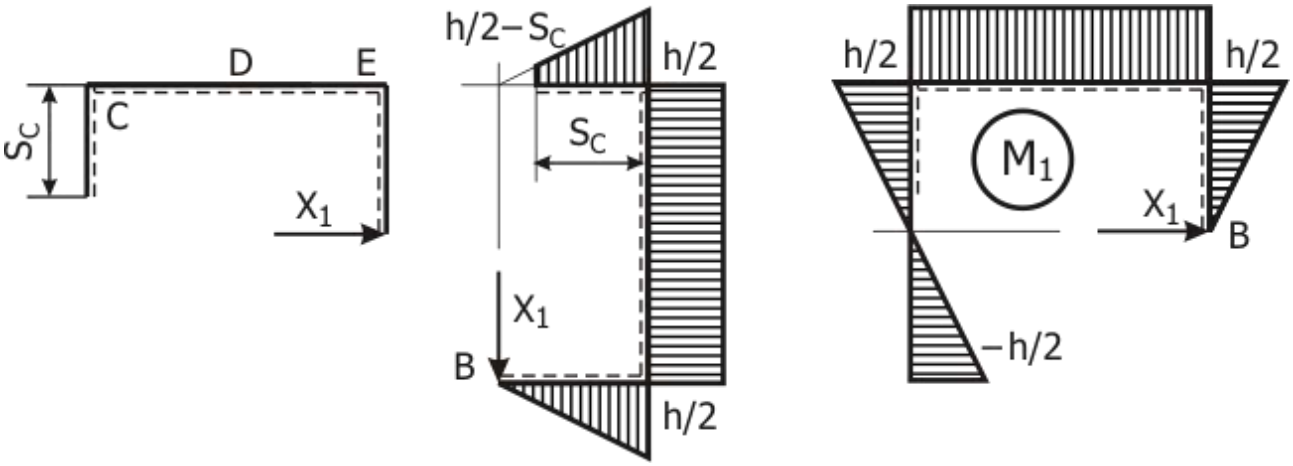
4.1.3. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке DC.* Эпюра на участке DC строится аналогично предыдущему. Результаты построения даны на рис. 9.10.



а б

Рис. 9.10 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра

4.1.4. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке CA.* Разрежем раму в сечении S, лежащем на расстоянии S_C (рис. 9.11.а) от точки C. Рассмотрим равновесие свободного куска. Повернём кусок так, чтобы участок SC стал горизонтальным и пунктирная линия лежала ниже сплошной (рис. 9.11.б). Сила $\bar{X}_1$ уравновешивается поперечной силой Q, приложенной в сечении S. Пара сил $\bar{X}_1$ и Q создаёт в этом сечении S момент равный $\bar{M}_1(S_C) = \bar{X}_1(h/2 - S_C)$. Значения момента в начале, середине, конце участка CA равны $\bar{M}_1(0) = h/2$, $\bar{M}_1(h/2) = 0$, $\bar{M}_1(0) = -h/2$ и строим эпюру изгибающего момента на участке (рис. 9.11.в).



а б в

Рис. 9.11 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке CA: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) эпюра

4.1.5. *Аналитические выражения для эпюры* $\bar{M}_1$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$\bar{M}_1 = \begin{cases} s_B; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ h/2; & \text{участок } ED \quad 0 \le s_E \le h/2; \\ h/2; & \text{участок } DC \quad 0 \le s_D \le h/2; \\ h/2 - s_C; & \text{участок } CA \quad 0 \le s_D \le h/2. \end{cases}.$$

4.2. *Эпюра* $\bar{M}_2$. Схема приложения силы $\bar{X}_2$ к раме дана на рис. 9.12.

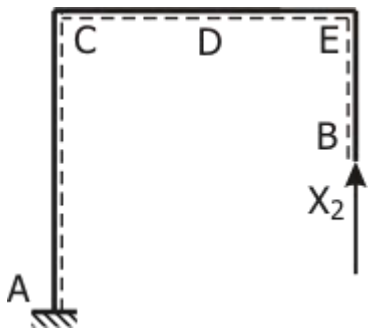


Рис. 9.12 К построению эпюры $\bar{M}_2$

4.2.1. *Участок* BE. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_B от точки B. Рассматриваем равновесие нижнего от разреза (свободного) куска (рис. 9.12). Сила $\bar{X}_2$ действует вдоль оси стержня BE. Момент $\bar{M}_2$ на участке равен нулю.

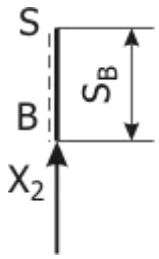
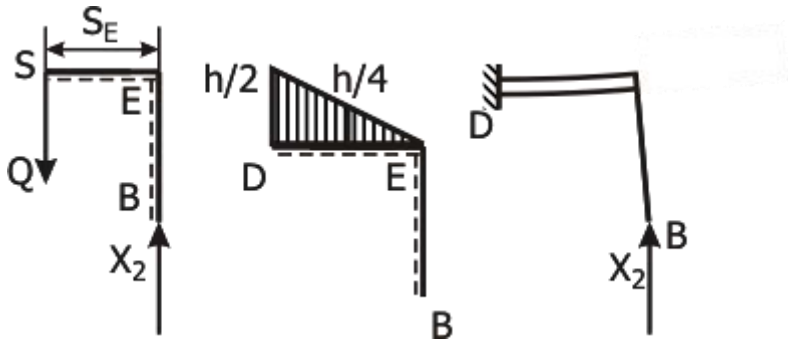


Рис. 9.12 К построению $\bar{M}_2$ на участке BE

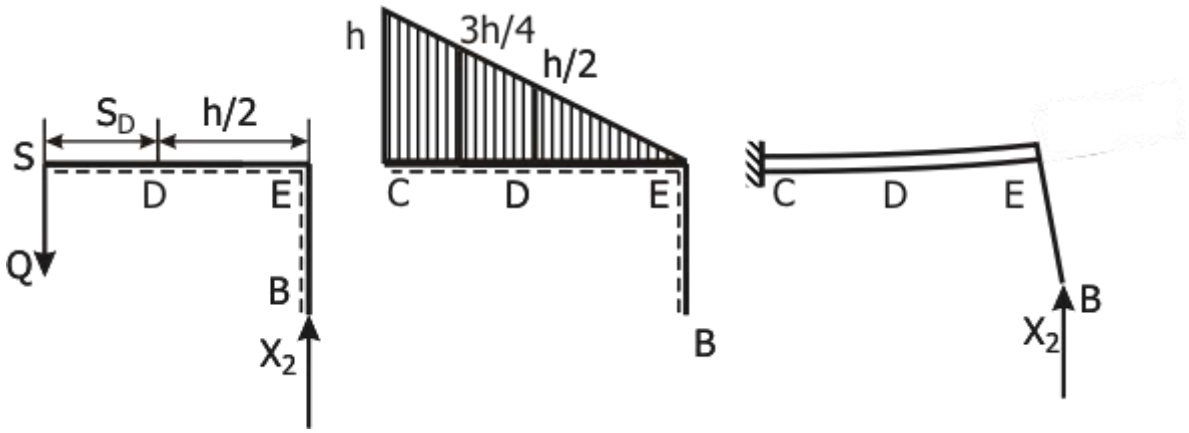
4.2.2. *Участок* ED. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_E от точки E. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.13). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и образует вместе с ней пару сил с моментом $\bar{M}_2 = \bar{X}_2 S_E = S_E$, вращающую кусок в положительном направлении. Значения момента в начале, середине, конце участка равные $\bar{M}_2(0) = 0$, $\bar{M}_2(h/4) = h/4$ и $\bar{M}_2(h/2) = h/2$ отложены на сжатых волокнах.



а б в

Рис. 9.13 К построению $\bar{M}_2$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра; в) положение сжатых волокон

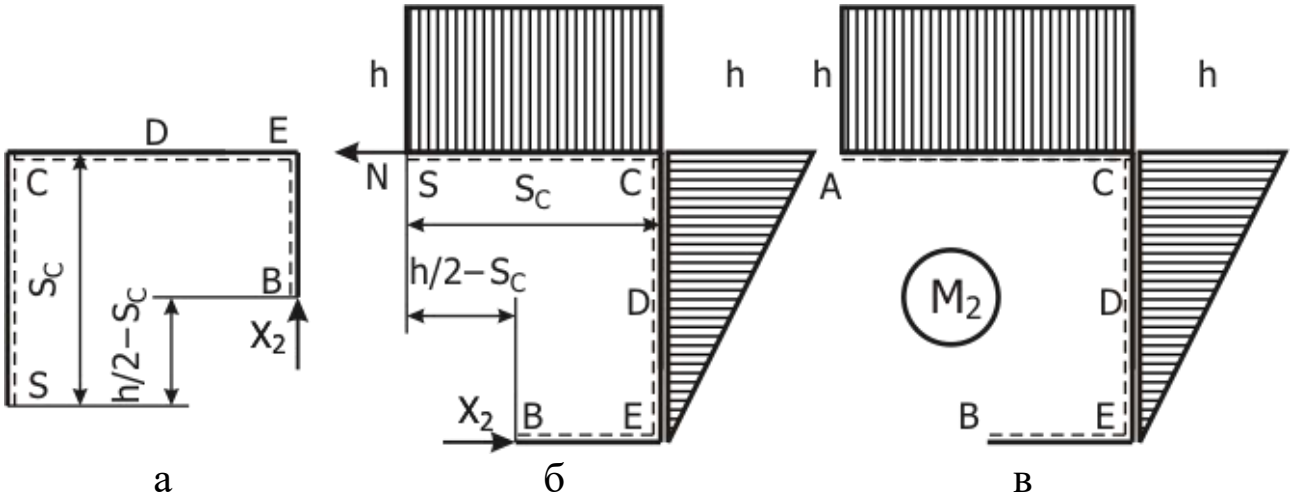
4.2.3. *Участок* DC. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии S_D от точки D. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.14.а). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и образует вместе с ней пару сил с моментом $\bar{M}_2 = S_E + h/2$, вращающую кусок в положительном направлении. Значения момента в начале, середине, конце участка равные $\bar{M}_2(0) = h/2$, $\bar{M}_2(h/4) = 3h/4$ и $\bar{M}_2(h/2) = h$ отложены на сжатых волокнах (рис. 9.14.б).



а б в

Рис. 9.14 Эпюра $\bar{M}_2$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра; в) положение сжатых волокон

4.2.4. *Участок* CA. Разрежем раму в сечении S, лежащем на расстоянии S_C (рис. 9.15.а) от точки C. Повернём свободный кусок так, чтобы участок SC был горизонтальным и пунктирная линия лежала ниже сплошной. Сила $\bar{X}_2$ и уравновешивающая её осевая сила $N(S_C)$ образуют пару сил. Момент пары равен $\bar{M}_2(S_C) = \bar{X}_2\,\mathrm{h}$. Значения момента постоянны по длине участка CA. Строим эпюру изгибающего момента на сжатых волокнах.



а б в

Рис. 9.15 Эпюра $\bar{M}_2$ на участке CA: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) эпюра

4.2.5. *Аналитические выражения для эпюры* $\bar{M}_2$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$\bar{M}_2 = \begin{cases} 0; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ S_E; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ S_D + h/2; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ h; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

4.3. *Эпюра грузового момента* M_Γ. Рассматриваем раму основной системы, нагруженная силой P и равномерно распределённой нагрузкой q (рис. 9.16). Строим эпюру грузового момента от совместного действия P и q. (Возможно раздельное построение эпюр от P и эпюры от q с последующим суммированием полученных результатов).

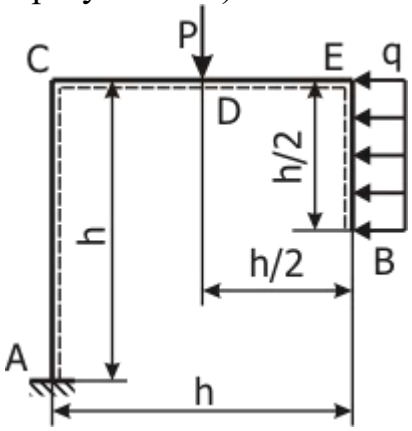


Рис. 9.16 К построению эпюры грузового момента $M_Г$

4.3.1. *Участок* BE. Положительный момент вращает против часовой стрелки. Координата сечения $0 \le S_B \le h/2$ (рис. 9.17.а). Повернём кусок BS в «рабочее» положение (рис. 9.17.б). В «рабочем» положении ось разрезанного участка BS с горизонтальна и подчёркнута пунктиром. Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой qS_B. Эквивалентная сила приложена посередине участка на расстоянии $S_B/2$ от разреза S (рис. 9.17.в). Момент равен $M_Г(S_B) = -qS_B^2/2$. Значения грузового момента в начале, конце, середине участка равны (кН·м):

$$M_Г(0) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{0^2}{2} = 0; \quad M_Г(2) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{2^2}{2} = -10;$$

$$M_Г(1) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{1^2}{2} = -2{,}5.$$

Эпюра приведена на (рис. 9.17.г).

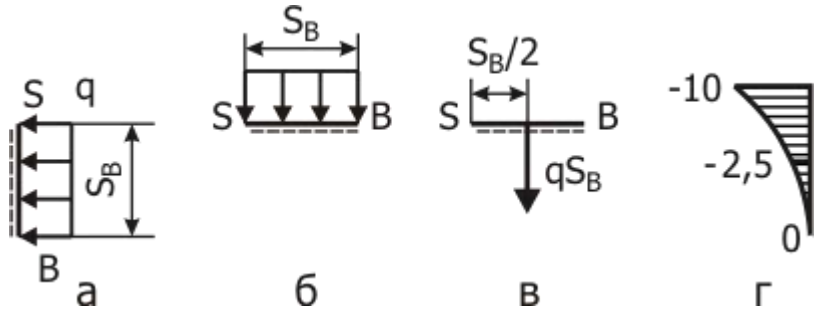


Рис. 9.17 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке BE

4.3.2. *Участок* ED. Отрезанный кусок и выбор координаты сечения S_E показаны на (рис. 9.18.а). Координата изменяется в пределах $0 \le S_E \le h/2$. Поворот не нужен, так как разрезанный участок находится в «рабочем» положении. Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Эквивалентная сила приложена посередине участка BE. Её плечо относительно разреза S равно $h/4$ (рис. 9. 18.б). Момент имеет постоянное значение на участке ED равное $M_Г(S_E) = -qh^2/8 = -5 \cdot 4^2/8 = -10$ (кН·м).
Эпюра приведена на (рис. 9. 18.в).

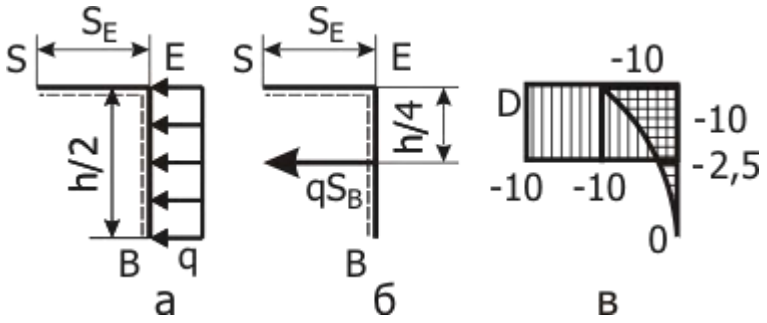


Рис. 9.18 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке ED

4.3.3. *Участок* DC. Отрезанный кусок и выбор координаты разреза S_D показаны на (рис. 9.19.а). Координата изменяется в границах $0 \le S_D \le h/2$.

Поворот не нужен, так как разрезанный участок находится в «рабочем» положении (ось DC горизонтальна, пунктир лежит ниже оси). Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Плечо эквивалентной силы относительно разреза S равно $h/4$, а плечо силы P равно S_D (рис. 9.19.б). Момент в сечении с координатой S_D равен $M_Г(S_D) = -qh^2/8 - PS_D$. Значения грузового момента в начале, конце, середине участка DC равны (кН·м):
$M_Г(0) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 0 = -10$;
$M_Г(2) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 2 = -50$;
$M_Г(1) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 1 = -30$.
Эпюра приведена на (рис. 9.19.в).

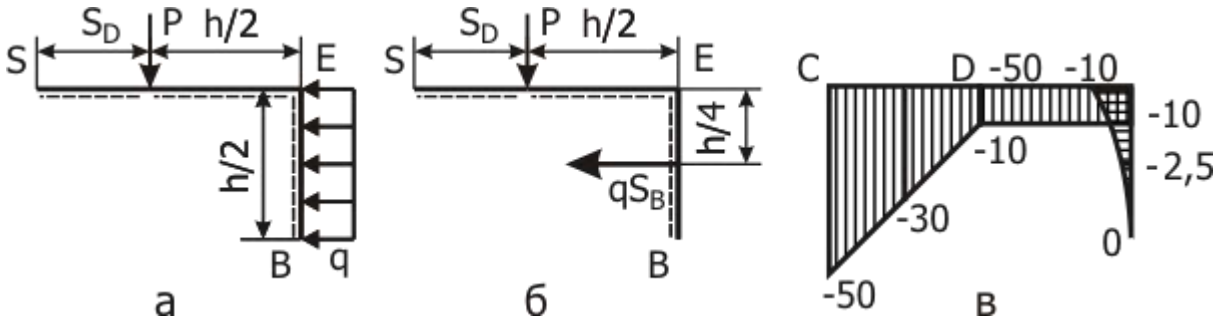


Рис. 9.19 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке DC

4.3.4. *Участок* CA. Отрезанный кусок и выбор координаты разреза S_C показаны на (рис. 9.20.а). Координата изменяется в границах $0 \le S_C \le h$. Поворачиваем кусок и приводим разрезанный участок CA в «рабочее» положение (ось CA горизонтальна, пунктир лежит ниже оси). Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Плечо эквивалентной силы относительно разреза S равно $-h/4 + S_C$. Плечо силы P равно (рис. 9.20.б). Момент в сечении с координатой S_C равен . Значения грузового момента в начале, конце, середине участка DC равны, соответственно (кН·м): -50; -30; -10. Эпюра приведена на (рис. 9.20.в).

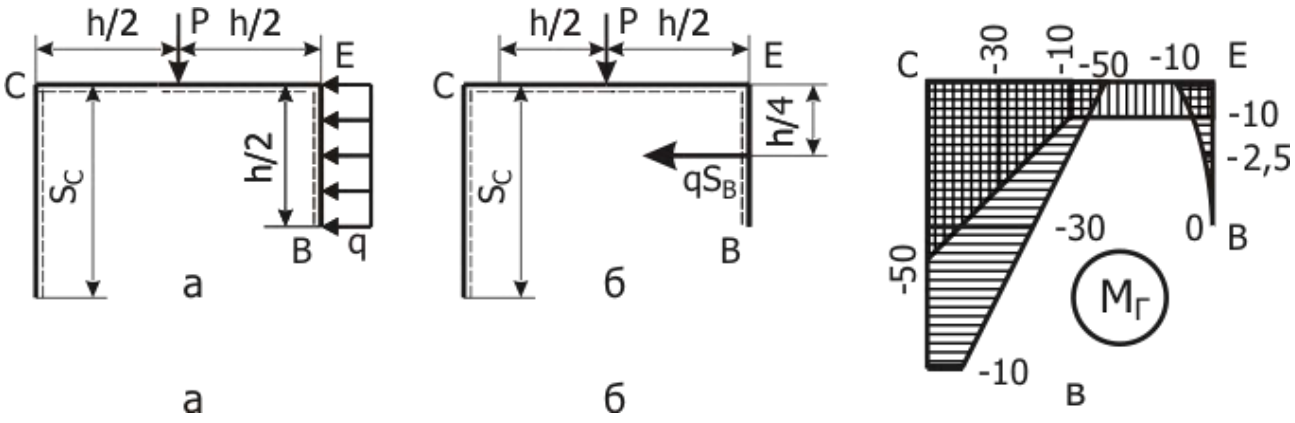


Рис. 9.20 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке AC

4.5. *Аналитические выражения для эпюры* $M_Г$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$M_Г = \begin{cases} qs_B{}^2/2; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ q\mathrm{h}^2/8; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ -pS_D - qh^2/8; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ -p\,h/2 - qh^2/8 + qhs_c; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

5. *Вычисление коэффициентов системы канонических уравнений*

5.1. *Коэффициенты при неизвестных*

Интегралы вычисляем по формуле Симпсона

$$I = \int_0^l f(s)g(s)ds = l/6\left(f(s_н)g(s_н) + 4f(s_с)g(s_с) + f(s_к)g(s_к)\right),$$

где $s_н$, $s_с$, $s_к$ – координаты начала, середины и конца участка интегрирования.

$\delta_{11} = 1/EJ\left(\int_B^E \bar{M}_1^2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1^2(s_E)ds_E + \int_D^C \bar{M}_1^2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1^2(s_C)ds_C\right)$. Стержни рамы имеют одинаковую жёсткость, поэтому при раскрытии статической неопределимости жёсткость можно не учитывать.

$$\delta_{11} = 2/6\ (0^2 + 4\cdot 1^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 2^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 2^2 + 2^2) + 4/6\ (2^2 + 4\cdot 0^2 + (-2)^2) = 24$$

;

$$\delta_{12} = \int_B^E \bar{M}_1(s_B)\bar{M}_2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1(s_E)\bar{M}_2(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_1(s_D)\bar{M}_2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1(s_C)\bar{M}_2(s_C)ds_C$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = 2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 0 + 2\cdot 0) + 2/6\,(2\cdot 0 + 4\cdot 2\cdot 1 + 2\cdot 2) + 2/6\,(2\cdot 2 + 4\cdot 2\cdot 3 + 2\cdot 4) + 4/6\,(2\cdot 4 + 4\cdot 0\cdot 4 + (-2)\cdot 4) = 16;$$

$\delta_{22} = \int_B^E \bar{M}_2^2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_2^2(s_E)ds_E + \int_D^C \bar{M}_2^2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_2^2(s_C)ds_C.$

$$\delta_{22} = 2/6\ (0^2 + 4\cdot 0^2 + 0^2) + 2/6\ (0^2 + 4\cdot 1^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 3^2 + 4^2) + 4/6\ (4^2 + 4\cdot 4^2 + 4^2) = 85{,}3.$$

5.2. *Грузовые коэффициенты*.

$\Delta_1 = \int_B^E \bar{M}_1(s_B)M_Г(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1(s_E)M_Г(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_1(s_D)M_Г(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1(s_C)M_Г(s_C)ds_C;$

$$\Delta_1 = 2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot(-2{,}5) + 2\cdot(-10)) - 2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 2\cdot 10 + 2\cdot 10) - -2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 2\cdot 30 + 2\cdot 50) - 4/6\,(2\cdot 50 + 4\cdot 0\cdot 30 + (-2)\cdot 10) = -22300;$$

$\Delta_2 = \int_B^E \bar{M}_2(s_B)M_Г(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_2(s_E)M_Г(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_2(s_D)M_Г(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_2(s_C)M_Г(s_C)ds_C;$

$$\Delta_2 = -2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 0\cdot 2{,}5 + 2\cdot 10) - 2/6\,(0\cdot 10 + 4\cdot 1\cdot 10 + 2\cdot 10) - -2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 3\cdot 30 + 4\cdot 50) - 4/6\,(4\cdot 50 + 4\cdot 4\cdot 30 + 4\cdot 10) = -693.$$

6. *Решение системы канонических уравнений метода сил.*

Получена система канонических уравнений метода сил

$$\begin{cases} 24X_1 + 16\,X_2 - 22300 = 0; \\ 16\,X_1 + 85{,}3X_2 - 693 = 0. \end{cases}$$

Корни системы: $X_1 = 4{,}44$; и $X_2 = 7{,}29$.

7. *Эпюры внутренних силовых факторов в заданной раме*.

7.1. *Изгибающий момент*. Действующий в раме момент находим по формуле:

$$M(s) = M_\Gamma(s) + X_1\bar{M}_1(s) + X_2\bar{M}_2(s).$$

Моменты, действующие на отдельных стержнях рамы, равны:

$M(s_B = 0) = 0 + 4{,}44 \cdot\ 0 + 7{,}29 \cdot 0 = 0$;

$M(s_B = 1) = -2{,}5 + 4{,}44 \cdot 1 + 7{,}29 \cdot 0 = 1{,}94$;

$M(s_B = 2) = M(s_E = 0) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 0 = -1{,}11$;

$M(s_E = 1) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 1 = 6{,}18$;

$M(s_E = 2) = M(s_D = 0) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 2 = 13{,}5$;

$M(s_D = 1) = -30 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 3 = 0{,}764$;

$M(s_D = 2) = M(s_C = 0) = -50 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 4 = -11{,}9$;

$M(s_C = 2) = -30 + 4{,}44 \cdot 0 + 7{,}29 \cdot 2 = -0{,}833$;

$M(s_C = 4) = -10 + 4{,}44 \cdot (-2) + 7{,}29 \cdot 4 = 10{,}3$.

Эпюра изгибающих моментов в статически неопределимой раме построена на рис. 9.21.а

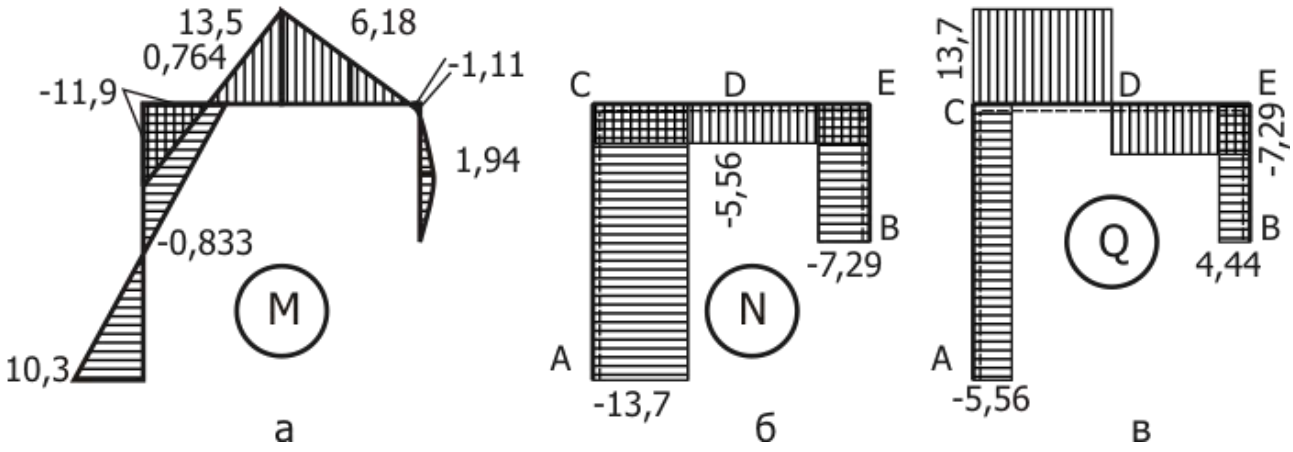


Рис. 9.21 Эпюры момента M, осевой силы N, поперечной силы Q

7.2. *Опорные реакции* X_A, Y_A. Из уравнений равновесия получаем:

$\sum X = 0; \quad X_A = q\,h/2 - X_1 = 5 \cdot 4/2 - 4{,}44 = 5{,}56$ кН;

$\sum Y = 0; \quad Y_A = P - X_2 = 20 - 7{,}29 = 12{,}7$ кН.

7.3. *Эпюра осевых сил* N. Растягивающую силу считаем положительной и откладываем на наружных волокнах стержня (рис. 9.21.б).

7.4. *Эпюра поперечной силы* Q. Поперечной сила считается положительной, если она вместе с внешней нагрузкой поворачивает отрезанный кусок по ходу стрелок часов. Эпюра Q приведена на рис. 9.21.в.

8. *Деформационная проверка.* Проверка состоит в проверке выполнения условий обращения в нуль интегралов:

$D1 = \sum 1/EJ \int M(s)\bar{M}_1(s)ds; \quad D2 = \sum 1/EJ \int M(s)\bar{M}_2(s)ds.$

В результате вычислений получаем: $D1 = -0{,}0000553, \quad D2 = 0{,}000213$.

9. *Подбор сечения двутавровой балки*.
$W = M_{max}/[\sigma] = 13{,}5 10^3/1{,}6\,10^8 = 8{,}43 \cdot 10^{-5}$ м^3 . Выбираем двутавр №16.
$W_{16} = 109 \cdot 10^{-4}$ м^3

ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчётно-пояснительная записка дипломного проекта выполняется на листах формата А4 (210х297 мм) в соответствии с ГОСТ 2.301-68. ЕСКД.

Листы должны иметь нумерацию. При оформлении записки на титульном листе указать тему РГР, фамилию, инициалы студента, специальность и группу.

При выполнении задания все преобразования и числовые расчёты должны быть последовательно проделаны с необходимыми пояснениями.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ицкович Г. М., Минин Л. С., Винокуров А. И.*Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. М.:Высшая школа,1999.

2. *Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.*Конспект лекций по сопротивлению материалов. Екатеринбург, Издание УГГУ, 2005.

3. *Степин П.А.* Сопротивление материалов. М.: Лань, 2010.

Учебное издание

Чиркова Алена Анатольевна, Золкин Анатолий Павлович,
Суслов Дмитрий Николаевич, Афанасьев Анатолий Ильич,

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
и контрольные задания для выполнения РГР
и самостоятельной работы студентов специальности *21.05.04 Горное дело*

Редактор *В.В. Баклаева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 5,2 Уч. изд. л. 1,72 Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Технической механики	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Таугер В.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 5 от 17.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ГИДРОМЕХАНИКА».

ОБЪЕМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 116 часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					89
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	0, 5 х 32= 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	6,0 х 4 = 24	24
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 10 = 5	5
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	1 х 32= 32	32
5	Подготовка к контрольным работам	1 работа	1,0-25,0	3 х 4 = 12	12
Другие виды самостоятельной работы					27
7	Подготовка к экзамену	1 экзамен		27	27
	Итого:				116

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет 168 час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					101
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	4,0 х 6= 24	24
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	8,0 х 4 = 32	32
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 16 = 8	8
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2 х 6 = 12	12
5	Подготовка к контрольной работе	1 работа	1,0-25,0	25 х 1 = 25	25
Другие виды самостоятельной работы					67
6	Подготовка и написание расчетно-графической работы	1 работа	58	58 х 1 = 58	58
	Подготовка к экзамену	1 экзамен		9	9
	Итого:				168

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, контрольные работы, экзамен.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа по темам 1-4

Расчетно-графическая работа:

1. Кинематический анализ механизма. Кинетостатический анализ механизма.
2. Анализ и синтез кулачковых механизмов.
3. Зубчатые передачи и расчет их основных параметров.
4. Расчеты на прочность заклепочных и сварных соединений.
5. Расчеты на прочность резьбовых, шпоночных и зубчатых соединений.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

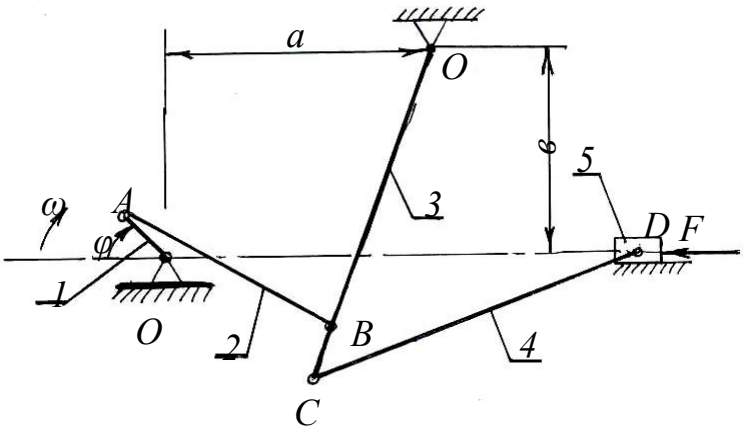
Оформление необходимой документации.

Подготовка к контрольной работе проводится студентом самостоятельно в рамках часов, выделенных на самостоятельную работу в учебном плане.

Контрольная работа № 1 по теме 2

Кинематический анализ плоского механизма (инерционный конвейер).

Инерционный конвейер состоит из кривошипа 1. шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и рештака (ползуна) 5.

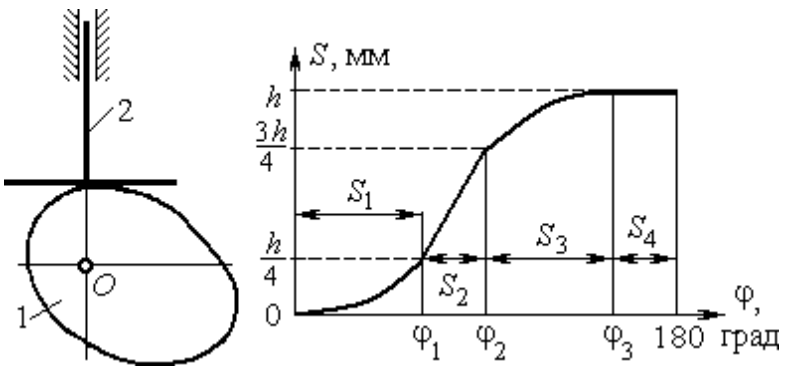


№ варианта	**φ** - Угол поворота кривошипа, град	***a, мм.***	***в, мм.***	***O_1A, мм.***	***AB, мм.***	***O_2B, мм.***	***O_2C, мм.***	***CD, мм***	Скорость вращения кривошипа, об/мин
1	45	900	700	200	800	1000	1200	1200	190
2	90	900	700	200	800	1000	1200	1200	95
3	235	60	40	100	110	120	100	250	200
4	255	40	60	100	110	120	120	250	180
5	120	150	50	100	290	250	150	300	150
6	115	350	110	100	230	250	250	400	170
7	140	40	60	100	110	120	150	400	250
8	50	75	0	100	110	120	120	300	190
9	148	800	600	240	920	840	900	1450	100

10	150	800	600	250	1060	8760	500	650	120

Контрольная работа № 2 по теме 3

Построить профиль кулачка по заданному закону движения толкателя.



$S_{\max} = h$

Вид законов движения толкателя по фазам движения кулачка

1-й участок: $0 \le \varphi \le \varphi_1$. Парабола с вершиной при $\varphi = 0$.

2-й участок: $\varphi_1 \le \varphi \le \varphi_2$. Линейный закон движения.

3-й участок: $\varphi_2 \le \varphi \le \varphi_3$. Парабола с вершиной при $\varphi = \varphi_3$.

4-й участок: $\varphi_3 \le \varphi \le 180^\circ$. Движения нет, $S_4 = h$

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Максимальный ход толкателя, мм	h	12	18	16	22	18	16	15	18	20	12
Границы фаз движения толкателя, рад	φ_1	60	85	75	80	65	90	85	68	82	92
	φ_2	100	125	100	115	100	125	135	102	125	130
	φ_3	160	165	145	160	150	160	170	162	162	170

Контрольная работа № 3 по теме 4

Выполнить проектировочный расчет одноступенчатой зубчатой передачи на усталостную прочность. Передача длительной эксплуатации. Двигатель передает мощность P при оборотах n_1, равных оборотам ведущего вала-шестерни, передаточное число редуктора равно u. Конструкции узла с симметричным расположением колеса относительно точек опоры вала даны на рис. 1. Материал вала сталь 45Х, термообработка - улучшение. Предел прочности материала $\sigma_{\text{В}}$. Допустимое напряжение смятия шпонок $[\sigma]_{см} = 100$ МПа.

Обозначения, принятые на схемах конструкций узлов:

$l_к$ $d_к$ - длина и диаметр консольной части вала;

l_n, d_n - длина и диаметр участка вала в месте посадки подшипника;

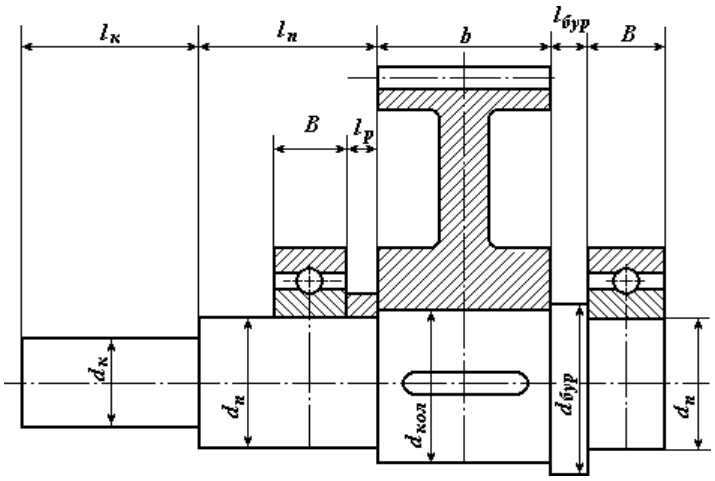
B - ширина подшипника;

$d_{кол}$ - диаметр вала под зубчатым колесом;

b - ширина зубчатого колеса;

$l_{бур}$, $d_{бур}$ - длина и диаметр буртика на валу;

$l_р$ - длина распорной втулки.

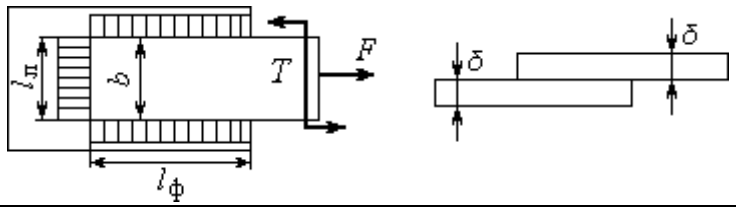


Исходные данные для зубчатой передачи

Параметр	Варианты заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, кВт	7,51	11	15	18,5	22	30	3	4	5,5	7,5
n_1,об/мин	1455	1460	1465	1465	1470	1470	700	720	720	730
u	8	9	6,3	7,1	4,5	5,6	2,8	3,55	4	4,5
σ_B, МПа	750	700	650	750	700	650	750	700	650	700

Контрольная работа № 4 по теме 5

Рассчитать сварное соединение, нагруженное центральным растягивающим усилием F и парой сил с моментом T, действующим в плоскости свариваемых листов. Материал скрепляемых листов (основного металла) - Ст3, Ст5 или Ст6. Толщина листов δ, запас прочности сварного шва s. Характер нагрузки статический. Сварка автоматическая под слоем флюса или ручная дуговая электродами Э42, Э50.

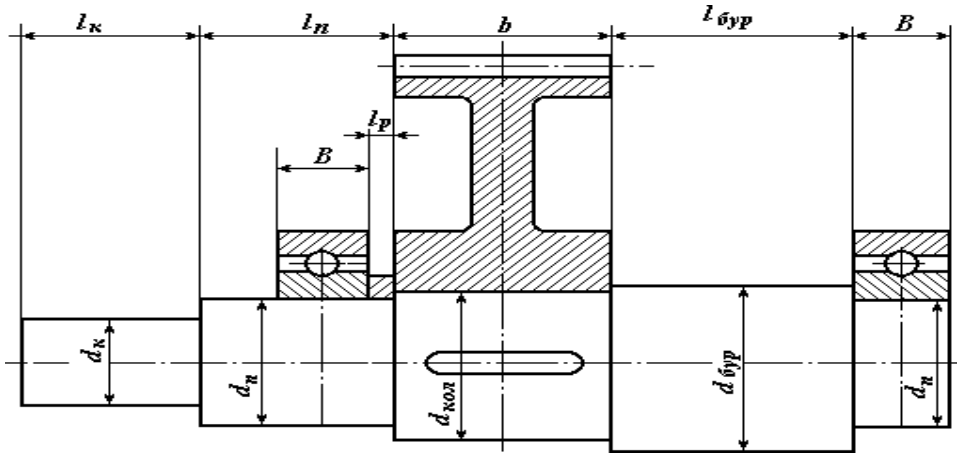


Параметры соединения	Номер задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал	Ст5	Ст6	Ст3	Ст6	Ст5	Ст6	Ст3	Ст5	Ст6	Ст3
F, кН	23	26	20	31	27	29	18	25	32	18
T, кНм	8	10	6	10	8	10	12	10	14	8
δ, мм	6	8	10	12	14	16	8	10	12	14
Запас прочн-ти,s	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,6
Сварка,	РучнЭ 50А	РучнЭ 42	Авто-мати-	РучнЭ 50А	РучнЭ 50	РучнЭ 42А	РучнЭ 50	Авто-мати-	РучнЭ 50	РучнЭ 42

электрод			ческая					ческая		

Контрольная работа № 5 по теме 6

Выполнить расчет шпоночного соединения тихоходного вала цилиндрического одноступенчатого редуктора. Двигатель передает мощность P при оборотах n_1, равных оборотам ведущего вала-шестерни, передаточное число редуктора равно u. Конструкции узла с несимметричным расположением колеса относительно точек опоры вала даны на рис. 2. Материал вала сталь 40Х, улучшение. Предел прочности материала $\sigma_{\text{В}}$. Допустимое напряжение смятия шпонок $[\sigma]_{см}$ = 120 МПа.



Обозначения, принятые на схемах конструкций узлов:

$l_к$ $d_к$ - длина и диаметр консольной части вала;

$l_п$, $d_п$ - длина и диаметр участка вала в месте посадки подшипника;

B - ширина подшипника;

$d_{кол}$ - диаметр вала под зубчатым колесом;

b - ширина зубчатого колеса;

$l_{бур}$, $d_{бур}$ - длина и диаметр буртика на валу;

$l_р$ - длина распорной втулки.

Исходные данные для шпоночного соединения

Параметр	Варианты заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, кВт	11	15	18,5	22	30	37	45	4	5,5	7,5
n_1,об/мин	730	730	730	730	740	740	735	950	965	960
u	2,8	3,55	2	4	4,5	3,5	6	3,55	4	4,5
σ_B, МПа	750	650	700	750	650	700	750	650	650	700

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упорова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ГИДРОМЕХАНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Технической механики
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Таугер В.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 5 от 17.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ГИДРОМЕХАНИКА».

ОБЪЕМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 96 часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					92
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1 х 32= 32	32
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	8,0 х 3 = 24	24
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 20 = 10	10
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	1,2 х 16= 19,2	20
5	Подготовка к контрольным работам	1 работа	1,0-25,0	2 х 3 = 6	6
Другие виды самостоятельной работы					4
7	Подготовка к зачету	1 зачет		4	4
	Итого:				96

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет 132 час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					128
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	4,0 х 6= 24	24
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	8,0 х 6 = 48	48
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 46 = 23	23
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2 х 6 = 12	12
5	Подготовка к контрольной работе	1 работа	1,0-25,0	25 х 1 = 25	25
Другие виды самостоятельной работы					4
	Подготовка к зачету	1 зачет		4	4
	Итого:				132

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, контрольные работы, экзамен.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа по темам 1-4

Расчетно-графические работы выполняются по методической литературе, изданной кафедрой:

Часс С. И. [Текст]: Гидромеханика. Сборник задач. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.– 145 с.

Часс С. И. [Текст]: Гидравлика. Гидромеханика. Сборник задач и контрольных заданий. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009.– 137 с.

Номера вариантов берутся по номеру в списке группы или назначаются преподавателем, номера заданий берутся по таблице.

Методические рекомендации для решения задач и примеры для самостоятельного решения приведены в учебных пособиях:

Бебенина Т.П: Гидромеханика: Конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 224 с.

Часс С. И.: Гидравлика, гидромеханика. Механика жидкости и газа. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013.– 215 с.

Для подготовки к практическим занятиям преподаватель может привлекать дополнительную литературу, а также раздаточный материал.

Подготовка к контрольной работе проводится студентом самостоятельно в рамках часов, выделенных на самостоятельную работу в учебном плане.

Контрольная работа № 1 (Гидростатика)

№1

1. Дать понятие вязкости жидкости. Представить коэффициенты, характеризующие вязкость жидкости, единицы измерения коэффициентов. Записать закон Ньютона.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$=720 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

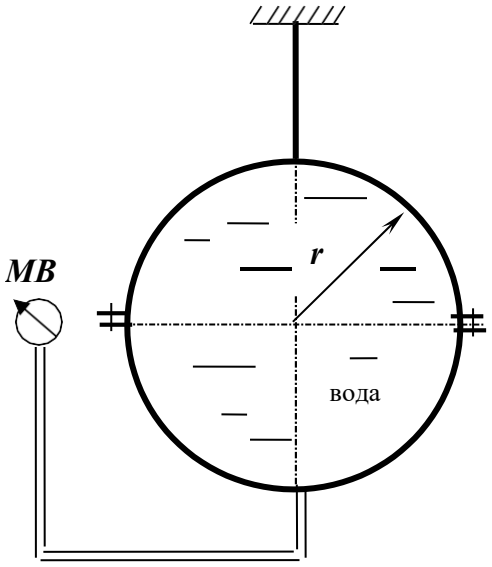
3. Определить какое давление – манометрическое или вакуум – показывает мановакуумметр, если абсолютное давление в измеряемой области равно 68 кПа. Величину давления представить в барах.

4. Определить давление в резервуаре, заполненном водой, на глубине $\boldsymbol{h}$ = 1,2 м, если избыточное давление на поверхности жидкости $\boldsymbol{p}_{изб}$=62 кПа.

5. Сформулировать закон Архимеда.

Задача

Шаровой сосуд радиусом r = 0,4 м, заполненный водой, висит на тяге, прикрепленной к его верхней половине. Найти давление в центре сосуда (показание пружинного мановакуумметра ***МВ***), при котором нижнюю половину сосуда, имеющую силу тяжести G =1500 Н, можно не закреплять. Каким должно быть показание прибора, если силу тяжести не учитывать?



№2

1. Записать формулу связи коэффициентов вязкости: динамического μ и кинематического ν.

2. Представить давление p = 1,2 ат в единицах измерения системы СИ.

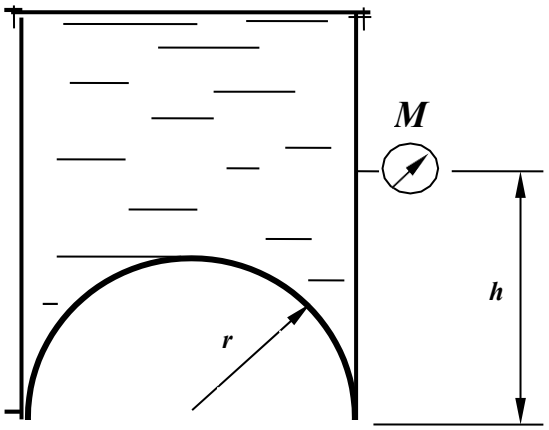
3. Определить абсолютное давление в резервуаре, заполненном воздухом, если показание вакуумметра, установленного на резервуаре, равно $p_{вак}$=0,6 ат.

4. Определить каким будет показание манометра (в бар), установленного на глубине h =1,2 м открытого резервуара, заполненного бензином. Плотность бензина $\rho_б$= 700 кг/м^3.

5. Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости.

Задача

Определить силу давления воды на полусферическое дно резервуара радиуса r = 1 м, если показание манометра M, установленного на расстоянии h = 1,3 м, равняется $p_{ман}$= 0,2 бар.


M
h
r

№3.

1.Дать понятие физического свойства жидкости ***сжимаемость.***
Привести формулу коэффициента объемного сжатия.

2.Представить давление p = 196 кПа в атмосферах технических (ат).

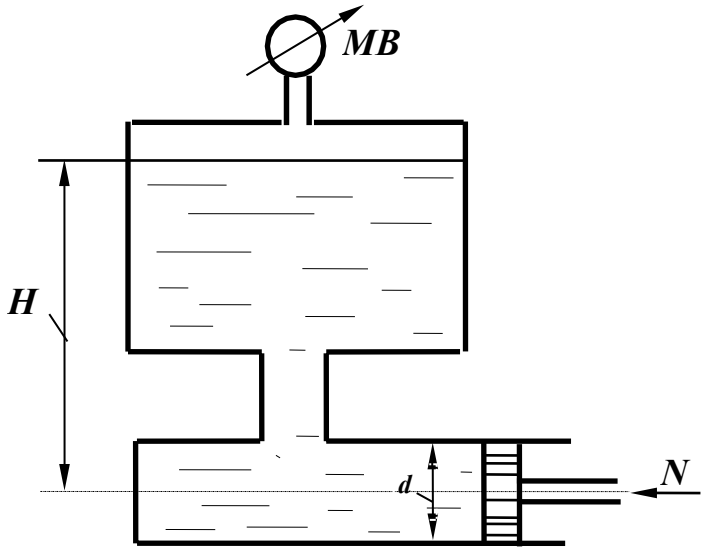
3. Манометрическое давление в измеряемой области равно $p_{ман}$ = 32 кПа. Записать величину абсолютного давления в области измерения.

4. Избыточное давление на поверхности масла в закрытом резервуаре равно $p_{изб}$= 0,13 ат. На какой глубине h установлен манометр, если его показание равно $p_{ман}$= 0,31 ат; плотность масла $\rho_м$= 900 кг/м^3.

5. Записать гидростатический закон распределения давления.

Задача

Определить усилие N, которое надо приложить к штоку поршня для удержания его на месте, если показание мановакуумметра $p_{МВ}$= 0,5 ати, диаметр штока d = 100 мм, высота уровня масла над осью штока H = 1,5 м, плотность масла $\rho_м$ = 800 кг/м^3.



№4

1. Дать понятие физического явления ***кавитация***.
2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 500 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

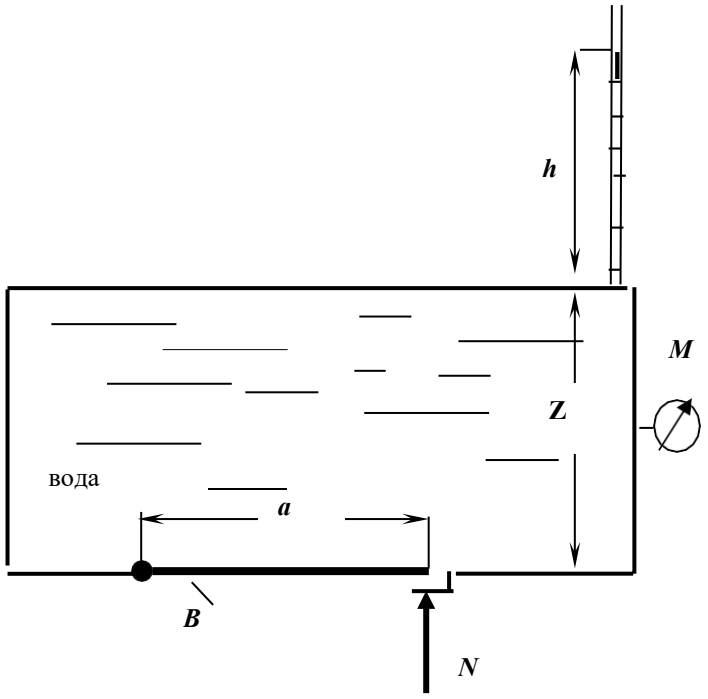
3. Вакуумметрическое давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{вак}$=38 кПа, записать величину абсолютного давления в области измерения.

4. Определить, каким должно быть давление на поверхности масла закрытого резервуара, если показание манометра на глубине $\boldsymbol{h}$ = 0,8 м равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Плотность масла принять равной $\rho_м$ =900 кг/м^3.

5. Сформулировать закон Паскаля.

Задача

Определить показание манометра ***M*** в центре боковой стенки резервуара с водой, а также усилие ***N***, приложенное к запорному устройству плоской квадратной крышки ***B*** при следующих данных: $\boldsymbol{Z}$ = 3 м; $\boldsymbol{h}$ = 2 м; $\boldsymbol{a}$ = 1 м.



№5

1. Дать понятие гидростатического давления. Свойства гидростатического давления. Единицы измерения давления в системе СИ.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 200 мм рт. ст. в Па.

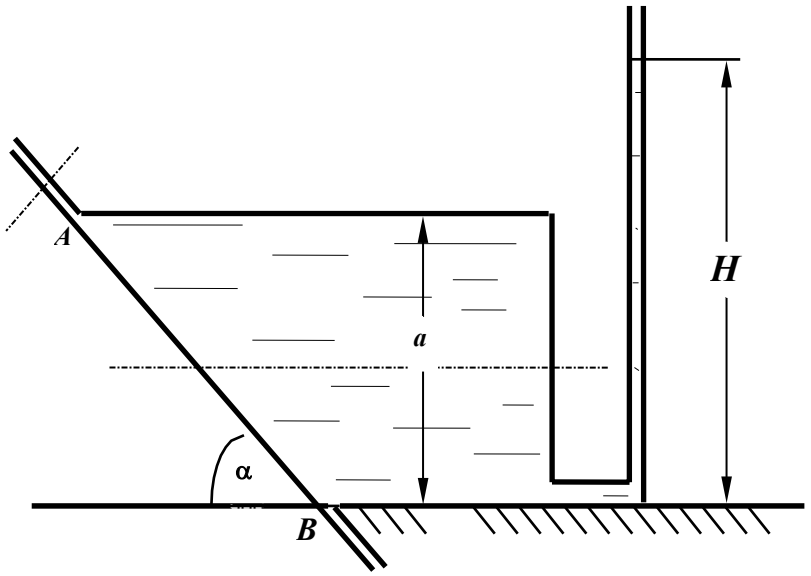
3. Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину, если абсолютное давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{абс}$= 0,8 ат.

4. Определить, каким будет показание мановакуумметра на глубине $\boldsymbol{h}$ = 2,2 м закрытого резервуара, заполненного водой, если на поверхности жидкости действует вакуумметрическое давление $\boldsymbol{p}_{вак}$= 0,1 ат.

5. Дать определение свойства жидкости ***вязкость***.

Задача

Определить силу давления на крышку маслобака ***AB***, если показание пьезометра $\boldsymbol{H}$ = 400 мм, угол наклона крышки $\boldsymbol{\alpha}$ = 45°. В сечении бак имеет форму квадрата со стороной $\boldsymbol{a}$ = 200 мм. Плотность масла $\boldsymbol{\rho_м}$ = 900 кг/м^3.



№6

1. Дать понятие плоскости уровня, представить уравнение плоскости уровня.

2. Представить перевод давления p =1,2 ат в м вод.ст., в Па.

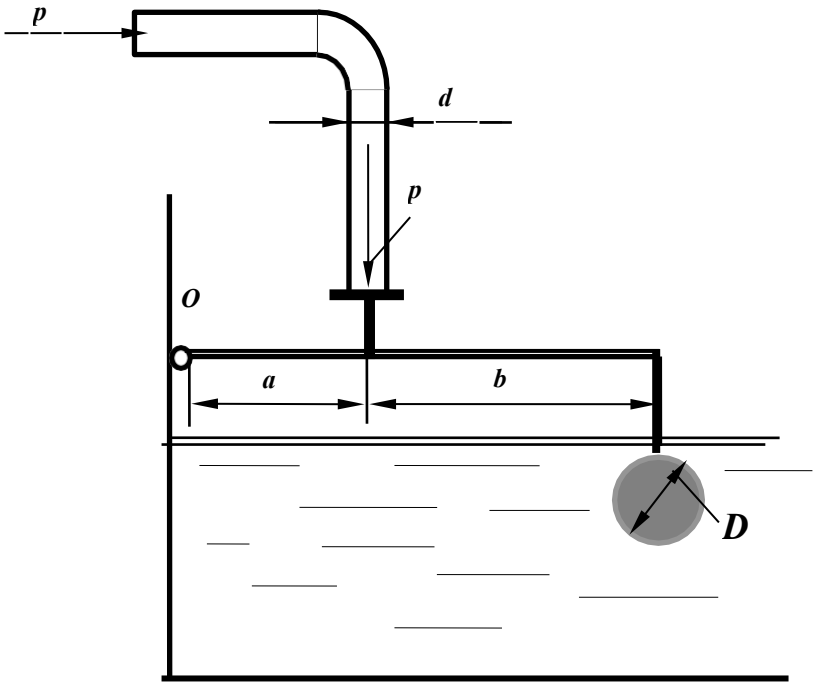
3. Дать понятие абсолютного давления. Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$= 32 кПа.

4. Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,14 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_м$= 800 кг/м^3.

5. Нарисовать схему пьезометра для измерения абсолютного давления.

Задача

Вода, подаваемая под давлением p = 2,5 ати по трубе d = 150 мм, заполняет резервуар. Определить минимально необходимый диаметр D шарообразного поплавка, обеспечивающий автоматическое закрытие клапана при наполнении резервуара, если: a = 100 мм; b = 500 мм. Собственным весом рычага, клапана и поплавка пренебречь



№7

1. Записать основное уравнение гидростатики, пояснить все входящие в него параметры.

2. Представить давление p = 1,6 ат в единицах измерения системы СИ.

3. Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления при вакуумметрическом давлении $p_{вак}$= 38 кПа.

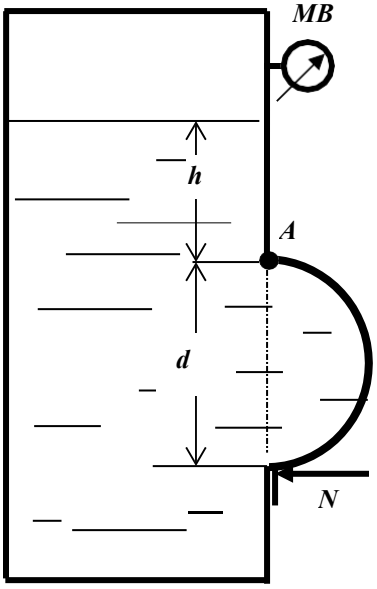
4. Показание манометра на определенной глубине открытого резервуара, заполненного бензином плотностью $\rho_{бен}$= 700 кг/м^3, равно $p_{ман}$= 0,12 ат. Как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_{мас}$= 900 кг/м^3.

5. По какой формуле следует определять силу давления жидкости на плоскую стенку, если на свободной поверхности жидкости действует абсолютное давление p_0 больше атмосферного, а не смоченная сторона стенки находится под атмосферным давлением?

Задача

Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом с плотностью ρ = 846 кг/м^3. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие, закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может поворачиваться вокруг горизонтальной оси в точке A. Пренебрегая силой тяжести крышки, определить усилие N, которое нужно приложить к крышке, чтобы она не открывалась при следующих данных: p_{MB} = 11,4 кПа; d = 1 м; h = 1 м; b =1,2 м.

Размер b перпендикулярен плоскости чертежа.



№8

1. Записать гидростатический закон распределения давления. Дать определение геометрического и пьезометрического напоров.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ =196 кПа в технических атмосферах (ат).

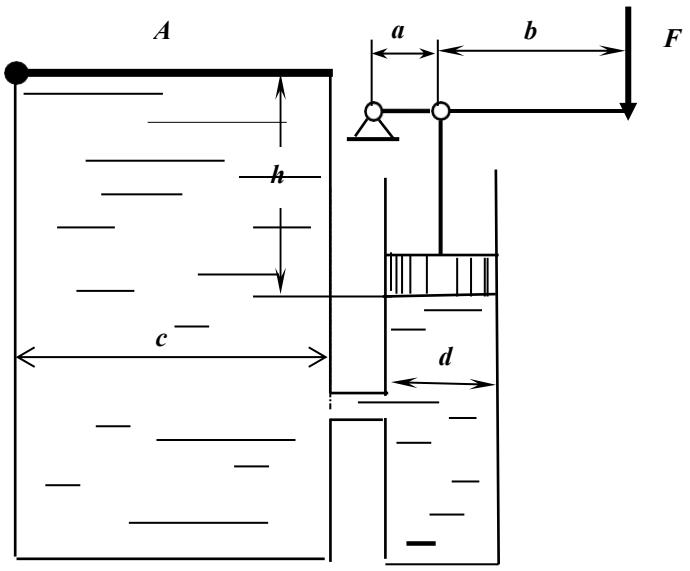
3. Определение абсолютного давления. Чему равно абсолютное давление при манометрическом давлении $\boldsymbol{p}_{ман}$= 62 кПа.

4. Показание манометра, установленного на закрытом резервуаре, заполненном маслом плотностью $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3, равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Рассчитать, какой должна быть высота уровня масла в пьезометре, выведенном на уровне установки манометра.

5. Дать понятие тела давления, на примерах пояснить различные тела давления.

Задача

К рычагу гидроусилителя приложена сила ***F***. Определить силу давления жидкости с плотностью ρ = 900 кг/м^3 на квадратную крышку ***A*** при следующих данных: ***F*** = 180 Н; ***d*** = 40 мм; ***c*** =1 м; ***h*** = 1 м; ***a*** = 10 мм; ***b*** =40 мм.



№9

1. Понятие гидростатического давления. Расчетная формула давления. Единицы измерения давления.

2. Представить давление, равное $\boldsymbol{p}$ = 12 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

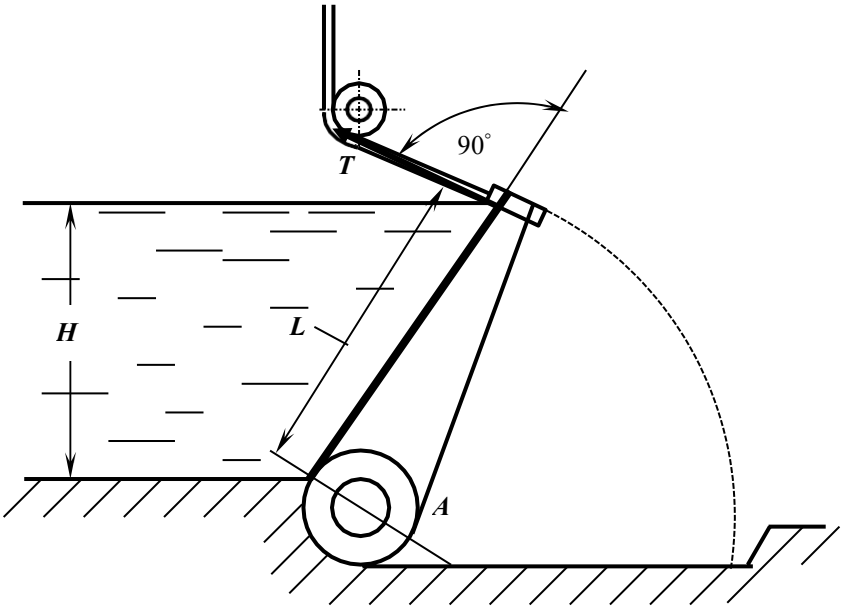
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{абс}$= 0,38 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать его величину в системе СИ.

4. Определить давление на поверхности жидкости закрытого резервуара, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине $\boldsymbol{h}$ = 1,5 м равно $\boldsymbol{p}$ = 100 мм рт.ст.

5. Какой зависимостью выражается гидростатический напор?

Задача

Плоский прямоугольный затвор с размерами $\boldsymbol{L}$ = 2,5 м и $\boldsymbol{B}$ = 10 м создает подпор воды $\boldsymbol{H}$ = 2,3 м. Затвор может вращаться относительно оси шарнира ***A.*** Определить силу натяжения троса $\boldsymbol{T}$, удерживающую затвор в заданном положении. Размер $\boldsymbol{B}$ перпендикулярен плоскости чертежа



№10

1. Понятие физического свойства ***вязкость.*** Коэффициенты, характеризующие вязкость, единицы их измерения.

2. Перевести давление, равное 12 м вод.ст., в мм рт.ст.

3. Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $p_{ман}$= 0,8 ат.

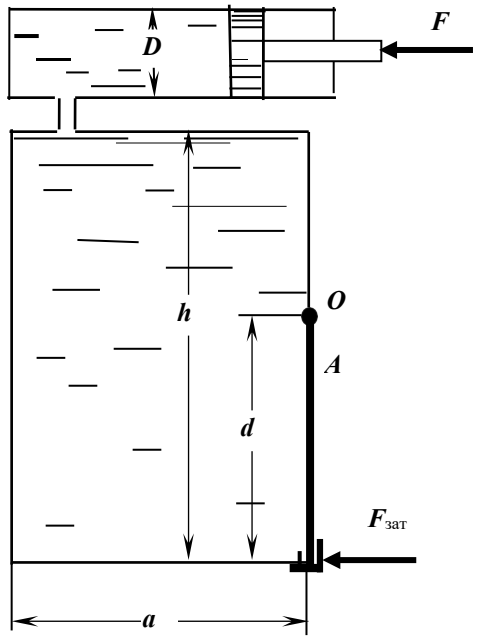
4. Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $p_{вак}$= 0,6 ат. Установить, каким прибором следует измерить давление на глубине h = 1,5 м и рассчитать его величину.

5. Как расположена линия действия силы избыточного (весового) давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы?

Задача

Жидкость в емкости aхaхh нагревается на 20ºС. Определить усилие F, которое надо приложить к поршню расширительного цилиндра диаметром D, чтобы сохранился прежний объем жидкости?

А также найти усилие $F_{зат}$, на которое должен быть рассчитан затвор круглой крышки диаметром d: ρ = 1000 кг/м^3, d =500 мм, D =260 мм, h = 2 м, a =1,5 м; β_T=150·10^{-6}1/град; β_p=0,5 ·10^{-10}Па$^{-1}$.



№11

1. Понятие ***плоскости уровня***. Уравнение плоскости уровня. Значение параметров, входящих в уравнение.

2. Представить перевод давления $\boldsymbol{p}$ = 100 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

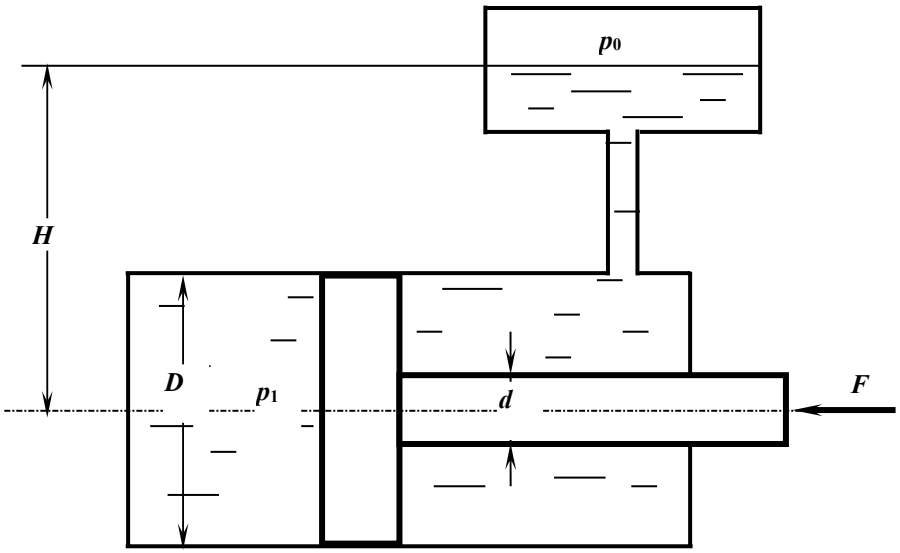
3. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $\boldsymbol{p}_{вак}$= 0,6 ат.

4. Вакуумметрическое давление на поверхности закрытого резервуара равно $\boldsymbol{p}_{вак}$= 0,1 ат. Установить каким прибором следует измерить давление на глубине $\boldsymbol{h}$ = 3,0 м и рассчитать его величину.

5. Размерность кинематического коэффициента вязкости в системе СИ

Задача

Определить давление жидкости $\boldsymbol{p}_1$ в гидроцилиндре, необходимое для преодоления усилия на штоке $\boldsymbol{F}$ при следующих данных: $\boldsymbol{F}$ = 10 кН; диаметр поршня $\boldsymbol{D}$ =160 мм; диаметр штока $\boldsymbol{d}$ = 80 мм; $\boldsymbol{p}_0$ = 20 кПа, $\boldsymbol{H}$ = 10 м; ρ =900 кг/м^3.



№12

1. Записать гидростатический закон распределения давления. Дать понятие геометрического и пьезометрического напоров.

2. Представить давление p = 68 кПа в м вод. ст.

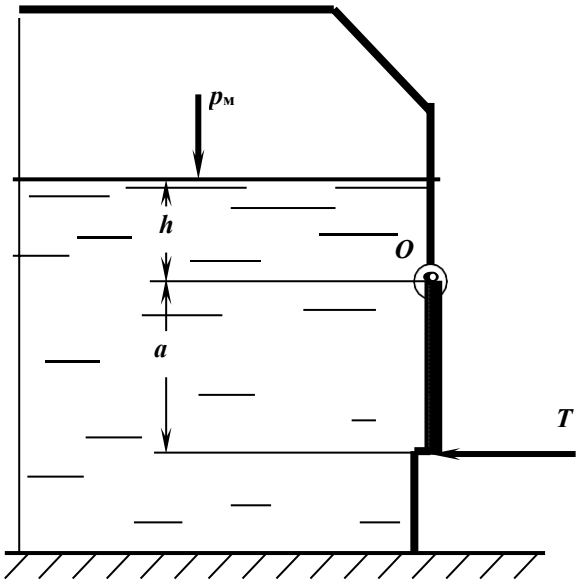
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =198 кПа. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления и рассчитать показание этого прибора.

4. Показание манометра на глубине h =1,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,121 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

5. Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

Задача

Усилие T удерживает плоскую квадратную крышку со стороной a в закрытом положении. Определить предельно допустимое значение избыточного давления над уровнем жидкости $p_м$, при котором крышка остается в закрытом положении, при следующих данных: T = 2100 Н, a = 50 см, h = 2 м, ρ =1000 кг/м^3.



№13

1. Понятие физического свойства жидкости ***капиллярность***.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 300 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

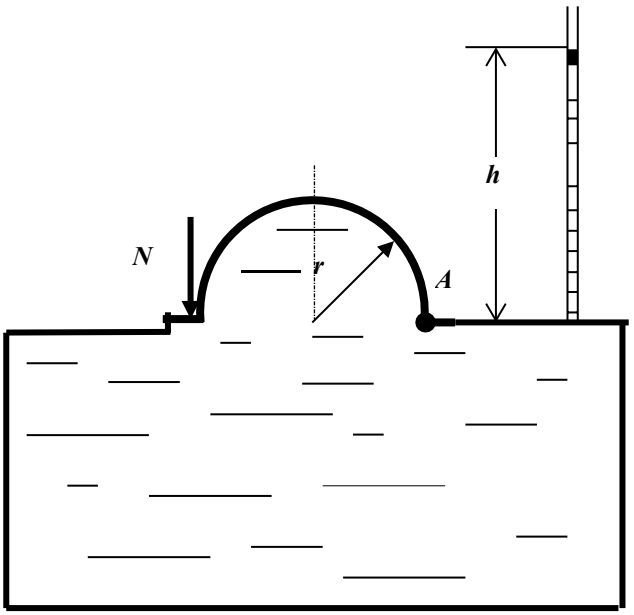
3. Показание манометра в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Представить расчет абсолютного давления в этой области и его величину в системе СИ.

4. В закрытом резервуаре, заполненном бензином, показание манометра на некоторой глубине составляет $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению: $\rho_б$=700 кг/м^3.

5. Каковы единица измерения ***динамической вязкости*** ?

Задача

Определить усилие ***N***, которое нужно приложить к цилиндрическому затвору, установленному на квадратном отверстии крышки резервуара с водой, при следующих данных: ***h*** = 1м, ***r*** = 0,2 м. Затвор поворачивается вокруг шарнира в точке ***A***.



№14

1. Представить ***основное уравнение гидростатики***, дать определение, пояснить значение входящих параметров.

2. Представить давление p = 730 мм рт.ст. в ат.

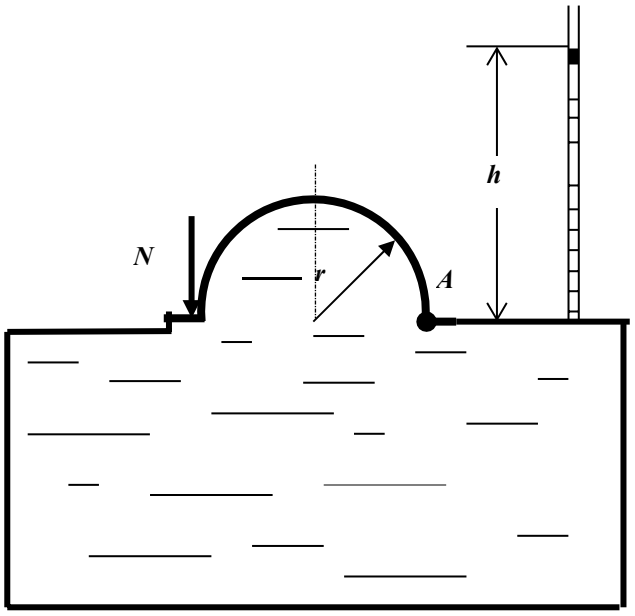
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 68 кПа. Определить, каким будет показание мановакуумметра, установленного в этой области, и величину давления.

4. В закрытом резервуаре, заполненном маслом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,06 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота (напор) на уровне установки манометра. Плотность масла принять $\rho_м$ = 800 кг/м^3.

5. Дать определение свойства жидкости ***сжимаемость.***

Задача

Запорное устройство полусферической крышки радиусом r рассчитано на усилие N. Определить показание манометра в центре боковой стенки при максимально допустимом давлении в жидкости плотностью ρ = 900 кг/м^3: N = 90 кН, a =3 м, r =0,4 м.



№15

1. Записать уравнения Эйлера для равновесного состояния жидкости. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

2. Показание манометра на глубине h =2,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,32 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

3. Определить показание механического вакуумметра (в ат), установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

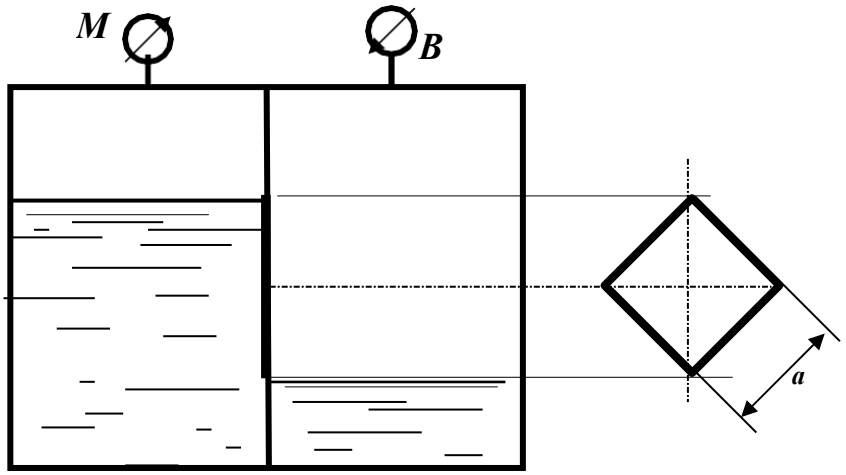
4. В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

5. Какие силы действуют в жидкости?

Задача

Замкнутый резервуар с нефтью (ρ =900 кг/м^3) разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной a = 1 м. Давление над нефтью в левой части резервуара определяется показанием манометра p_M= 0,15 ат, а в правой – показанием вакуумметра p_B= 0,2 ат.

Найти величину силы давления, действующей на крышку, закрывающую отверстие в перегородке, и точку ее приложения.



№16

1. Представить давление p = 2,1 ат в единицах измерения системы СИ.

2. Записать уравнение поверхностей равного давления, привести примеры таких поверхностей.

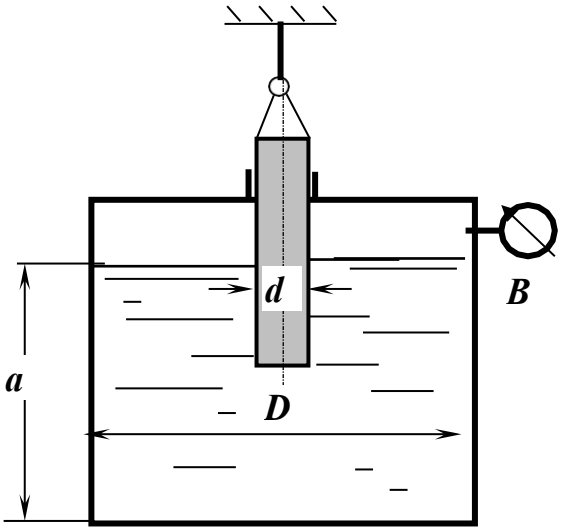
3. В закрытом резервуаре, заполненном спиртом (ρ = 800 кг/м^3) , показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению.

4. Дать определение понятия ***тело давления.*** Привести примеры.

5. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $p_{вак}$= 0,45 ат.

Задача

Определить вакуум, обеспечивающий равновесие цилиндрического сосуда диаметром ***D***, который висит без трения на плунжере диаметром ***d***. Сила тяжести сосуда ***G*** = 500 Н. Найти также силы давления на верхнюю и нижнюю крышку сосуда: жидкость – вода, ***a*** =0,3 м; ***D*** = 0,4 м; ***d*** = 0,2 м.



№17

1. Назвать принцип действия, положенный в основу устройства механических приборов для измерения давления.

2. Как определяется горизонтальная составляющая силы давления на криволинейную поверхность?

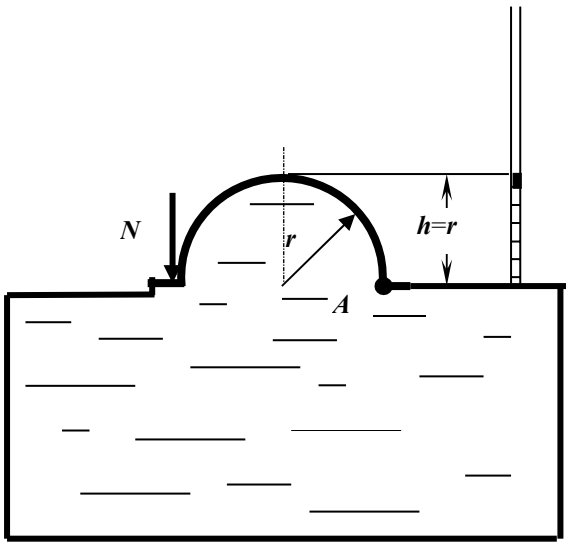
3. Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,34 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить нефтью плотностью $\rho_м$= 840 кг/м^3.

4 Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$=162 кПа.

5.Пояснить свойство жидкости ***капиллярность***.

Задача

Определить радиус цилиндрического затвора, установленного на квадратном отверстии крышки резервуара с водой, при следующих данных: усилие, приложенное к запору затвора, ***N*** = 500 Н. Затвор поворачивается вокруг оси шарнира в точке ***A***.



№18

1. ***Основное уравнение гидростатики***. Единицы измерения давления.

2 .Представить давление, равное p = 15 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

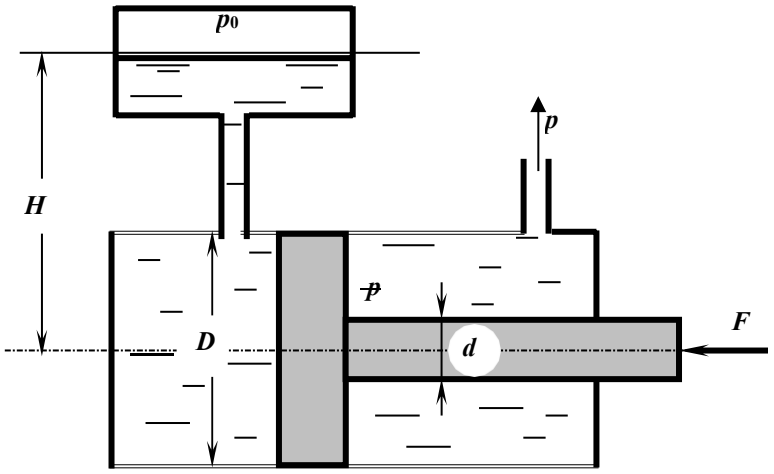
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,5 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, определить показание прибора и его величину в системе СИ.

4. Определить давление на поверхности воды в закрытом резервуаре, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине h = 1,5 м равно p = 100 мм рт.ст.

5. Какой зависимостью выражается ***гидростатический закон распределения давления***?

Задача

Определить давление p в правой полости гидроцилиндра, заполненного маслом Индустриальное 20 (ρ = 890 кг/м^3), если сила, действующая на шток поршня (D = 200 мм, d = 50 мм), равна F = 5 кН, избыточное давление на поверхности жидкости p_o= 1,4 ат, H = 5 м.



№19

1. Записать уравнения Эйлера для равновесного состояния жидкости. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

2. Показание манометра на глубине h =2,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,32 ат. Определить, каким будет показание пьезометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

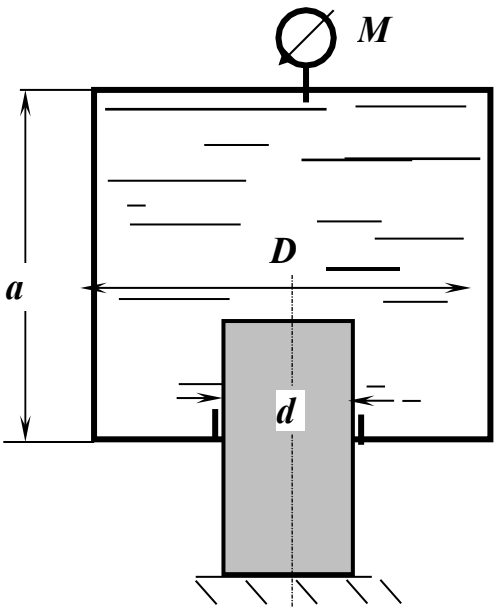
3. Определить показание механического вакуумметра, установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

4. В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

5. Как определяется сила давления на криволинейную поверхность?

Задача

Полностью заполненный водой цилиндрический сосуд диаметром D и высотой a опирается на плунжер диаметром d. Определить показание манометра M, а также силы давления на верхнюю и нижнюю крышки при условии равновесия сосуда, если сила его тяжести G = 5700 Н: D = 0,2 м; a = 0,4 м; d = 0,1 м.



№20

1. Перечислить, какие жидкостные приборы используются для измерения давления. Назвать их принцип действия .

2. В закрытом резервуаре, заполненном бензином (ρ =700 кг/м^3), показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,14 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению.

3. В закрытом резервуаре, заполненном водой, показание манометра на глубине h = 3 м равно $p_{ман}$= 0,6 ат. Определить абсолютное давление на поверхности жидкости.

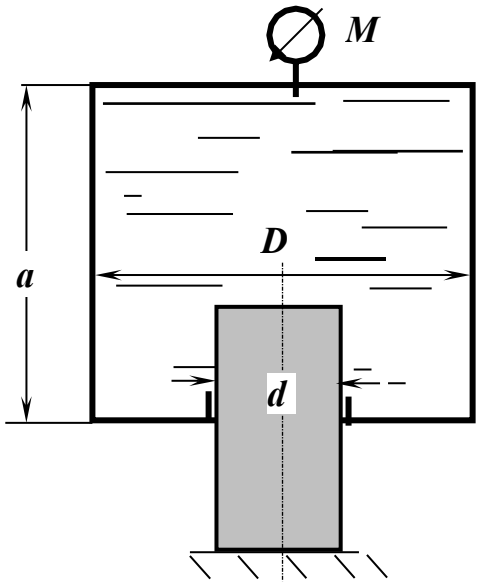
4. Записать формулу для определения силы давления на плоскость.

5. Пояснить свойство жидкости ***сжимаемость***.

Задача

.

Полностью заполненный водой цилиндрический сосуд диаметром D и высотой a опирается на плунжер диаметром d. Определить минимальный диаметр плунжера из условия равновесия сосуда, если сила его тяжести G = 5700 Н; D = 0,2 м; a = 0,4 м, а показание манометра M составляет p_M= 30 ат.



№21

1. Коэффициенты, характеризующие вязкость жидкости, единицы измерения коэффициентов. Записать закон Ньютона.

2. Определить каким будет показание манометра (в ат), установленного на глубине ***h*** =3,2 м открытого резервуара, заполненного бензином. Плотность бензина □□= 700 кг/м^3.

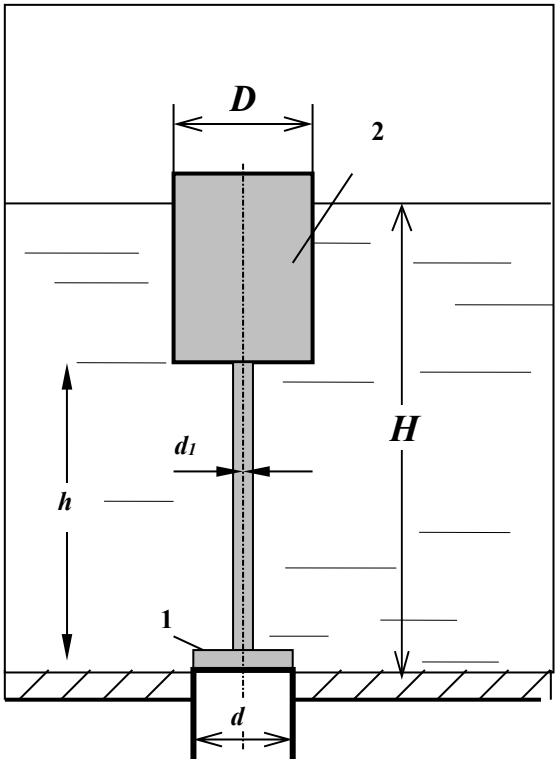
3. Представить давление ***p*** = 4,2 бар в единицах измерения системы СИ.

4. Дать понятие гидростатического давления. Свойства гидростатического давления.

5. Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину (в Па), если абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,3 ат.

Задача

Резервуар водопроводной башни оборудован ограничителем уровня воды, представляющим собой клапан 1, соединенный тягой с цилиндрическим поплавком 2. Определить расстояние от дна резервуара до низа поплавка, при котором будет обеспечена глубина воды в резервуаре ***H*** =5 м, если ***D*** = 0,4 м; ***d*** =150 мм; d_1=50 мм; вес клапана с поплавком ***G*** =120 Н.



№22

1. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =158 кПа. Каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать показание прибора в ***ат***.

2. Показание манометра на глубине ***h*** =2,5 м закрытого резервуара, заполненного бензином, равно $p_{ман}$= 0,21 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен водой. Плотность бензина равна $\rho_{мас}$= 700 кг/м^3.

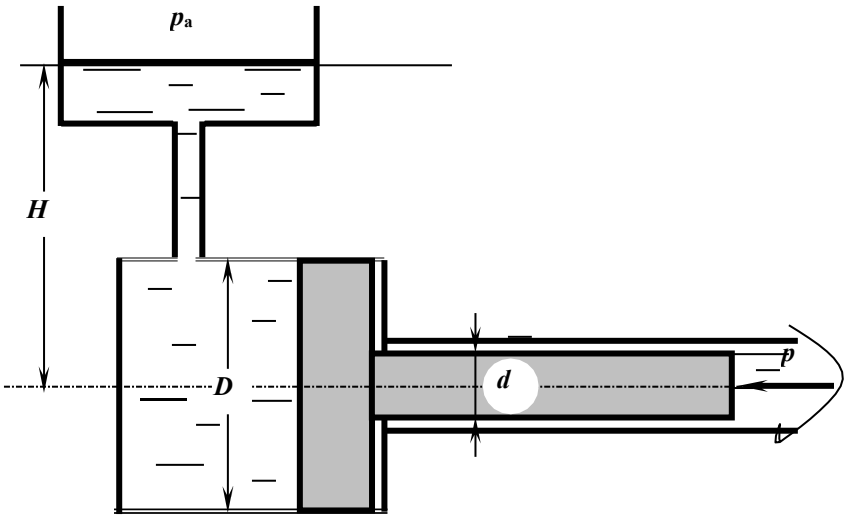
3. Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

4. Сформулировать закон Архимеда.

5. Какие коэффициенты характеризуют свойство жидкости ***сжимаемость***?

Задача

Определить отношение ***D*** / ***d,*** а также значение диаметра поршня ***D***, если давление в полости скалки ***p*** = 25 ати, ее диаметр ***d*** =10 см, ***H*** = 1 м.



№23

1. Что такое модель жидкой среды? Основные модели, применяемые при изучении гидромеханики.

2. Перевести давление, равное 12 м вод.ст., в ***бары***.

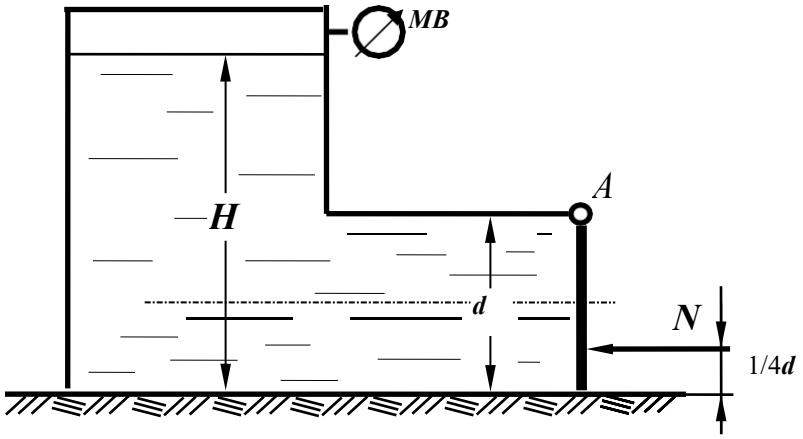
3. Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 2,8 ат.

4. Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $\boldsymbol{p}_{вак}$= 54000 Па. На какой глубине величина давления будет равна атмосферному?

5. Как расположена точка приложения силы весового давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы, по отношению к центру тяжести?

Задача

Труба диаметром d = 100 мм, выходящая из резервуара, заполненного бензином, перекрыта крышкой, вращающейся вокруг шарнира A. Определить усилие N, удерживающее крышку в закрытом положении, если H = 1,2 м; плотность бензина $\rho_б$ = 750 кг/м^3, показание прибора соответствует $p_{вак}$= 0,1ат. Как изменится показание прибора, если усилие N составит 350 кН?



№24

1. Какое свойство жидкости проявляется только при ее движении? К появлению каких напряжений оно приводит?

2. Как определяется сила давления на плоскость? Что такое центр давления? От чего зависит его положение для плоской стенки?

3. В закрытом резервуаре, заполненном спиртом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,16 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота (напор) на уровне установки манометра. Плотность спирта принять $\rho_{сп}$ = 800 кг/м^3.

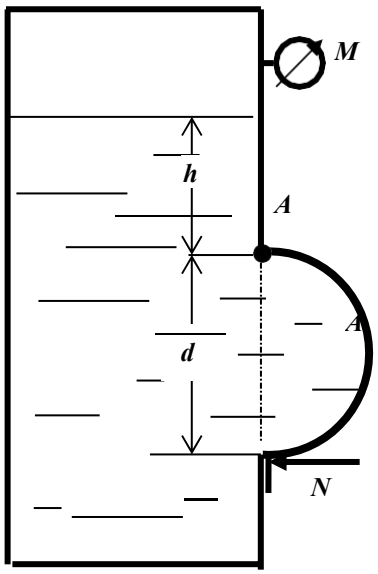
4. Эпюры гидростатического давления, примеры построения.

5. Как связаны коэффициент объемного сжатия и модуль упругости жидкости? Каковы их размерности?

Задача

Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом с плотностью ρ = 846 кг/м^3. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие, закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может поворачиваться вокруг горизонтальной оси ***A***. Определить минимальное показание манометра, установленного в верхней части резервуара, при котором крышка остается закрытой, при следующих данных: сила тяжести крышки ***G*** =1200 Н, усилие ***N*** =5кН, ***d*** = 0,2 м; ***h*** = 1 м; ***b*** =1,2 м.

Размер ***b*** перпендикулярен плоскости чертежа.



№25

1. Какое свойство жидкости проявляется только при ее движении? К появлению каких напряжений оно приводит? От чего зависят эти напряжения?

2. В закрытом резервуаре, заполненном маслом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,06 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота на уровне установки манометра. Плотность масла составляет $\rho_м$ = 800 кг/м^3.

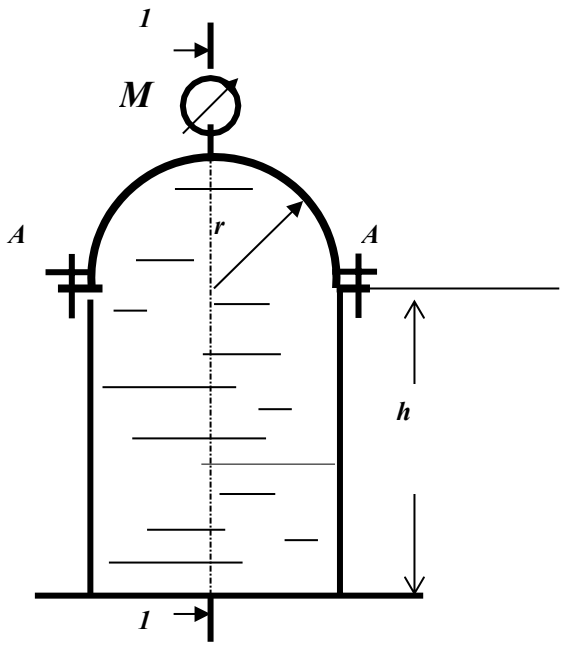
3. Сопоставить формулы силы давления жидкости на плоскую стенку и горизонтальной составляющей силы давления на криволинейную поверхность. В чем их аналогия и различия?

4. В закрытом резервуаре со спиртом на некоторой глубине показание манометра составляет 0,08 ат. На каком расстоянии от этого места может находиться манометр , показания которого будут равны 0. Чему равно абсолютное давление на этом уровне?

5. Пояснить закон Архимеда с точки зрения определения силы давления на криволинейную поверхность.

Задача

Вертикальная цилиндрическая цистерна с полусферической крышкой до самого верха заполнена жидкостью с плотностью ρ = 900 кг/м^3, находящейся под давлением $p_м$ =19,2 кПа. Определить силу, растягивающую болты ***A***, и горизонтальную силу, разрывающую цистерну по сечению 1-1, при следующих данных: ***r*** = 1 м; ***h*** = 4 м.



№26

1. Как связаны коэффициент объемного сжатия и модуль упругости жижкости? Каковы их размерности?

2.В закрытом резервуаре, заполненном спиртом (ρ= 800 кг/м^3) , показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,07 ат. Определить показание манометра на этой же глубине, если резервуар будет заполнен водой.

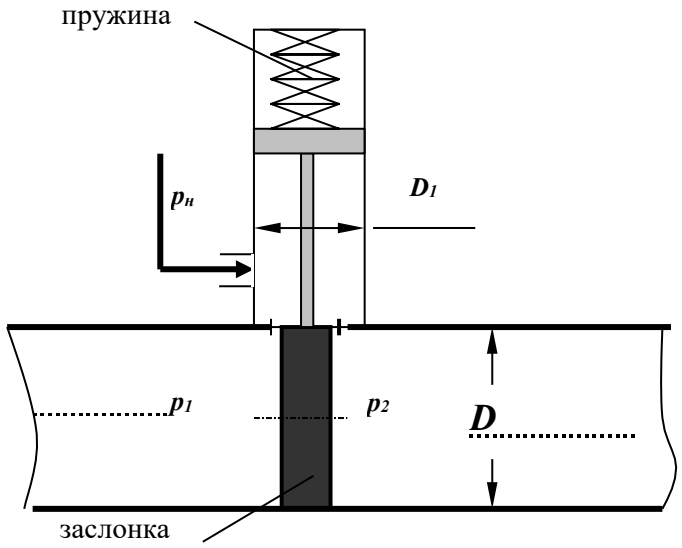
3. Что такое поверхность равного давления? Каковы ее свойства? Что представляет собой поверхность равного давления в случае равновесия жидкости под действием одной силы тяжести?

4. Вакуумметрическое давление на поверхности жидкости равно $p_{вак}$= 50 кПа. На какой глубине в воде показание манометра составит 0,2 ат?

5. Назвать основные свойства жидкости. Какие из них совпадают с физическими свойствами твердых тел или газов?

Задача

Подъем заслонки в трубе диаметром D = 400 мм осуществляется гидроцилиндром с диаметром поршня D_1 = 200 мм. Масса заслонки с поршнем и штоком составляет 70 кг. Жесткость пружины равна k = 8 Н/мм, Принять коэффициент трения заслонки в направляющих f = 0,1. Определить давление нагнетания $p_н$, необходимое для подъема заслонки при давлениях p_1 =0,2 МПа и p_2 =20кПа.



Контрольная работа № 2 (Гидродинамика)

№1

1. Какое движение жидкости называется установившимся?

2. Определить диаметр трубы для пропуска воды с расходом Q = 2,0 л/с при скорости V= 1,0 м/с.

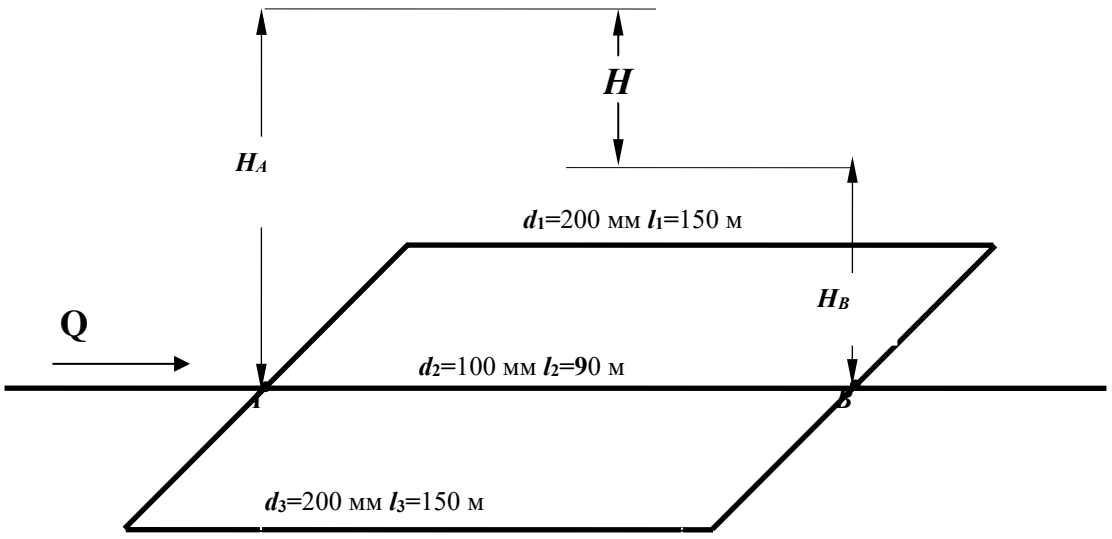
3. Рассчитать коэффициент сопротивления вентиля $\zeta_{вент}$, если потери напора в нем составляют $h_{вент}$= 0,25 м при скорости V= 0,5 м/с.

4. Записать уравнение Бернулли для целого потока реальной жидкости, представить диаграмму уравнения.

5. Определить режим движения жидкости в трубе d = 100 мм, шероховатостью Δ = 0,05 мм при скорости движения V = 0,21 м/с. Коэффициент кинематической вязкости жидкости ν = 0,7x10^{-6} м^2/с. Для турбулентного режима проверить область сопротивления.

Задача

Определить расход воды, подводимый к системе параллельно соединенных труб, если действующий напор H=10 м. Трубы стальные, новые. Местными потерями пренебречь.



№2

1. Какое движение жидкости называется равномерным?

2. Определить скорость движения воды в трубе диаметром d_1 = 50 мм, если при постоянном расходе скорость в трубе d_2= 100 мм равна V_2 = 1,0 м/с.

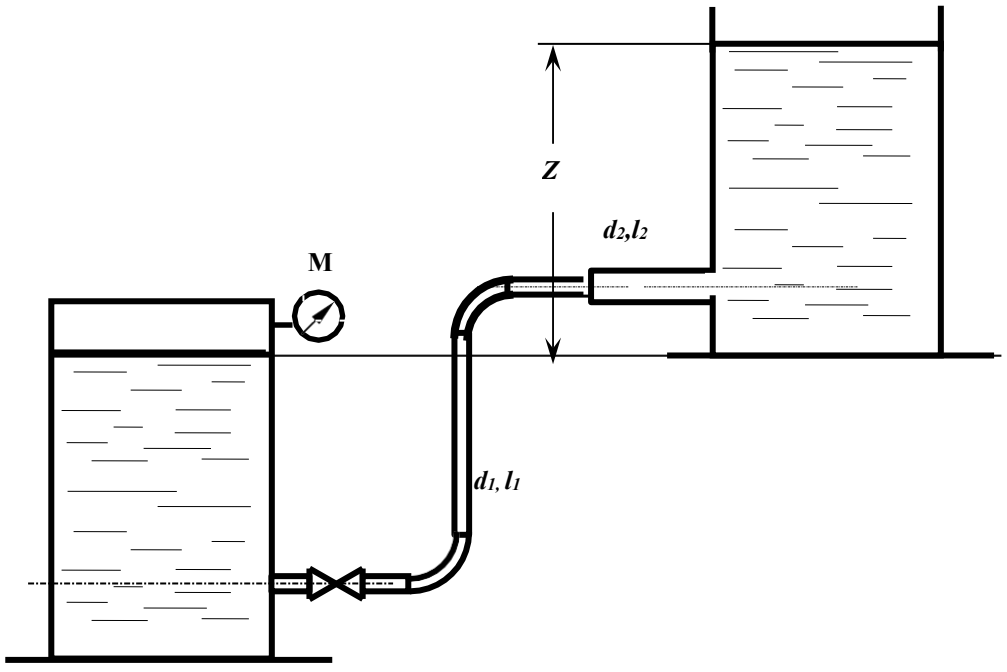
3. Геометрический смысл уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Диаграмма уравнения.

4. Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 17,0, а скорость движения воды V = 1,2 м/с.

5. Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу d=200 мм и длиной l=1500 м при скорости потока V=13,1 см/с и температуре 10^0С (ν=0,0131 см^2/с). Трубы стальные, новые (Δ=0,05мм).

Задача

Определить максимально возможную высоту наполнения верхнего резервуара Z из нижней емкости при расходе воды Q = 8 л/с по двум коротким трубам d_1= 100 мм, l_1= 40 м, d_2 = 150 м, l_2 = 60 м при показании манометра $p_м$ = 50 кПа; ν = 0,01 Ст; Δ = 0,1 мм; пробковый кран закрыт на 30°.



№3

1. Какой трубопровод называется коротким?

2. Рассчитать расход воды в трубе d = 100 мм при скорости V =1,27 м/с.

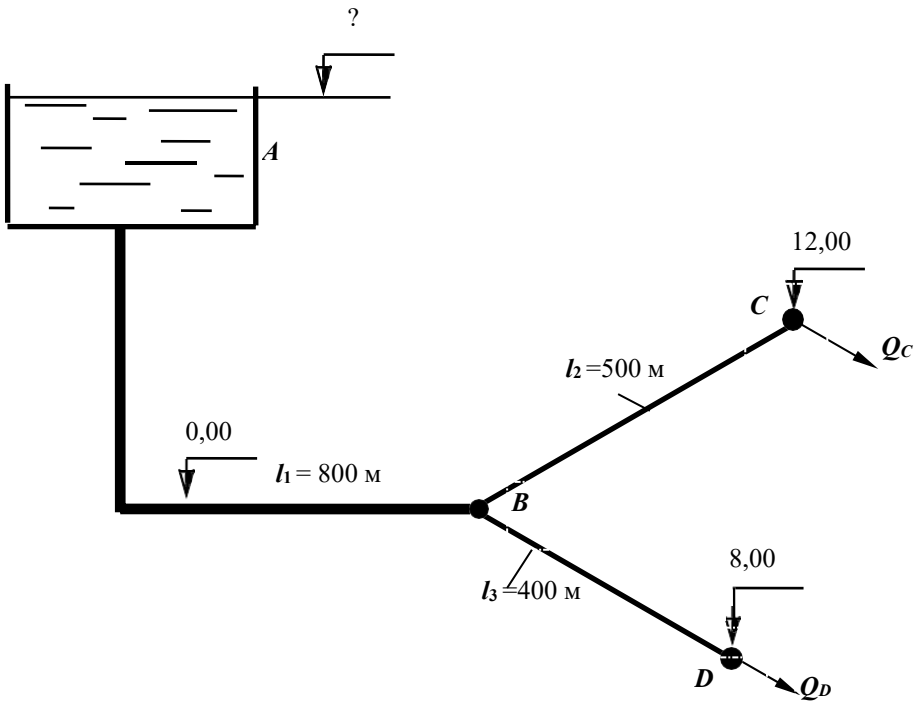
3. Как экспериментально определяется скоростной напор и рассчитывается скорость в точке потока? Нарисовать схему прибора.

4. Какие гидравлические сопротивления называются местными? Привести расчетную формулу определения потерь напора в местных сопротивлениях.

5. Определить режим движения жидкости в трубе d = 100 мм и шероховатостью Δ = 0,05 мм при пропускной способности Q = 1,6 л/с, если коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с. Для случая турбулентного режима движения установить область сопротивления.

Задача

Из напорного бака ***A*** идет магистральный трубопровод длиной ***l*** =800 м. В т.***B*** магистраль разделяется на две нитки: одна идет к пункту ***C***, где расходуется $\boldsymbol{Q_C}$ =11 л/с, другая -к пункту ***D***, где потребляется $\boldsymbol{Q_D}$ =95 л/с. Определить диаметры каждого участка и отметку уровня воды в баке, при условии, что $\boldsymbol{V} \leq$ 1,2 м/с.



№4

1. От чего зависит величина коэффициента гидравлического трения в квадратичной области сопротивления турбулентного режима?

2. Рассчитать диаметр трубопровода для пропуска расхода Q =2 л/с при скорости V =1,0 м/с.

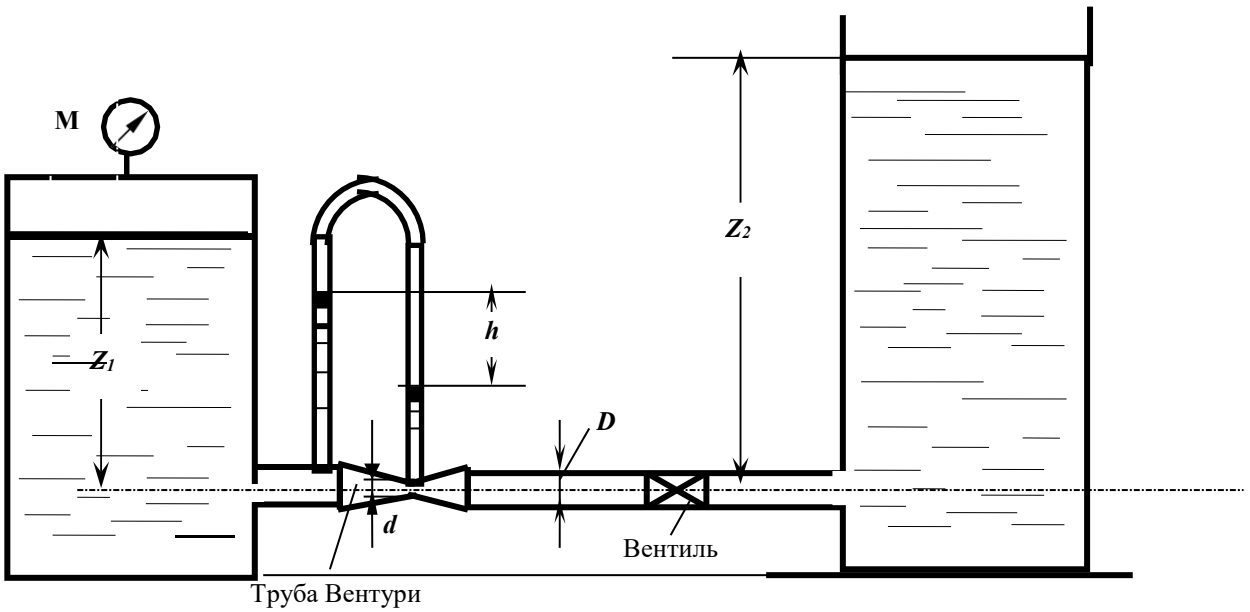
3. Каким прибором определяется полный напор в точке потока жидкости? Начертить схему прибора.

4. Какие внешние факторы вызывают потери напора по длине? Записать расчетные зависимости для определения этих потерь.

5. Определить режим движения жидкости в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм при расходе **Q** = 1,2 л/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\boldsymbol{\nu} = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

В трубопроводе диаметром $\boldsymbol{D}$ = 100 мм длиной $\boldsymbol{l}$ = 100 м установлен расходомер Вентури с модулем $\boldsymbol{d^2/D^2} = 0{,}3$.Определить расход воды $\boldsymbol{Q}$ по перепаду уровней жидкости в дифманометре $\boldsymbol{h}$ = 0,5 м. Определить избыточное давление на поверхности жидкости в баке, под действием которого происходит движение при следующих данных: $\boldsymbol{Z_1}$ = 2 м, $\boldsymbol{Z_2}$ = 5 м, коэффициенты сопротивления вентиля принять $\zeta_{вен}$= 7,0; трубы Вентури $\zeta_{Вент}$= 0,5; остальные коэффициенты местных сопротивлений по таблице. Труба водопроводная нормальная (коэффициет Дарси при турбулентном режиме можно определить по таблице).



№5

1. Какой трубопровод называется простым?

2. Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром d = 100 мм и в трубе квадратного сечения со стороной a = 200 мм.

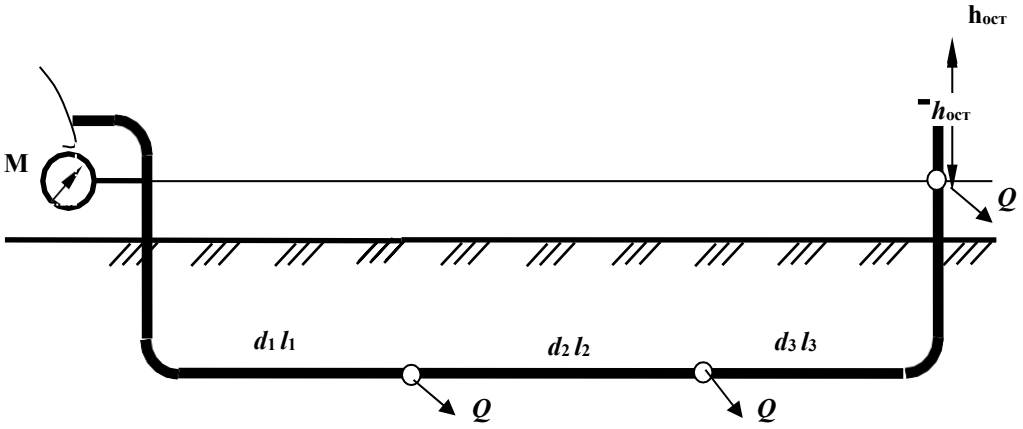
3. Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения. Дать пояснение всех параметров, входящих в уравнение.

4. Как изменятся потери напора по длине при постоянном расходе, если диаметр трубопровода уменьшится в 2 раза? Показать расчетом.

5. Определить, при каком значении коэффициента кинематической вязкости ν возможен ламинарный режим в трубе d = 50 мм при скорости движения V =1,2 м/с.

Задача

Определить расходы воды у потребителей в системе трех последовательно соединенных труб: d_1 = 200 мм, l_1 = 600 м, d_2 = 150 мм, l_2 = 300 м, d_3 = 100 мм, l_3 = 200 м, если показания манометра в начале системы p_M = 3,0 ат и остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



№6

1. Дать определение ламинарного режима.

2. Определить, при какой скорости воды в трубе диаметром d = 100 мм будет обеспечен расход **Q** = 2 ,0 л/с.

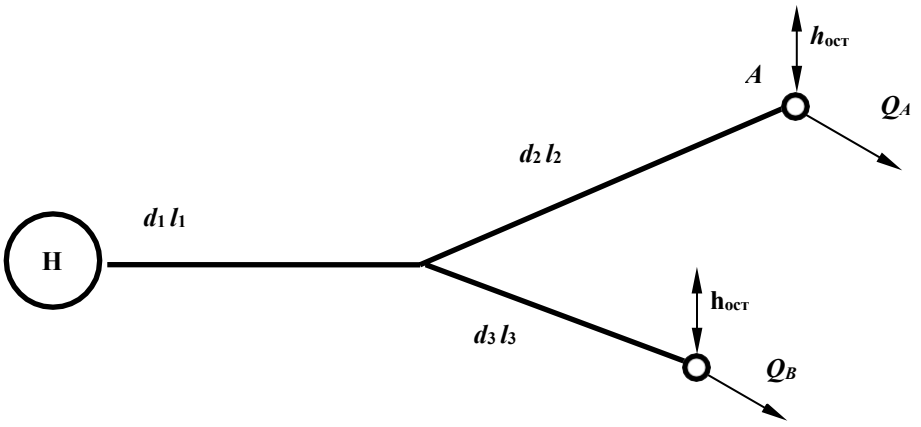
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, построить диаграмму уравнения, пояснить параметры, входящие в уравнение.

4. Рассчитать потери напора по длине в трубе диаметром d = 100 мм длиной L = 10 м при расходе Q = 8,2 л/с и коэффициенте гидравлического трения λ = 0,04.

5. Определить режим движения воды в трубе диаметром d = 100 мм при скорости V =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с, шероховатость внутренней поверхности трубы Δ=0,5мм. При турбулентном режиме установить область сопротивления.

Задача

Рассчитать тупиковую водопроводную систему, снабжающую водой шахты A и B, а также определить высоту водонапорной башни H (действующий напор), если остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м , расходы шахт составляют Q_A = 40 л/с; Q_B = 60 л/с, эксплуатационная скорость в трубах $V_{экс}$ =1,5 м/с; длины участков: l_1 = 1000 м, l_2 = 1200 м, l_3 = 900 м. Местные потери принять равными 10% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию. Чертеж представлен в плане



№7

1. Охарактеризовать турбулентный режим движения.

2. Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром d = 100 мм при скорости движения потока воды V =1,27 м/с.

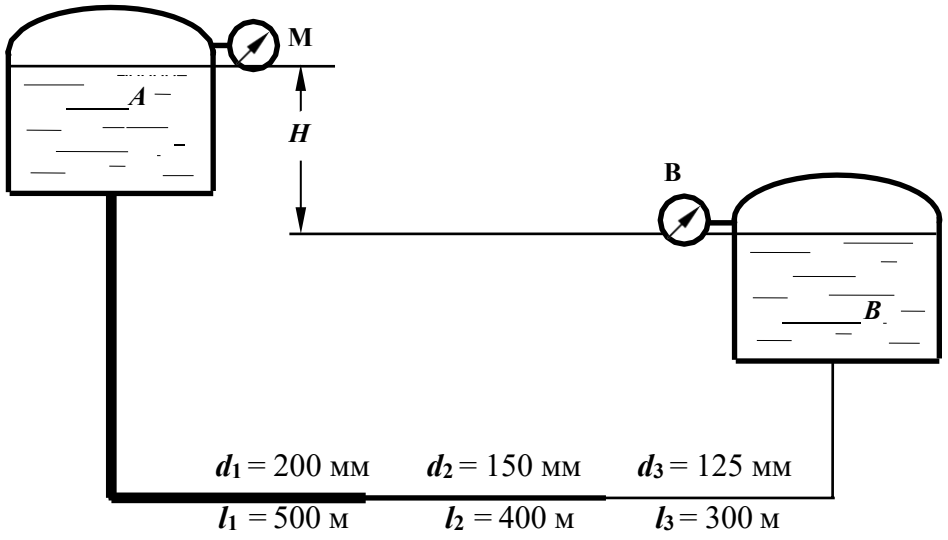
3. Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

4. Рассчитать коэффициент гидравлического трения λ для водопроводной трубы d = *100* мм, длиной L = 40 м, если потери напора по длине h_l = 1,5 м при расходе Q = 9 ,5 л/с.

5. Определить режим движения воды в трубе диаметром d = 50 мм с шероховатостью Δ= 1,0 мм при скорости V =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с. Для турбулентного режима установить область сопротивления.

Задача

Расход Q = 20 л/с поступает из напорного бака A в резервуар B по системе последовательно соединенных труб (размеры – на схеме). Определить H при следующих показаниях приборов: $p_{ман}$=0,5 ат, $p_{вак}$= 0,2 ат. Трубы водопроводные нормальные. Местные потери составляют 10% потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



№8

1. Что такое критическая скорость и как ее определить для трубопровода?

2. Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром d = 100 мм, при скорости движения потока воды V =2,0 м/с; какой режим движения в трубе при этой скорости?

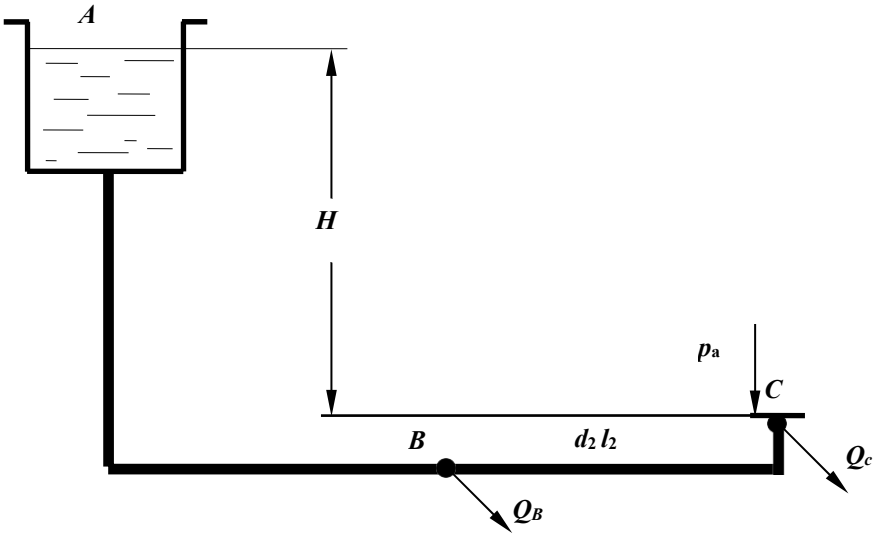
3. Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить геометрический смысл уравнения.

4. Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости увеличится в 2 раза, показать расчетом.

5. Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром d = 50 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Из водонапорного бака A в пункты B и C подаются одинаковые расходы воды $Q_B = Q_c = Q$. Определить величину Q расхода у потребителей, если напор H =15 м, трубы водопроводные, нормальные, соединены последовательно: d_1 = 100 мм, l_1 = 500 м, d_2 = 75 мм, l_2 = 300 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине.



№9

1. Записать уравнение неразрывности потока.

2. Дать понятие гидростатического напора в сечении потока. Как он определяется экспериментально?

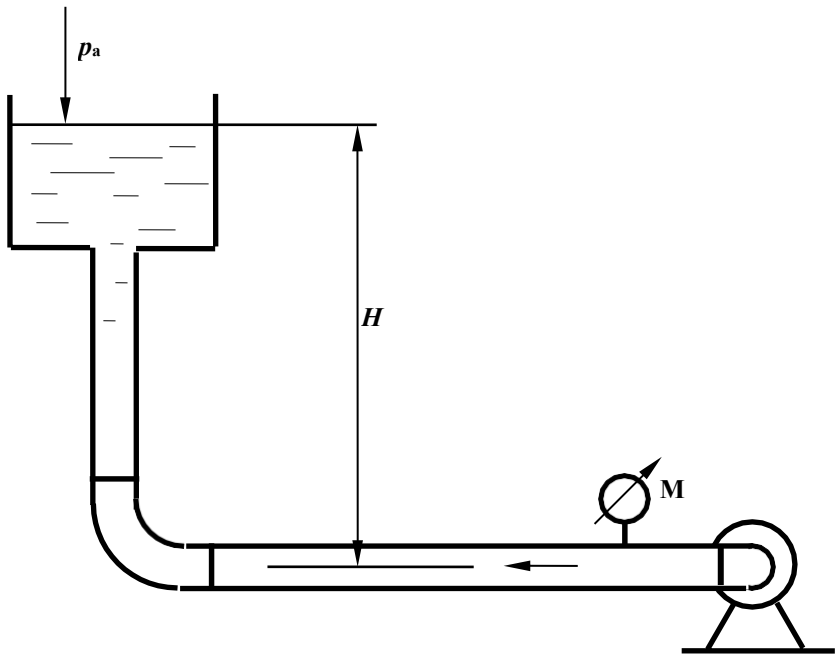
3. Рассчитать при каком значении коэффициента сопротивления пробкового крана $\zeta_{кр}$ будет обеспечен расход **Q** = 1 л/с в трубе диаметром ***d*** = 50 мм, если величина потерь напора в кране составляет $h_{кр}$= 25 см.

4. Определить потери напора по длине в трубе длиной ***L*** = 20 м диаметром ***d*** = 50 мм с абсолютной шероховатостью **Δ**= 0,5 мм при расходе **Q** = 2,5 л/с, если коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5. Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром ***d*** = 200 мм и в трубе квадратного сечения со стороной ***a*** = 100 мм.

Задача

Определить манометрическое давление, которое должен создавать насос, чтобы подать воду в количестве ***Q*** = 5 л/с в водонапорный бак на высоту ***H*** = 12 м по трубопроводу длиной ***l*** = 50 м с высотой выступов шероховатости внутренней поверхности трубы $\Delta_э$ = 1мм; при температуре воды ***t*** = 15^{0}С (ν = 0,011463 см^2/с). Диаметр трубы ***d***=150 мм, коэффициент сопротивления колен $\zeta_{кол}$ = 0,29.



№1

1. Определение потерь напора по длине с помощью обобщенных параметров.

2. Рассчитать диаметр трубопровода для пропуска расхода **Q** =4 л/с при скорости V =1,6 м/с.

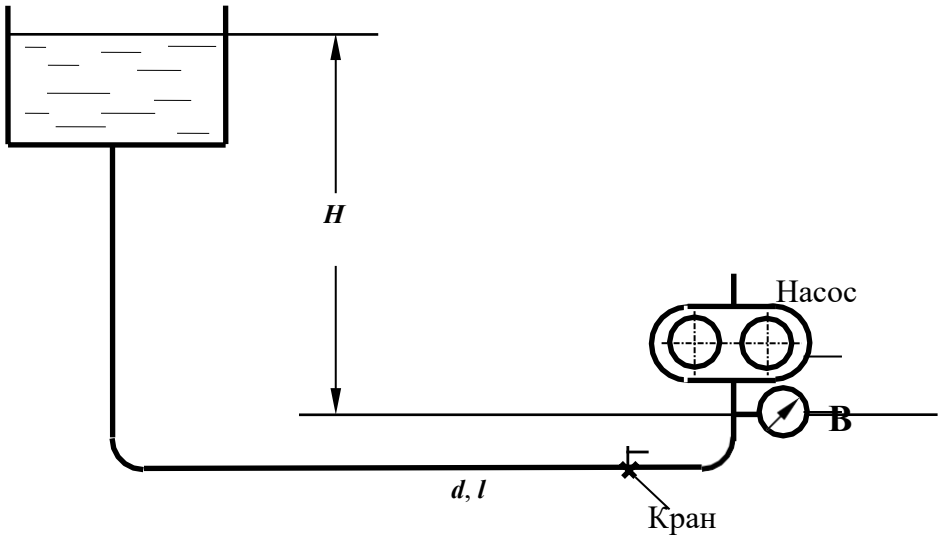
3. Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4. Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 27,0, а скорость движения воды V = 2,1 м/с.

5. Определить режим движения жидкости в трубе диаметром d = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,05 мм при скорости V =0,21 м/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

Определить расстояние H от уровня жидкости в маслобаке, если давление на входе в шестеренный насос системы смазки, подающий расход Q = 1 л/с машинного масла $p_{вак}$=0,1 ат; $\rho_м$ = 900 кг/м^3, $\nu = 38 \cdot 10^{-6}$ м^2/с, d = 35 мм, l = 5 м, , $\zeta_{кр}$ = 4, $\zeta_{кол}$ = 0,3.



№11

1. Дать определение понятия «***гидравлически гладкие стенки***».

2. Определить разность показаний трубки Пито и пьезометра, если скорость в точке установки прибора равна $\boldsymbol{u}$ =0,21 м/с. Начертить схему установки приборов.

3. Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной вязкой жидкости; привести формулы, пояснить параметры.

4. Определить разность показаний пьезометров, установленных до и после пробкового крана, если скорость движения воды в трубопроводе равна $\boldsymbol{V}$ =0,8 м/с, а коэффициент сопротивления пробкового крана равен $\boldsymbol{\zeta_{кр}}$= 7,0.

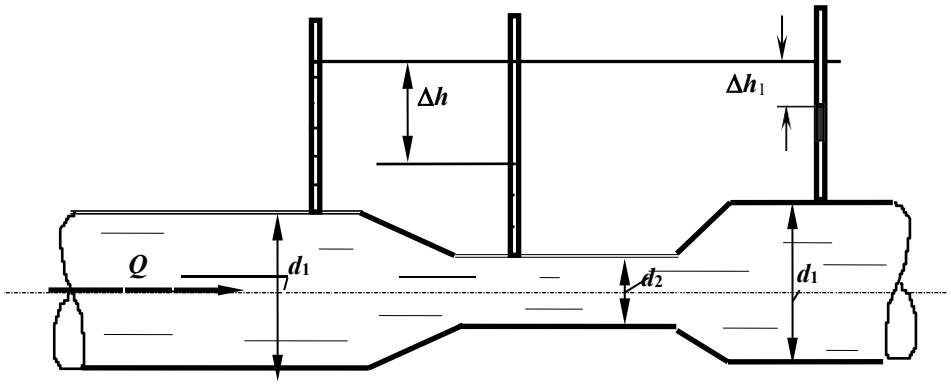
5. Определить, каким должно быть давление в начале трубы для транспортирования воды, если длина участка составляет $\boldsymbol{L}$ = 150 м, диаметр $\boldsymbol{d}$ = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, показание манометра в конце участка $\boldsymbol{p}$ = 0,7 ат, пропускная способность трубы равна $\boldsymbol{Q}$ = 6,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости ν = 10^{-6} м^2/с.

Задача

Определить разность показаний пьезометров $\Delta\boldsymbol{h}$, установленных на водомере Вентури с диаметрами $\boldsymbol{d_1}$ = 100 мм, $\boldsymbol{d_2}$ = 50 мм, если расход воды равен $\boldsymbol{Q}$ = 3 л/с.

Потерями напора в водомере пренебречь, коэффициент Кориолиса α принять равным 1.

Найти также $\Delta\boldsymbol{h}_1$ для случая учета сопротивления трубы Вентури , если принять $\zeta_{\text{Вентури}}$= 0,5.



№12

1. Каким должен быть коэффициент сопротивления вентиля, чтобы при пропускной способности трубопровода Q = 2,5 л/с потери напора в вентиле составили $h_{вент}$ = 32 см. Диаметр трубопровода равен d = 50 мм.

2. Определить скорость по оси потока жидкости в горизонтальной трубе, если показание трубки Пито, установленной по оси потока равно 100 мм, а показание пьезометра – 50 мм. Начертить схему установки приборов.

3. Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.

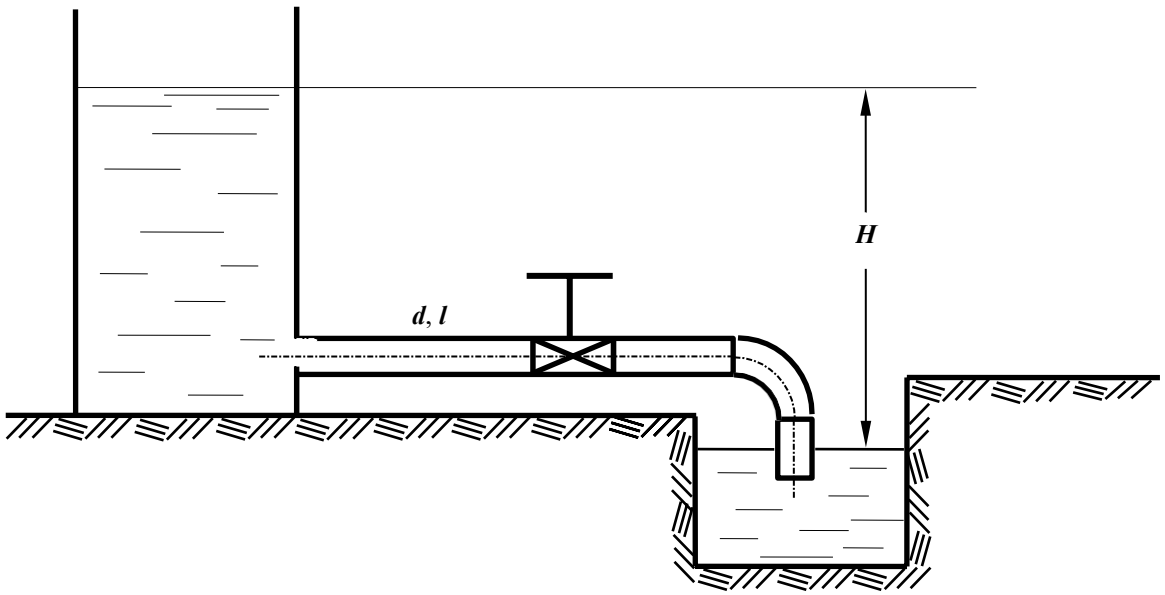
4. Разность показаний пьезометров, установленных на расстоянии L = 5 м в горизонтальной водопроводной трубе диаметром d = 50 мм, равна 30 см. Определить коэффициент гидравлического трения (λ), если расход воды составляет Q = 2,5 л/с.

5. Что такое квадратичная область сопротивления?

Задача

Определить, какой должна быть разность уровней трансформаторного масла в резервуаре и отстойнике, чтобы по трубе диаметром d = 50 мм и длиной l = 25 м проходил расход Q = 3,0 л/с. На трубе установлен пробковый кран с углом открытия α = 20°. Кинематический коэффициент вязкости масла

$\nu = 0{,}38 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.



№13

1. Пояснить, какие параметры составляют гидравлическую характеристику сечения потока. Дать определения.

2. В горизонтальной трубе с плавным сужением скорость в первом сечении равна V =0,5 м/с, пьезометрический напор – $p_1/\rho g$ = 0,8 м. Рассчитать пьезометрический напор во втором сечении, если диаметр трубы уменьшится в два раза.

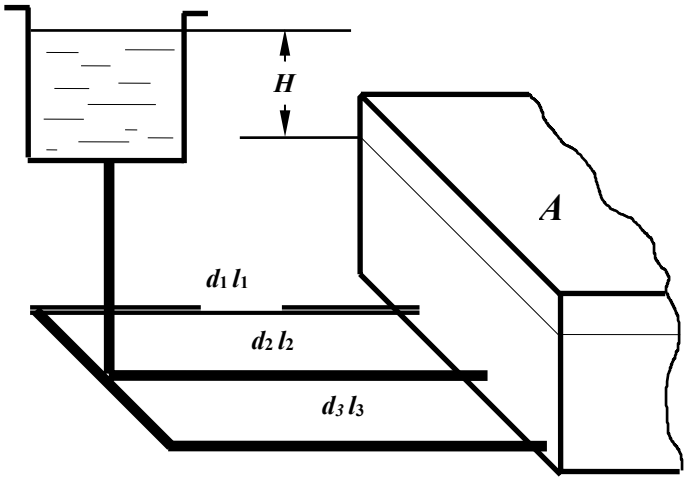
3. Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной жидкости. Записать уравнения.

4. Рассчитать критическую скорость для потока бензина в трубе диаметром d = 50 мм, если кинематический коэффициент вязкости бензина равен $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с.

5. Определить давление в начале водопроводной стальной трубы длиной L =200 м, диаметром d = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, если показание манометра в конце участка p = 0,9 ат, пропускная способность трубы равна **Q =** 5,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

В бассейн A из напорного бака через три параллельно соединенных трубопровода поступает расход Q = 50 л/с. Определить необходимый напор H и расход в каждом трубопроводе, трубы водопроводные, нормальные; область сопротивления - квадратичная. Местные потери напора принять равными 10% от потерь по длине. Размеры труб: d_1=150 мм; l_2=450м d_2 =100 мм; l_2=400м; d_3=200мм; l_3=420м.



№14

1. Записать дифференциальные уравнения движения жидкости (уравнения Эйлера).

2. Рассчитать скоростной напор потока воды в трубе диаметром d = 100 мм, если при таком же расходе скоростной напор в трубе диаметром d = 50 мм равен 0,2 м.

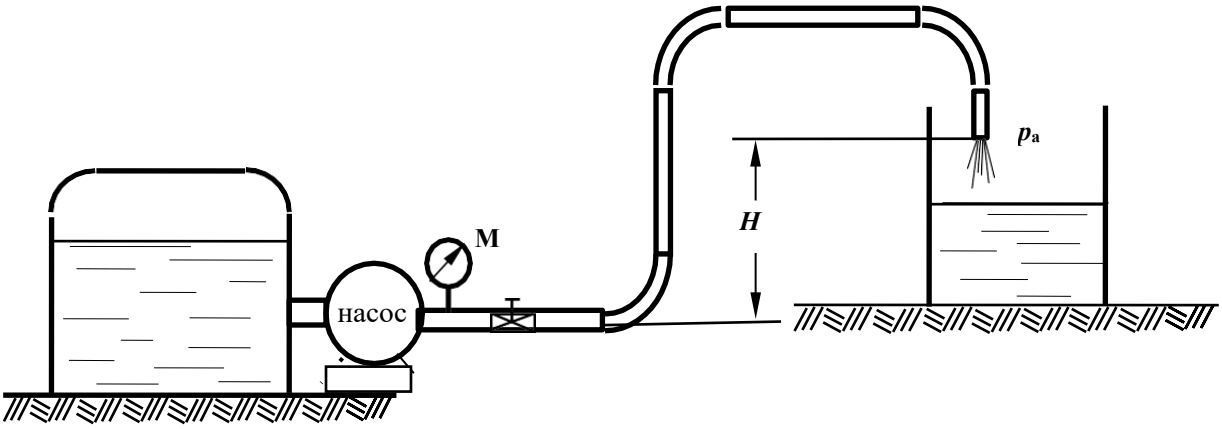
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Дать пояснения параметров, входящих в уравнение, учитывая его геометрическую интерпретацию. Построить диаграмму уравнения.

4. При какой скорости потока воды произойдет переход от ламинарного режима к турбулентному в стеклянной трубе диаметром d = 30 мм, если кинематический коэффициент вязкости равен $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5. Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу диаметром d = 50 мм и длиной l=150 м при скорости потока V=1,3 м/с и температуре 10^0С (ν=0,0131 см^2/с). Трубы стальные, новые (Δ=0,05мм).

Задача

Определить длину трубопровода диаметром d = 100 мм (Δ = 0,5 мм), с помощью которого бензин ($\rho_б$ = 700 кг/м^3 и ν = 3,0·10^{-6}м^2/с) может быть поднят на высоту H = 12 м при пропускной способности **Q** = 6 л/с, если показания манометра, установленного после насоса, $p_м$ = 1,2 ат. Истечение бензина происходит в атмосферу. Сумму коэффициентов местных сопротивлений принять равной $\sum\zeta$ = 6,0.



№15

1. Пояснить понятие ***коэффициент расхода трубопровода.***

2. Определить сторону ***a*** квадратного сечения трубопровода пропускной способностью ***Q*** = 2,5 л/с при скорости движения жидкости ***V*** = 1,0 м/с.

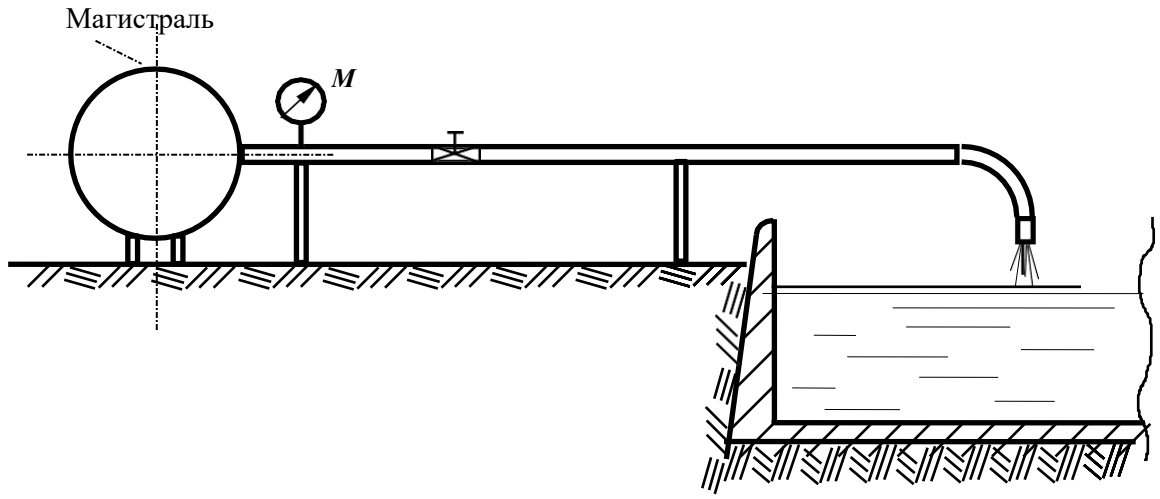
3. Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки реальной жидкости к целому потоку? Записать уравнения.

4. Определить при какой скорости движения воды в водопроводной трубе диаметром ***d*** = 50 мм и длиной ***L*** = 40 м потери напора по длине составят h_l = 30 см. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0{,}03$.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной ***L*** = 150 м, диаметром ***d*** = 100 мм (Δ= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы ***p*** = 0,87 ат, расход составляет ***Q*** = 6,3 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Определить какой объем воды (***W***) наполнится в бассейне за 30 мин. через нормальную водопроводную трубу длиной ***l*** = 50 м и диаметром ***d*** = 100 мм, присоединенную к магистральному трубопроводу с избыточным давлением $p_м$ = 100 кПа, если на трубе установлен пробковый кран с углом закрытия $\alpha = 30^o$ и одно колено.



№16

1. Назвать области сопротивления турбулентного режима, пояснить как их определить при расчете.

2. Определить показание пьезометра, установленного в сечении трубы, если показание трубки Пито в центре этого сечения равно 150 мм. Скорость по оси потока принять равной u =1,0 м/с.

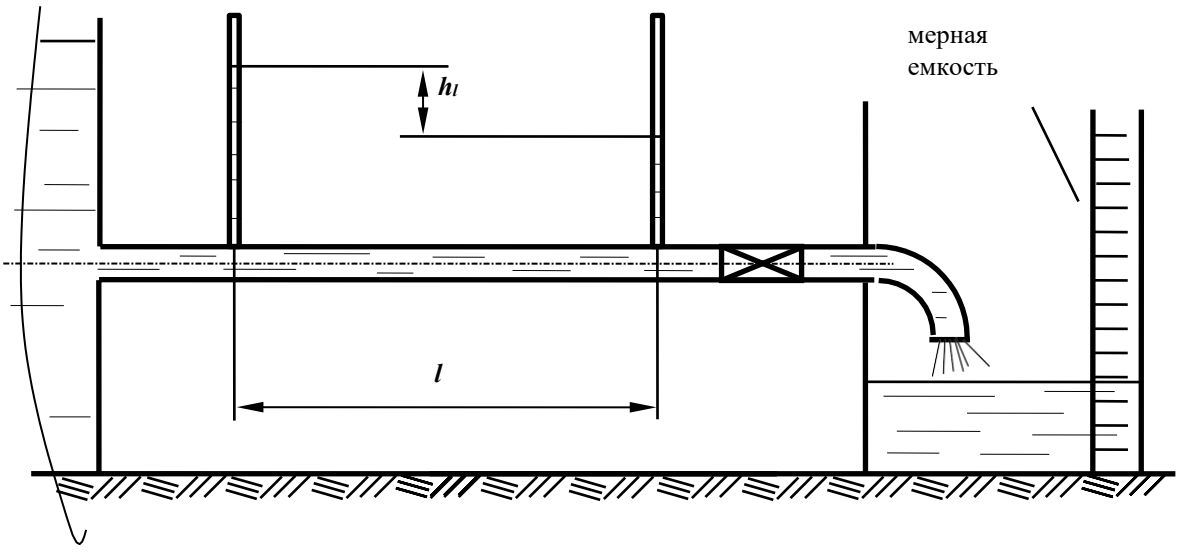
3. Чем отличается уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости от уравнения для элементарной струйки реальной жидкости? Начертить диаграммы для каждого случая.

4. Рассчитать критическую скорость для потока нефти в трубе диаметром d =150 мм, если коэффициент кинематической вязкости нефти равен $\nu = 1{,}4 \times 10^{-4}$ м^2/с.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной L = 150м, диаметром d = 100 мм (Δ= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы p = 0,87 ат, расход составляет **Q =** 6,3 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Определить разность показаний пьезометров, выведенных на расстоянии l = 20 м на стальной трубе диаметром d = 50 мм с эквивалентной шероховатостью $\Delta_э$ = 0,5 мм, если за 30 сек. в мерную емкость набирается 50 литров воды. Кинематический коэффициент вязкости воды равен $\nu = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.



№17

1. Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения для трех сечений трубы переменного сечения.

2. Как изменятся потери напора по длине при постоянном расходе, если диаметр трубопровода увеличить в 2 раза? Показать расчетом.

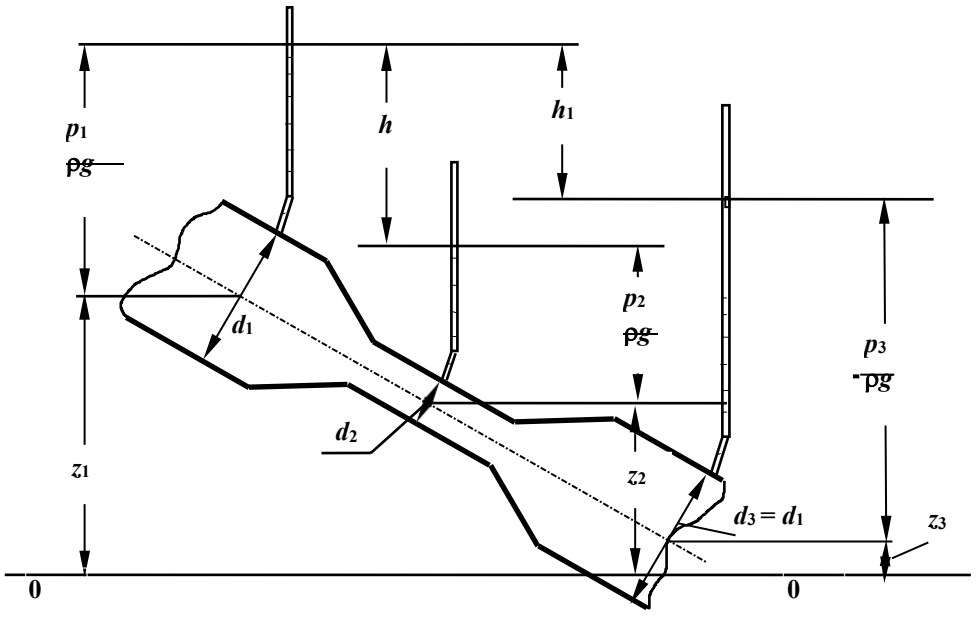
3. Рассчитать скорость по оси потока, если разность показаний трубки Пито, установленной в центре сечения, и пьезометра в этом же сечении равно 10 см. Нарисовать схему установки приборов.

4. Какой должна быть скорость протекания воды через пробковый кран с коэффициентом сопротивления $\zeta_{кр}$= 6, чтобы потери напора в кране составили $h_{кр}$ = 30 см.

5. Определить разность показаний пьезометров, установленных на горизонтальной стальной трубе d = 50 мм на расстоянии L = 25 м при расходе **Q** = 1,7 л/с ($\Delta_э$ = 0,5 мм), кинематический коэффициент вязкости воды равен $\nu = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

На трубопроводе установлен расходомер Вентури. Определить расход воды, протекающей по трубопроводу, если h = 20 см; d_1 = 100 мм; d_2 = 50 мм. Потерями напора между первым и вторым сечениями пренебречь. Учитывая потери напора между первым и третьим сечениями, найти коэффициент местного сопротивления трубы Вентури, если h_1 = 15 см.



№18

1. Определить диаметр трубопровода при течении воды с критической скоростью при расходе **Q =** 1,8 л/с; кинематический коэффициент вязкости воды равен $\nu = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

2.При движении воздуха в вентиляционной трубе квадратного сечения со стороной a = 400 мм расход составляет **Q =** 2,4 л/с. Определить скорость движения воздуха в трубе.

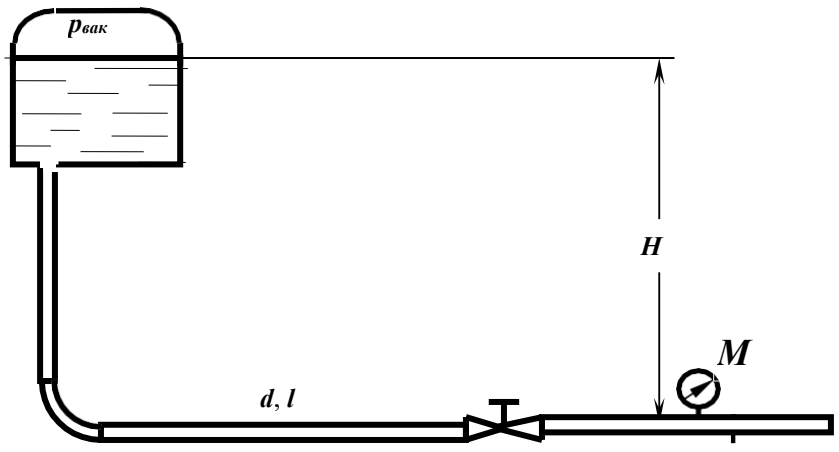
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения, пояснить энергетический смысл членов уравнения.

4.Показание первого пьезометра, установленного по ходу движения масла в трубе диаметром d = 50 мм, равно h_1= 1,5 м. Определить показание второго пьезометра h_2 на расстоянии L = 20 м, если расход составляет **Q =** 2,0 л/с.
Кинематический коэффициент вязкости масла принять $\nu = 0{,}3 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

5.В горизонтальной трубе с плавным сужением скорость в первом сечении равна V =0,8 м/с, пьезометрический напор – $p_1/\rho g$ = 0,8 м. Рассчитать пьезометрический напор во втором сечении, если диаметр трубы уменьшится в два раза.

Задача

Определить показание манометра, установленного на трубе диаметром d = 150 мм длиной L = 20 м, подающей в закрытый бак с вакуумметрическим давлением на поверхности жидкости $p_{вак}$ = 0,1 ат масло трансформаторное (ρ = 880кг/м^3, $\nu = 28 \cdot 10^{-6}$ м^2/с) при расходе Q = 5,0 л/с на высоту H = 12 м. Труба стальная новая, коэффициент сопротивления задвижки $\zeta_{задв}$= 6.



№19

1. Дать определение понятия ***гидравлический радиус.***

2. Определить диаметр трубы для пропуска воды с расходом $\boldsymbol{Q}$ = 2,4 л/с при скорости $\boldsymbol{V}$ = 1,1 м/с.

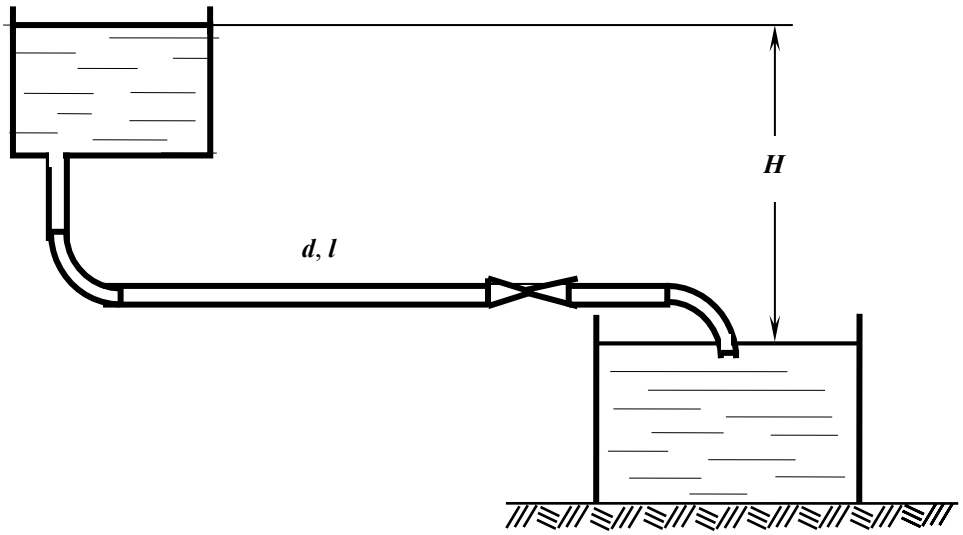
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4. Определить разность показаний пьезометров, установленных на горизонтальной трубе $\boldsymbol{d}$ = 50 мм на расстоянии $\boldsymbol{L}$ = 5 м при расходе $\boldsymbol{Q}$ = 3,14 л/с; коэффициент Дарси принять равным 0,04.

5. Определить режим движения воды и нефти в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 10 см при скорости движения $\boldsymbol{V}$ = 25 см/с. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu_в$= 0,01 см^2/с; нефти - $\nu_н$ = 0,5 см^2/с.

Задача

Определить расход воды, вытекающей из бака через трубу длиной $\boldsymbol{l}$ = 10 м и диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм под напором $\boldsymbol{H}$ = 4 м. Коэффициент сопротивления крана принять равным $\zeta_{кр}$= 6. Труба стальная новая. Учесть все местные сопротивления



№20

1. Дать определение ламинарного и турбулентного режима.

2. Определить критическую скорость движения воды по трубам диаметрами d = 10 см и 0,1 см. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu_в$= 0,01 см^2/с.

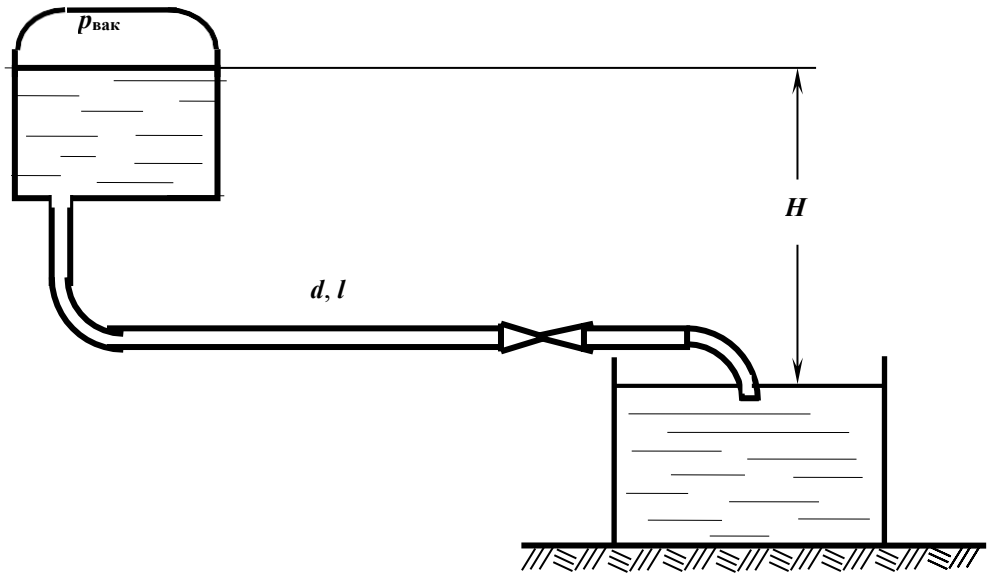
3. Каков геометрический и энергетический смысл каждого члена уравнения Бернулли в отдельности и всего уравнения в целом?

4. Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости уменьшится в 2 раза, показать расчетом.

5. Определить потери напора по длине в трубе длиной L = 20 м диаметром d = 50 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм при расходе Q = 2,5 л/с, если кинематический коэффициент вязкости воды ν = 10^{-6} м^2/с.

Задача

Жидкость плотностью ρ = 700 кг/м^3 с кинематическим коэффициентом вязкости ν =3х10^{-6} м^2/с подается из бака по трубе длиной l = 10 м и диаметром d = 50 мм под напором H = 1 м. Определить расход, если показание вакуумметра $p_{вак}$= 5 кПа. Коэффициент сопротивления задвижки $\zeta_{задв}$ = 5,5, шероховатость трубы Δ= 0,2 мм.



№21

1. По каким признакам движение делится на установившееся и неустановившееся?

2. Чему равен гидравлический радиус в прямоугольном лотке шириной b = 1 м и глубиной наполнения h = 0,5 м?

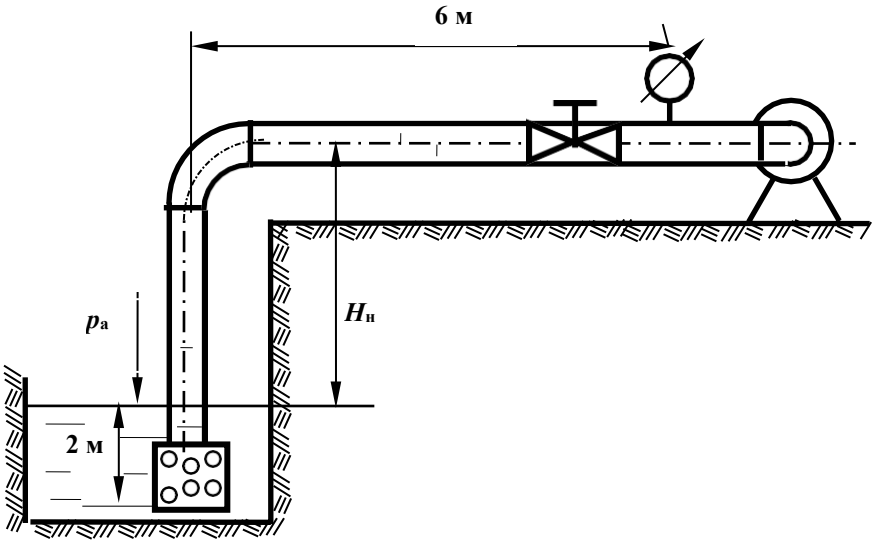
3. Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения, пояснить энергетический смысл членов уравнения

4. Сравнить потери напора по длине в стальной трубе круглого и квадратного сечения при равных длине, площади живого сечения и скоростях движения воды и эквивалентной шероховатости: l =100 м, ω = 0,03 м^2, V =1,0 м/с, Δ = 0,2 мм.

5. Определить расход воды в трубе диаметром d_1 = 250 мм, имеющей плавное сужение до диаметра d_2 =125 мм, если показание пьезометров: до сужения h_1 = 50 см, в сужении h_2 = 30 см.

Задача

Насос, перекачивающий жидкость с плотностью ρ = 900 кг/м^3 и вязкостью ν = 0,5х10^{-4}м^2/с, в количестве Q = 40 л/с, создает во всасывающей линии вакуум $p_{вак}$= 350 мм рт.ст., не вызывая разрыва сплошности потока. Диаметр трубопровода равен d = 200 мм. Найти высоту установки насоса $H_н$, при атмосферном давлении 750 мм рт.ст. и коэффициенте сопротивления задвижки $\zeta_{задв}$= 2.



№22

1. Что такое трубка тока и элементарная струйка? Каковы их свойства?

2. Как зависит средняя скорость от площади живого сечения? Что будет со средней скоростью, если площадь живого сечения увеличивается? уменьшается? остается постоянной(

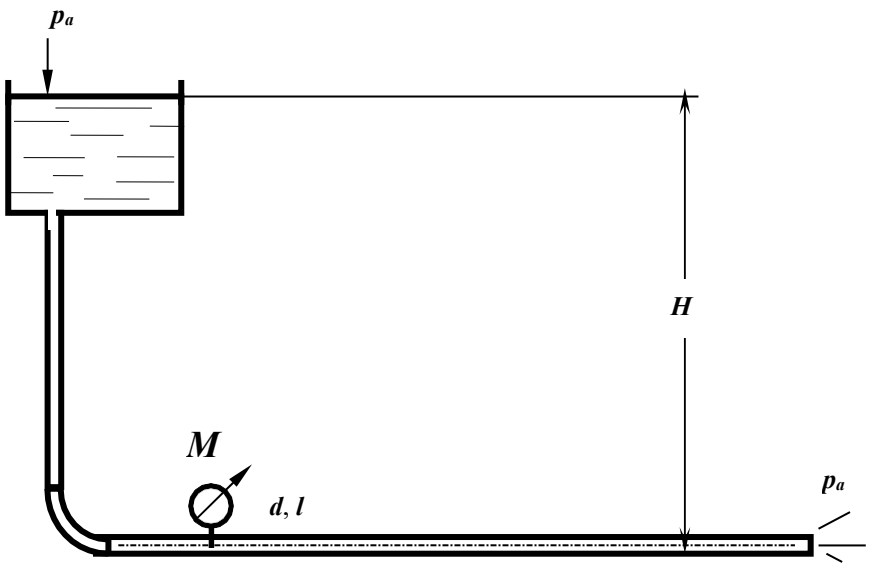
3. Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке вязкой жидкости? Как изменится диаграмма уравнения?

4. По трубопроводу диаметром d = 150 мм перекачивается мазут с плотностью ρ = 900 кг/м^3.Определить объемный расход Q и среднюю скорость V, если весовой расход составляет G =500 Н/час.

5. Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром d = 150 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Определить, на каком расстоянии от водонапорного бака установлен манометр, показания которого $p_м$ =48 кПа, если длина трубопровода l = 1000 м, диаметр d = 100 мм, H = 10 м, $\Delta_э$= 0,2 мм; принять режим турбулентный, область сопротивления квадратичная.



№23

1. Проанализировать и объяснить возможное положение напорной и пьезометрической линии потока вязкой жидкости. Может ли каждая из них быть горизонтальной, иметь уклон в сторону движения или против него? В каких случаях?

2. Чему равен смоченный периметр в безнапорной трубе диаметром d = 1 м и глубиной наполнения h = 0,5 м?

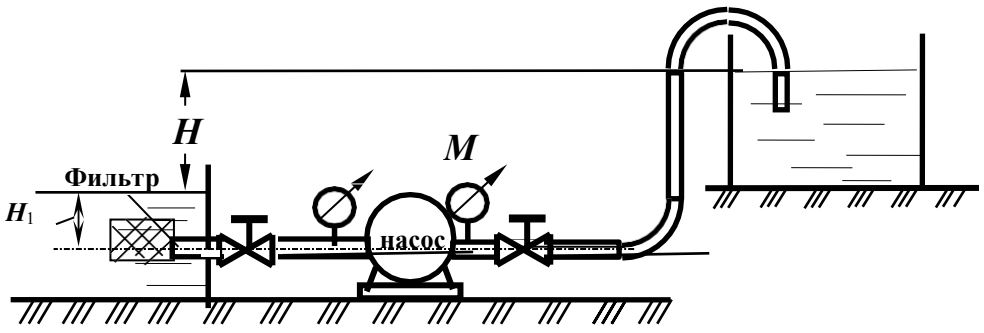
3. В каком смысле следует понимать определение ***потери энергии,*** учитывая, что уравнение Бернулли – закон сохранения энергии при движении жидкости? Может ли потерянная энергия снова перейти в механическую энергию движущегося потока?

4. Чему равна скорость V_1 в напорном трубопроводе, если в сечении 1-1 внутренний диаметр трубы равен d_1 =10 см, а в сечении 2-2 диаметр d_2 = 5см и скорость V_2=1 м/с?

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной L = 100м, диаметром d = 100 мм (Δ= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы p = 0,96 ат, расход составляет Q = 4,2 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Насос подает дизельное топливо из нижнего бака в верхний. Определить напор, создаваемый насосом, и его полезную мощность, если плотность жидкости $\rho_б$ = 800 кг/м^3 и кинематическая вязкость $\nu = 3{,}0\cdot10^{-6}$м^2/с. Геометрические параметры всасывающего трубопровода: $d_{вс}$ = 125 мм, длина $l_{вс}$= 10 м; нагнетательного трубопровода - $d_н$ = 100 мм, $l_н$= 800 м, эквивалентная шероховатость Δ = 0,5 мм. Высота подъема топлива H = 20 м при подаче Q = 16 л/с, показания манометра, установленного после насоса, $p_м$ = 1,2 ат. Эквивалентную длину в линии нагнетания принять равной 20 м. В линии всасывания учесть потери напора в фильтре ($\zeta_ф$=17) и в полностью открытом вентиле.



№24

1. Что такое гидравлический уклон? Может ли он быть положительным? отрицательным?

2. Какую размерность имеет число Рейнольдса? Чему равно критическое число Рейнольдса? Как найти критическую скорость?

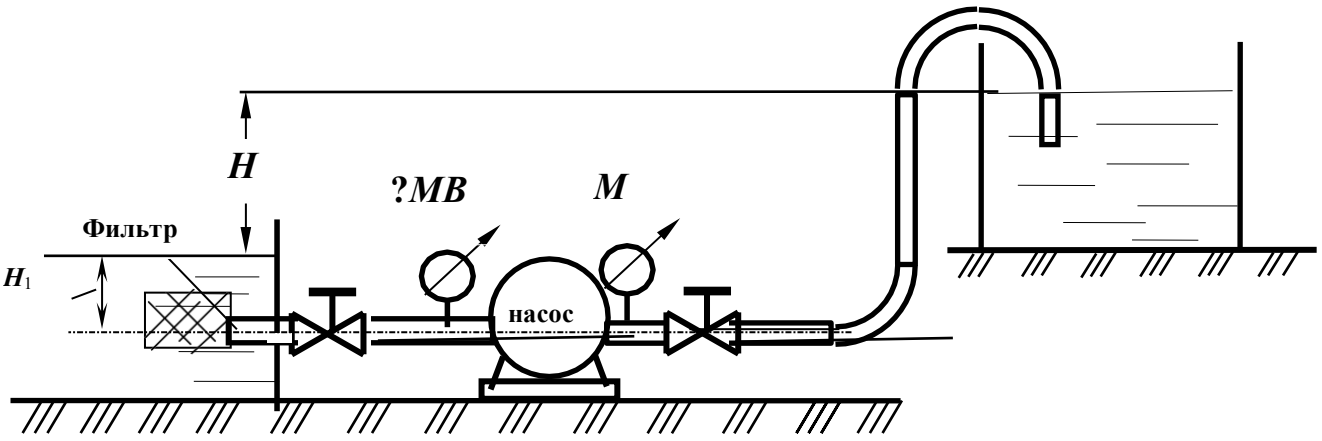
3. Как изменится расход воды в новой стальной трубе диаметром d = 100 мм и длиной L = 100 м, если потери напора составляют 0,5 м, а температура воды изменилась от 5° до 20°С?

4. Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить энергетический смысл уравнения.

5. Определить расходы воды в квадратной и круглой трубе при площади живого сечения ω = 0,002 м^2, Δ = 0,2 мм, если потери напора в этих трубах одинаковы и равны 0,2 м, а длина каждой трубы: l =100 м.

Задача

Насос подает дизельное топливо из нижнего бака в верхний. Определить тип прибора, установленного перед входом в насос при H_1= 3 м, если плотность жидкости $\rho_б$ = 800 кг/м^3 и кинематическая вязкость ν = 3,0·10^{-6}м^2/с; расход Q = 16 л/с; геометрические параметры всасывающего трубопровода: $d_{вс}$ = 125 мм, длина $l_{вс}$= 10 м; учесть потери напора в фильтре ($\zeta_ф$=17) и в полностью открытом вентиле.



№25

1. Что такое ***местные*** потери напора и потери напора ***по длине*** потока? Какова природа и физическая сущность этих явлений?

2. Под каким давлением находится напорный поток вязкой жидкости, если пьезометрическая линия проходит ниже, выше или совпадает с продольной осью потока?

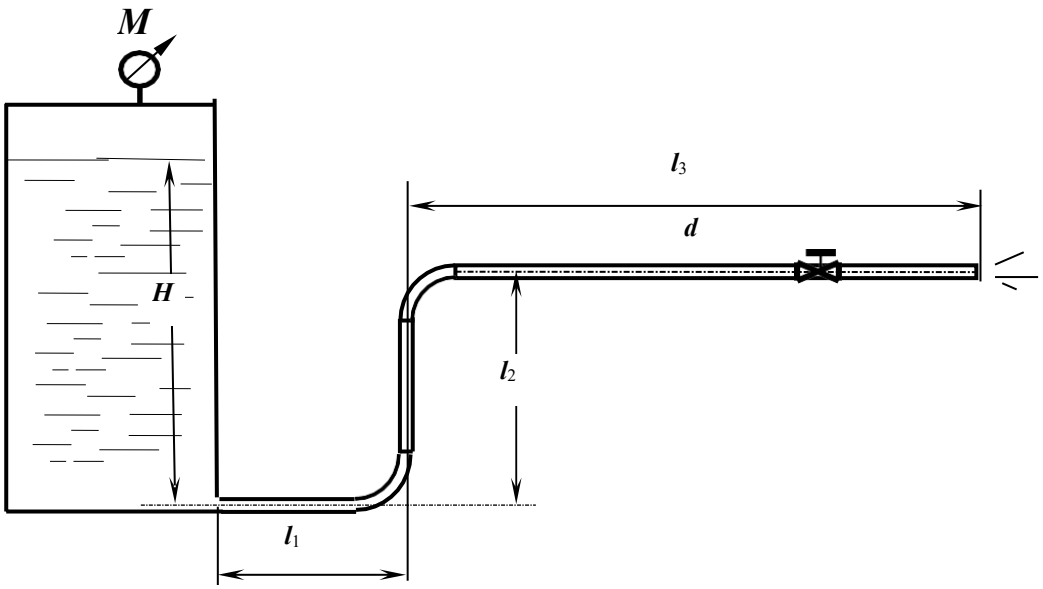
3. Определить давление в начале трубопровода диаметром d = 150 мм и длиной L = 10 км, при подаче жидкости с плотностью ρ = 880 кг/м^3 и вязкостью ν = 1,09 Ст при весовом расходе **G** =12000 Н/сутки. Конечная точка трубопровода лежит выше начальной на 100 м, а давление в конце трубопровода p_2 =1,5 ати.

4. Определить режим движения воды и нефти в трубе диаметром d = 10 см при расходе равном 250 см^3/с. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu_в$= 0,01 см^2/с; нефти – $\nu_н$ = 0,5 см^2/с.

5. Что такое зона квадратичного сопротивления турбулентного режима? Как она определяется при расчете?

Задача

Чему равен напор H, необходимый для обеспечения расхода воды Q = 20 л/с трубопроводе диаметром d = 100 мм и с длинами l_1 = 10 м, l_2 = 4 м, l_3 = 40 м при показании манометра $p_{ман}$=0,1 ат, труба старая, сильно загрязненная, вентиль полностью открытый. Учесть все местные сопротивления.



№26

1. Какое движение жидкости называется равномерным?

2. Определить разность показаний трубки Пито и пьезометра, если скорость в точке установки прибора равна $\boldsymbol{u}$ =1,21 м/с. Начертить схему установки приборов.

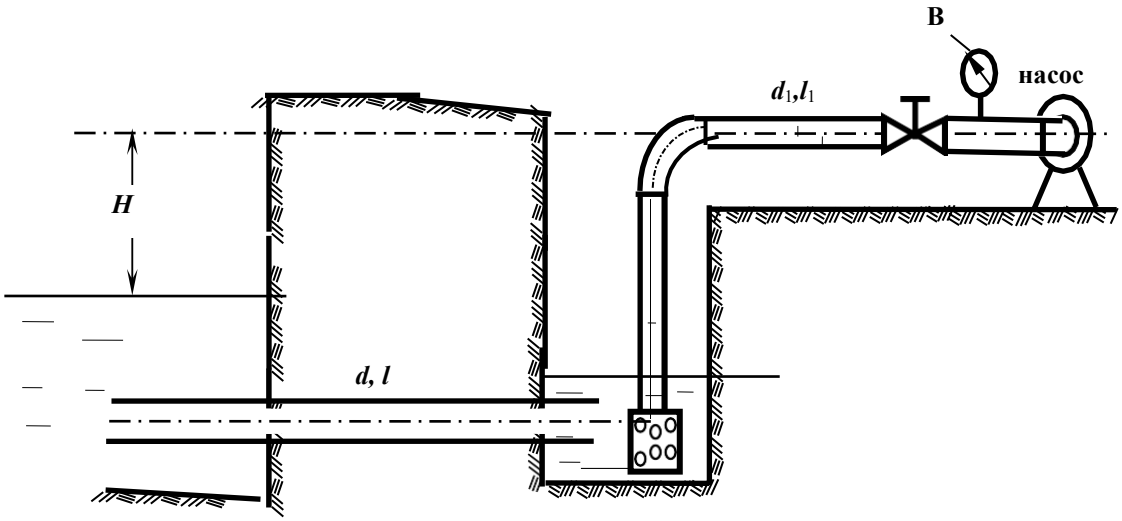
3. Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.

4. Определить потери напора по длине в трубе длиной $\boldsymbol{L}$ = 200 м диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,01 мм при расходе $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с, если коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5. Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ =150 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Вода ($\nu = 10^{-6}$м^2/с) из озера по самотечному трубопроводу ($\boldsymbol{d}$ = 200 мм, $\boldsymbol{l}$ = 50 м) поступает в береговой колодец, откуда насосом подается в промысловый водопровод. Подача насоса $\boldsymbol{Q}$ = 60 л/с, его всасывающая линия ($\boldsymbol{d}_1$ = 150 мм, $\boldsymbol{l}_1$ = 15 м) имеет сетку с обратным клапаном, колено и вентиль. Все трубы сварные, умеренно заржавевшие, $\boldsymbol{H}$ = 3 м. Определить вакуум в трубе перед насосом.



Министерство науки и высшего образования РФ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

А. В. Угольников

Д. С. Стожков

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник тестовых вопросов и заданий для студентов всех неэлектрических специальностей, изучающих дисциплину «Электротехника» очного и заочного обучения»

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горномеханического
факультета УГГУ
«___» _____ 2019 г.
Председатель комиссии
_____ проф. В. П. Барановский

А. В. Угольников

Д. С. Стожков

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник тестовых вопросов и заданий для студентов всех неэлектрических специальностей, изучающих дисциплину «Электротехника» очного и заочного обучения»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

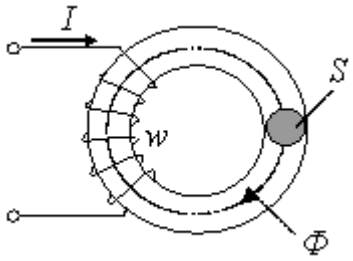
Оглавление

1. Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей……. 3
Тема 2: Методы расчета линейных цепей постоянного тока …….. 13
Тема 3: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (однофазные цепи)……. 21
Тема 4: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (трехфазные цепи)…….…… 29
Тема 5: Нелинейные цепи ……...……. 34
Тема 6: Методы измерения электрических и магнитных величин……..….. 38
Тема 7: Трансформаторы…… 40
Тема 8: Машины переменного тока……... 45
Тема 9: Машины постоянного тока…… 50
Тема 10: Синхронные машины…….. 56
Тема 11: Электроника……. 60

ОТВЕТЫ ……..... 70

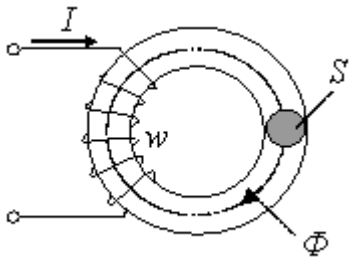
Тема 1. Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей

1.1. Если при неизменном токе I, площади поперечного сечения S и длине l магнитопровода уменьшить число витков w, то магнитный поток Ф …



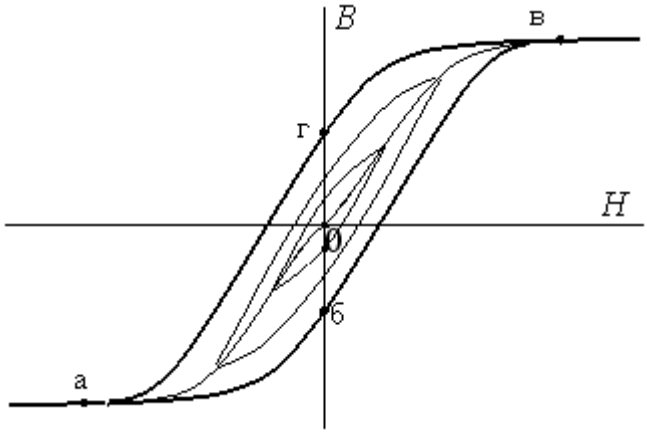
1. уменьшится;
2. не изменится;
3. не хватает;
4. увеличится.

1.2. Если при неизменном токе I, площади S поперечного сечения магнитопровода (сердечник не насыщен) и его длине l увеличить число витков w, то магнитный поток Ф …



1. уменьшится;
2. увеличится;
3. не изменится;
4. не хватает данных.

1.3. Зависимость магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H, описывается замкнутой кривой а-б-в-г-а, называется …

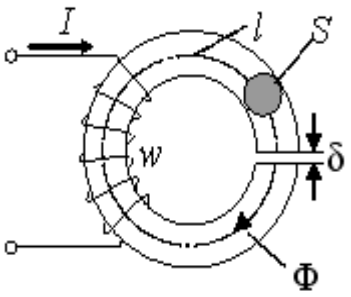


1. частной петлей гистерезиса;
2. предельной петлей гистерезиса;
3. кривой первоначального намагничивания;
4. основной кривой намагничивание.

1.4. Если действующее значение ЭДС в катушке со стальным сердечником равно E, то, пренебрегая рассеянием и активным сопротивлением катушки, амплитуда магнитной индукции B_m равна …

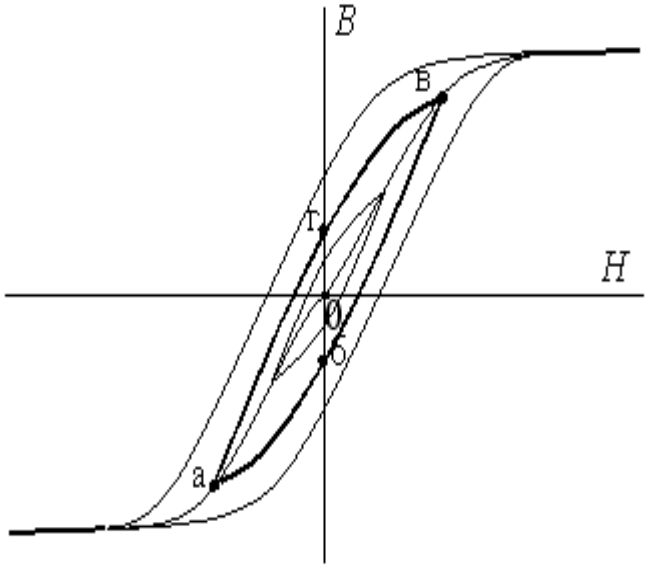
1. 4,44 wfS / E;
2. E_m / (wfS);
3. E / (4,44 wfS);
4. 4,44 wfSE.

1.5. Если при неизменном токе I, числе витков w, площади S поперечного сечения и длине l магнитопровода (сердечник не насыщен), увеличить воздушный зазор δ, то магнитный поток Ф…



1. не изменится;
2. увеличится;
3. не хватает данных;
4. уменьшится.

1.6. Зависимость магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H, описываемая замкнутой кривой а-б-в-г-а, называется …

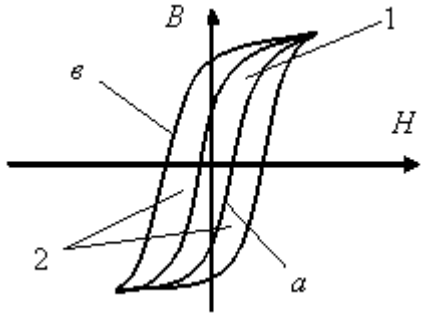


1. предельная петля гистерезиса;
2. частная петля гистерезиса;
3. основная кривая намагничивания;
4. кривая первоначального намагничивания.

1.7. *Если при неизменной амплитуде U_m увеличить частоту синусоидального напряжения, питающего катушку со стальным сердечником, то потери мощности в магнитопроводе …*

1. увеличатся;
2. уменьшаться;
3. не хватает данных;
4. не изменятся.

1.8. Если «а» - статическая, а «в» - динамическая петли гистерезиса, то суммарные потери на гистерезис и вихревые токи за цикл перемагничивания представляет площадь …



1. 1+2;
2. 1;
3. 2;
4. 2-1.

1.9. В ферромагнитных веществах магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H связаны соотношением

1. $B = H / \mu_0$;
2. $B = \mu_0 H$;
3. $B = H / \mu_a$;
4. $B = \mu_a H$.

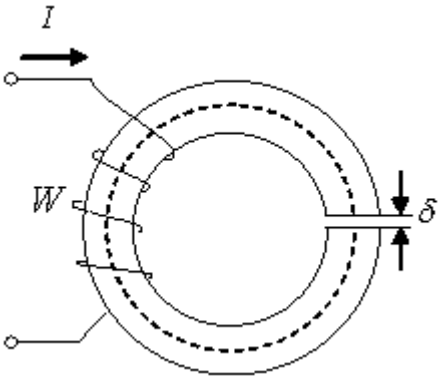
1.10. Фундаментальные уравнения, описывающие электромагнитное поле, это - …

1. уравнения, составленные по законам Кирхгофа;
2. уравнения закона Джоуля-Ленца;
3. уравнения закона Ома;
4. уравнения Максвелла.

1.11. К ферромагнитным материалам относится …

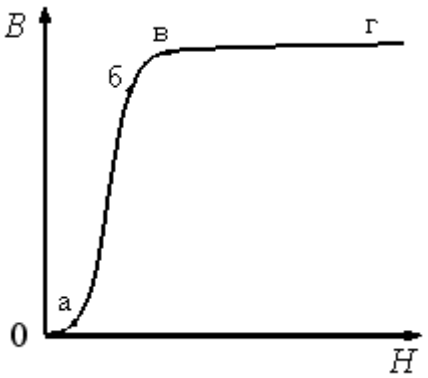
1. электрическая медь;
2. электротехническая сталь;
3. алюминий;
4. чугун.

1.12. Приведенная магнитная цепь классифицируется как …



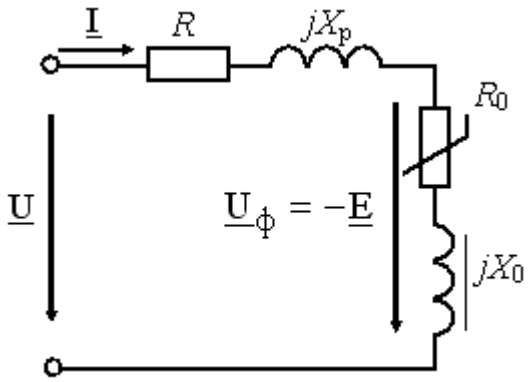
1. неразветвленная однородная;
2. разветвленная неоднородная;
3. разветвленная однородная;
4. неразветвленная неоднородная.

1.13. Отрезок а-б основной кривой намагничивания B(H) соответствует…



1. участку насыщения ферромагнетика;
2. участку интенсивного намагничивания ферромагнетика;
3. размагниченному состоянию ферромагнетика;
4. участку начального намагничивания ферромагнетика.

1.14. На эквивалентной последовательной схеме замещения катушки с ферромагнитным сердечником потери в магнитопроводе учитывает элемент ….



1. $X_р$;
2. X_0;
3. R;
4. R_0.

1.15. Величиной, имеющей размерность Гн/м, является …

1. магнитная индукция *B*;
2. напряженность магнитного поля H;
3. абсолютная магнитная проницаемость $\mu_{o;}$
4. магнитный поток Ф.

1.16. Напряженность магнитного поля связана с индукцией магнитного поля соотношением …

1. $\overline{D} = \varepsilon\varepsilon_0\overline{E}$
2. $\overline{H} = \mu_0\overline{B}$
3. $\overline{B} = \dfrac{\overline{H}}{\mu\mu_0}$
4. $\overline{H} = \dfrac{\overline{B}}{\mu\mu_0}$

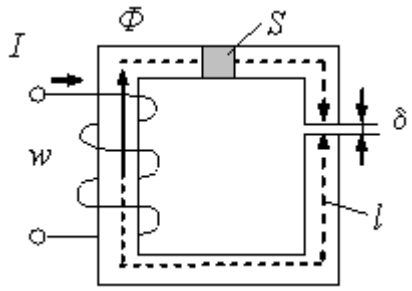
1.17. Если к катушке с ферромагнитным сердечником приложено синусоидальное напряжение $u(t)=U_m \sin\omega t$, то, пренебрегая рассеянием и активным сопротивлением катушки, можно принять …

1. $U_m \approx U_{m\,расс}$;
2. $U_m \approx RI_m$;
3. $U_m \approx RI_m + E_{m\,расс}$;
4. $U \approx E$.

1.18. Основной кривой намагничивания ферромагнитных материалов называется …

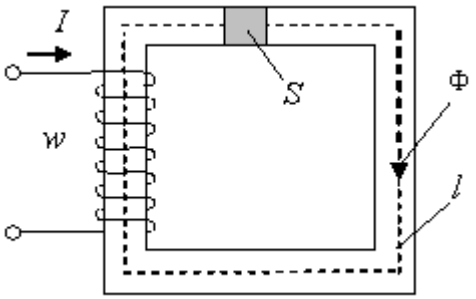
1. геометрическое место вершин симметричных частных петель гистерезиса и предельной гистерезисной петли;
2. частная петля гистерезиса зависимости B (H);
3. кривая магнитной проницаемости;
4. предельная петля гистерезиса зависимости B (H).

1.19. Если при неизменном токе I, числе витков w и площади S поперечного сечения уменьшить длину l магнитопровода (сердечник не насыщен), уменьшить воздушный зазор δ, то магнитный поток Ф …



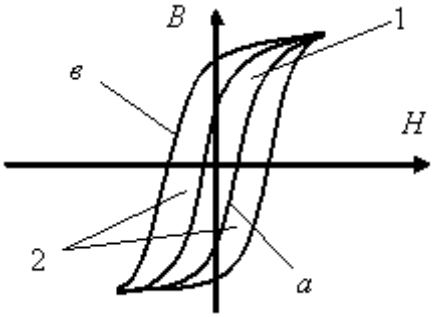
1. не изменится;
2. увеличится;
3. не хватает данных;
4. уменьшится.

1.20. Если при неизменном токе I, числе витков w и площади S поперечного сечения увеличить длину l магнитопровода (сердечник не насыщен), то магнитный поток Ф …



1. не изменится;
2. уменьшится;
3. увеличится;
4. не хватает данных.

1.21. Если площадь 1 – потери на гистерезис за один цикл перемагничивания, а площади 2 – потери на вихревые токи за один цикл перемагничивания, то замкнутая кривая «в» представляет ...

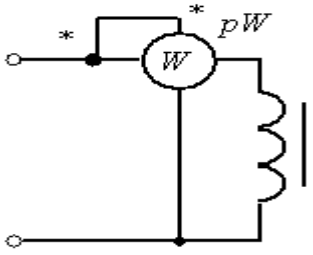


1. статическую петлю гистерезиса;
2. динамическую петлю гистерезиса;
3. основную кривую намагничивания;
4. кривую первоначального намагничивания.

1.22. Законом ома для магнитной цепи называют уравнение ...

1. $\Phi = \frac{R_M}{I_W} = \frac{R_M}{F}$;
2. $\Phi = \frac{I_W}{R_M} = \frac{F}{R_M}$;
3. $\Phi = I_W R_M = F R_M$;
4. $\Phi = \frac{I_W}{U_M} = \frac{F}{U_M}$.

1.23. Если потери мощности в активном сопротивлении провода катушки со стальным сердечником P_R = 2 Вт, потери мощности на гистерезис $P_Г$ = 12 Вт, на вихревые токи P_B = 20 Вт, то показание ваттметра составляет ...



1. 22 Вт;
2. 34 Вт;
3. 32 Вт;
4. 14 Вт.

1.24. Величиной, имеющей размерность А/м, является …

1. магнитная индукция;
2. напряженность электрического поля Е;
3. магнитный поток Ф;
4. напряженность магнитного поля Н.

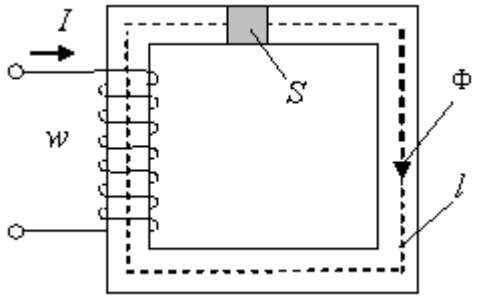
1.25. Величиной, имеющей размерность Вб, является …

1. магнитный поток Ф;
2. магнитная индукция В;
3. напряженность электрического поля Е;
4. напряженность магнитного поля Н.

1.26. При описании магнитного поля используется величина …

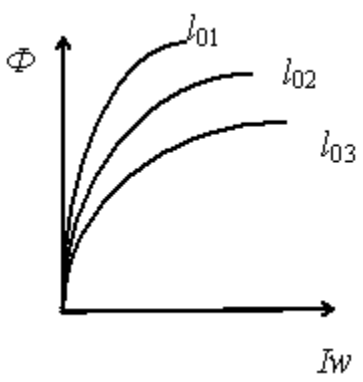
1. напряженности электрического поля Е;
2. электрического смещения D;
3. диэлектрической постоянной ε_0;
4.магнитного потока Ф.

1.27. Если при неизменном токе I, числе витков w и площади S поперечного сечения уменьшить длину l магнитопровода (сердечник не насыщен), то магнитный поток Ф …



1. не изменится;
2. увеличится;
3. не хватает данных;
4. уменьшится.

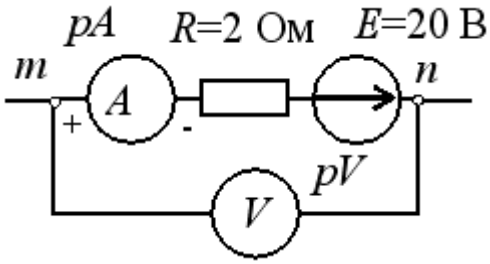
1.28. Соотношение между воздушными зазорами для трех магнитных характеристик Ф=f(Iw) магнитной цепи …



1. $l_{01} < l_{02} < l_{03}$;
2. $l_{01} = l_{02} = l_{03}$;
3. $l_{01} > l_{02} = l_{03}$;
4. $l_{01} > l_{02} > l_{03}$.

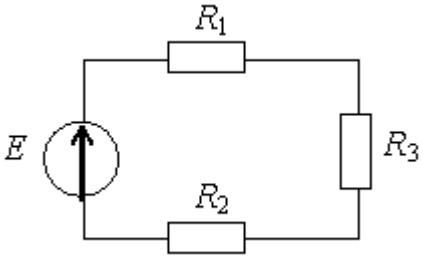
Тема 2: Методы расчета линейных цепей постоянного тока

2.1. Полярность на амперметре pA показывает направление тока. Если показание амперметра составляет pA=5A, то вольтметр покажет …



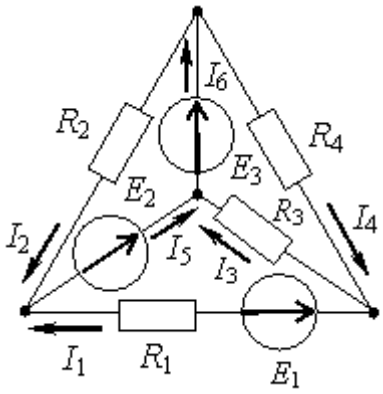
1. 0 В;
2. 10 В;
3. 4 В;
4. 20 В.

2.2. Если R_1 = 1 кОм, R_2 = 200 Ом, R_3 = 20 Ом, то на резисторах будут наблюдаться следующие напряжения…



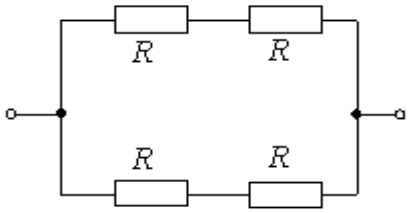
1. на всех одно и то же напряжение;
2. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min;
3. на $R_3 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min;
4. на $R_1 \rightarrow$ max, на $R_3 \rightarrow$ min.

2.3. Общее количество независимых уравнений по законам Кирхгофа, необходимое для расчета токов в ветвях заданной цепи составит …



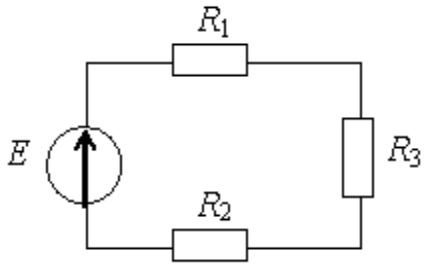
1. 2;
2. 3;
3. 6;
4. 4.

2.4. Если все резисторы имеют одинаковое сопротивление, то эквивалентное сопротивление цепи равно …



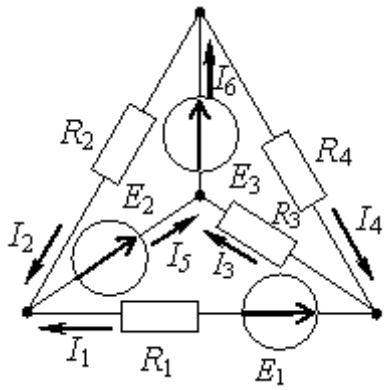
1. $R_э = 2R$;
2. $R_э = R/2$;
3. $R_э = R$;
4. $R_э = 4R$.

2.5. Если сопротивления R_1 = 100 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 200 Ом, то на резисторах будут наблюдаться следующие напряжения …



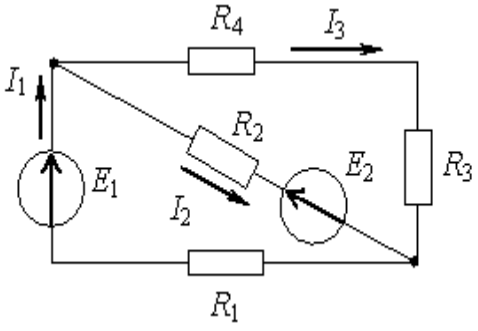
1. на $R_3 \rightarrow$ max, на $R_2 \rightarrow$ min;
2. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min;
3. на $R_1 \rightarrow$ max, на $R_2 \rightarrow$ min;
4. во всех одно и тоже напряжение.

2.6. Количество узлов в данной схеме составляет …



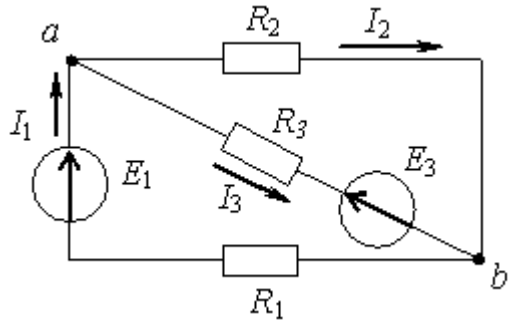
1. три;
2. два;
3. четыре;
4. шесть.

2.7. Источник ЭДС работают в следующих режимах …



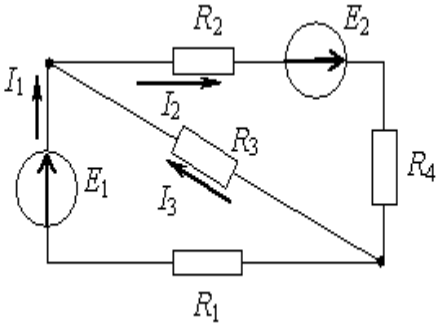
1. оба в генераторном режиме;
2. E_1 – генератор, а E_2 – потребитель;
3. E_1 – потребитель, а E_2 – генератор;
4. оба в режиме потребителя.

2.8. Количество независимых уравнений по второму закону Кирхгофа, необходимое для расчета токов в ветвях составит …



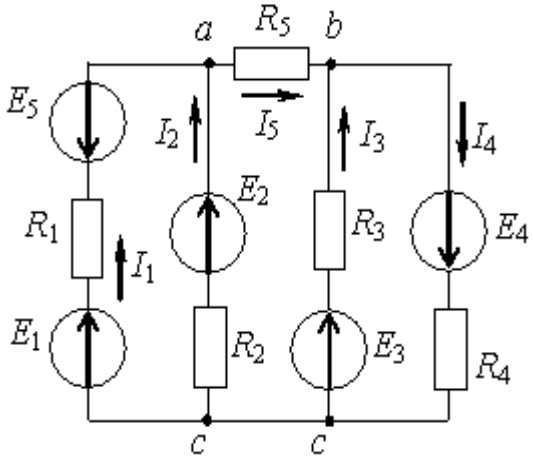
1. четыре;
2. три;
3. два;
4. одно.

2.9. Источники ЭДС работаю в следующих режимах …



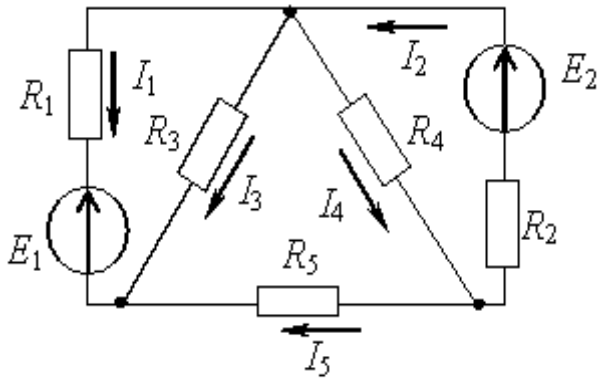
1. E_1 – потребитель, а E_2 – генератор;
2. оба в режиме потребителя;
3. E_1 – генератор, а E_2 – потребитель;
4. оба в генераторном режиме.

2.10. Если токи в ветвях составляют I_1=2А, I_2=10 А, то ток I_5 будет равен …



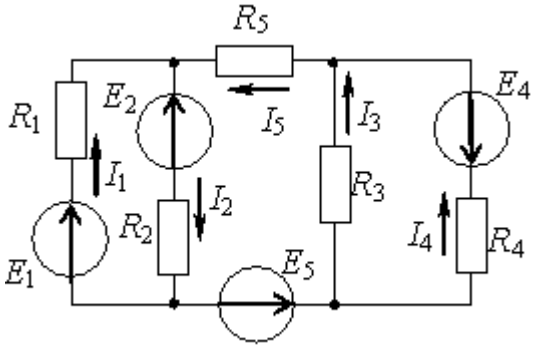
1. 8 А;
2. 20 А;
3. 6 А;
4. 12 А.

2.11. Уравнение баланса мощностей представлено выражением …



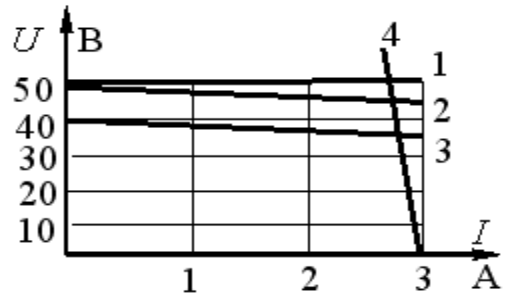
1. $E_1I_1 - E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 + R_5I_5^2$;
2. $E_1I_1 + E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 + R_5I_5^2$;
3. $E_1I_1 + E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 - R_5I_5^2$;
4. $-E_1I_1 + E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 + R_5I_5^2$.

2.12. Количество независимых уравнений, необходимое для расчета токов в ветвях по второму закону Кирхгофа составит …



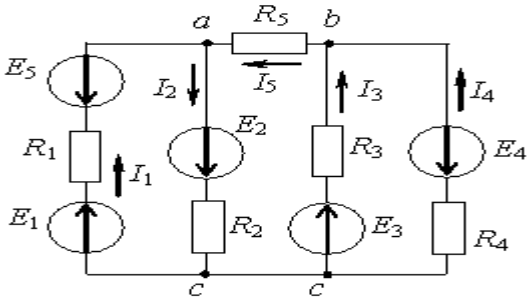
1. четыре;
2. три;
3. два;
4. шесть.

2.13. Идеальному источнику ЭДС соответствует внешняя характеристика по номером …



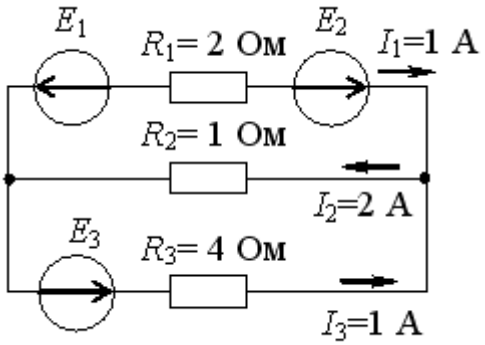
1. три;
2. четыре;
3. один;
4. два.

2.14. Для узла «а» справедливо уравнение по первому закону Кирхгофа …



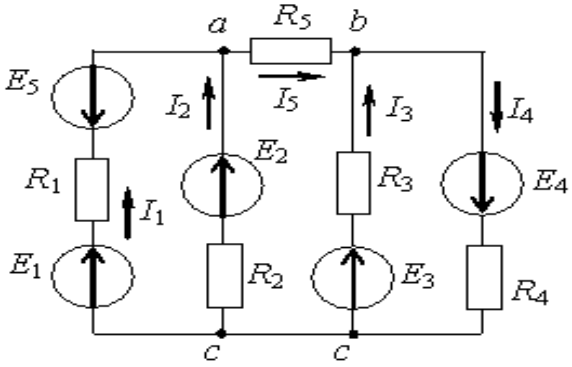
1. $-I_1 - I_2 - I_5 = 0$;
2. $I_1 + I_2 + I_5 = 0$;
3. $-I_1 - I_2 + I_5 = 0$;
4. $I_1 - I_2 + I_5 = 0$.

2.15. При известных величинах токов и сопротивлений, потребляемая мощность составит …



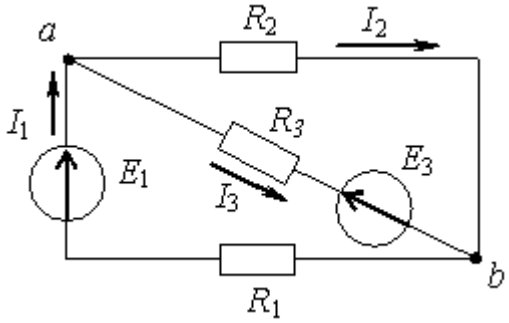
1. 8 Вт;
2. 10 Вт;
3. 20 Вт;
4. 2 Вт.

2.16. Для контура, содержащего ветви с R_2, R_3, R_5, справедливо уравнение по второму закону Кирхгофа…



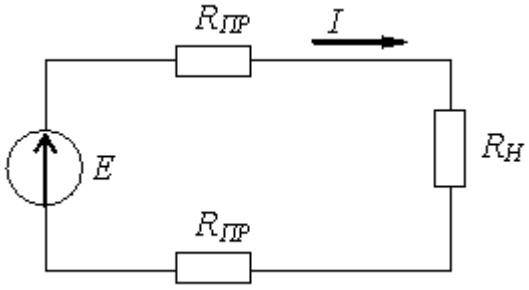
1. $I_2R_2 + I_3R_3 + I_5R_5 = E_2 + E_3$;
2. $I_2R_2 + I_3R_3 + I_5R_5 = E_2 - E_3$;
3. $I_2R_2 + I_3R_3 - I_5R_5 = E_2 - E_3$;
4. $I_2R_2 - I_3R_3 + I_5R_5 = E_2 - E_3$.

2.17. Для узла «а» справедливо следующее уравнение по первому закона Кирхгофа …



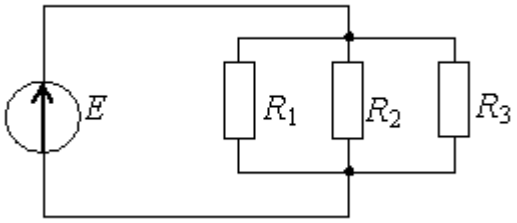
1. $I_1 - I_2 - I_3 = 0$;
2. $-I_1 - I_2 + I_3 = 0$;
3. $I_1 + I_2 + I_3 = 0$;
4. $I_1 - I_2 + I_3 = 0$.

2.18. Если через нагрузку с сопротивлением R_H=10 Ом проходит постоянный ток 5А, а сопротивление одного провода линии $R_{ПР}$=1 Ом, то падение напряжения в линии составит …



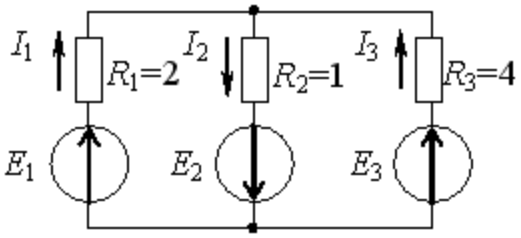
1. 10 В;
2. 5 В;
3. 50 В;
4. 60 В.

2.19. Если сопротивления R_1 = 100 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 200 Ом, то в ветвях будут наблюдаться следующие токи …



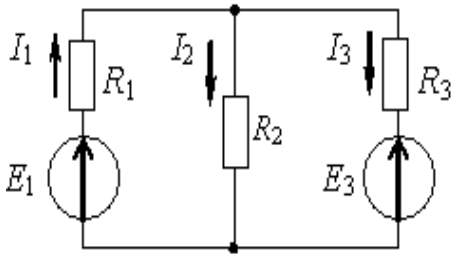
1. во всех один и тот же ток;
2. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_3 \rightarrow$ min.
3. на $R_1 \rightarrow$ max, на $R_2 \rightarrow$ min.
4. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min.

2.20. Если сопротивления цепи заданы в Омах, а токи в ветвях составляют I_1 = 1А, I_2 = 2А, I_3 = 1А, то потребляемая мощность имеет величину…



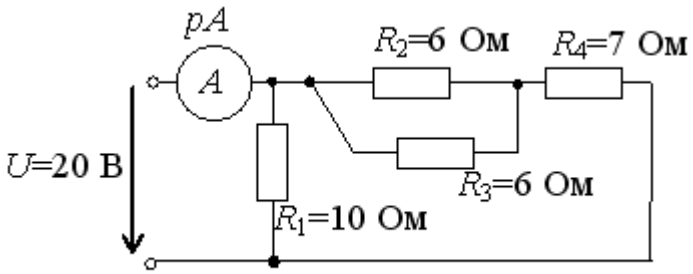
1. 8 Вт;
2. 10 Вт;
3. 20 Вт;
4. 2 Вт.

2.21. Уравнение баланса мощностей представлено выражением…



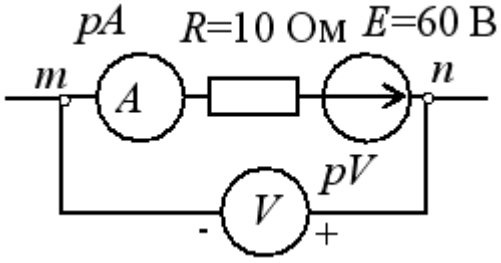
1. $-\mathrm{E_1I_1} + \mathrm{E_3I_3} = \mathrm{R_1}I_1^2 + \mathrm{R_2}I_2^2 + \mathrm{R_3}I_3^2$;
2. $\mathrm{E_1I_1} - \mathrm{E_3I_3} = \mathrm{R_1}I_1^2 + \mathrm{R_2}I_2^2 + \mathrm{R_3}I_3^2$;
3. $\mathrm{E_1I_1} + \mathrm{E_3I_3} = \mathrm{R_1}I_1^2 - \mathrm{R_2}I_2^2 + \mathrm{R_3}I_3^2$;
4. $\mathrm{E_1I_1} + \mathrm{E_3I_3} = \mathrm{R_1}I_1^2 + \mathrm{R_2}I_2^2 + \mathrm{R_3}I_3^2$.

2.22. Показание амперметра pA составит …



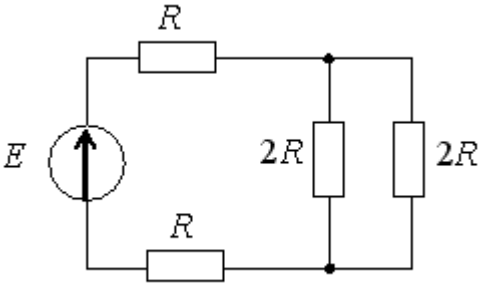
1. 2 А;
2. 6 А;
3. 4 А;
4. 5 А.

2.23. Полярность на вольтметре показывает направление напряжения. Если показание вольтметра pV=50 В, то показание амперметра pA равно …



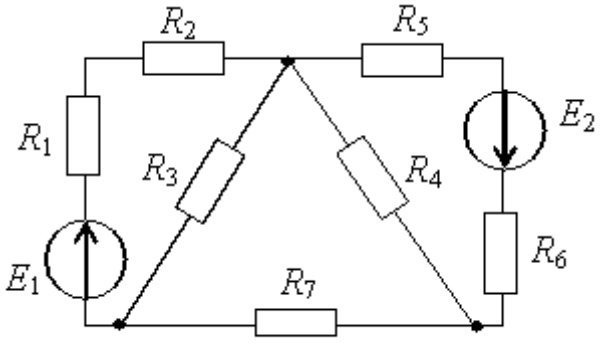
1. 11А;
2. 6А;
3. 10 А;
4. 1А.

2.24. Эквивалентное сопротивление цепи относительно источника ЭДС составит …



1. 6 R;
2. R;
3. 3R;
4. 4R.

2.25. Количество узлов в данной схеме составляет ….

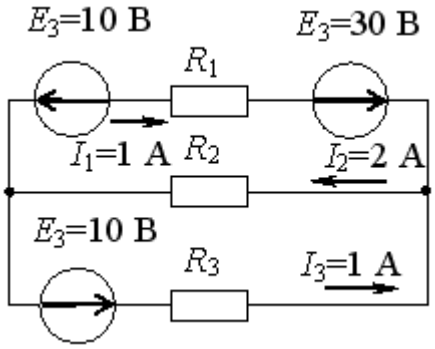


1. три;
2. семь;
3. четыре;
4. пять.

2.26. Источник электрической энергии, напряжение, на выходах которого не зависит от электрического тока в нем, это …

1. реальный источник напряжения;
2. реальный источник тока;
3. идеальный источник напряжения;
4. идеальный источник тока.

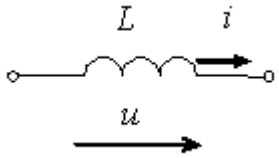
2.27. При известных значениях ЭДС и токов в ветвях вырабатываемая источником мощность составит …



1. 40 Вт;
2. 10 Вт;
3. 20 Вт;
4. 30Вт.

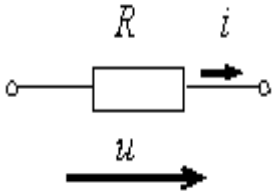
Тема 3: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (однофазные цепи)

3.1. Индуктивное сопротивление Z_L при частоте тока f, равной 50 Гц, и величине L,равной 0,318 Гн, составит …



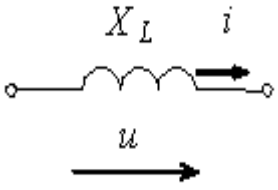
1. 314 Ом;
2. 0,00102 Ом;
3. 0,318 Ом;
4. 100 Ом.

3.2. При напряжении u(t)=100sin(314t+π/4) В и величине R, равной 50 Ом, мгновенное значение тока i(t) …



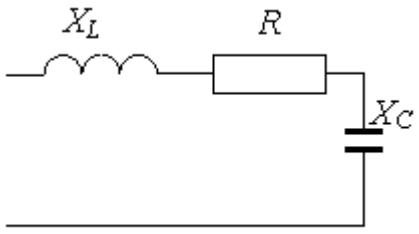
1. *i(t)=5000sin(314t+π/4)* А;
2. *i(t)=2sin(314t)* А;
3. *i(t)=0,5sin(314t)* А;
4. *i(t)=2sin(314t+π/4)* А.

3.3. Амплитудное значение i(t), при напряжении u(t)=200sin(314t) В и величине X_L, равной 100 Ом, составит …



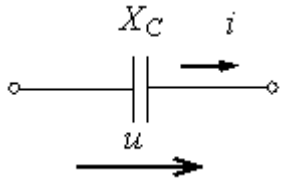
1. 200 А;
2. 1 А;
3. 2 А;
4. 282 А.

3.4. К возникновению режима резонанса напряжений ведет выполнение условия …



1. $X_L = X_C$;
2. $R = X_L$;
3. $R = X_C$;
4. $X_L = 1 / X_C$.

3.5. Амплитудное значение напряжения u(t) при токе i(t)=2sin(314t) А и величине X_c = 50 Ом равно…



1. 100 В;
2. 141 В;
3. 200 В;
4. 25 В.

3.6. Угловая частота ω при частоте синусоидального тока f, равной 50 Гц, составит …

1. 314 $с^{-1}$;
2. 100 $с^{-1}$;
3. 628 $с^{-1}$;
4. 0,01 $с^{-1}$.

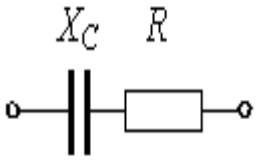
3.7. Действующее значение электрической величины a(t) (ток, напряжение, ЭДС), изменяющейся во времени по синусоидальному закону $a(t)=A_m sin(\omega t+\Psi_a)$ определяется так …

1. A_m / sin Ψ_a;
2. A_m sin Ψ_a;
3. $A_m / \sqrt{2}$;
4. $\sqrt{2}\ A_m$.

3.8. Электрическая цепь, у которой электрические напряжения и электрические токи связаны друг с другом нелинейными зависимостями, называется …

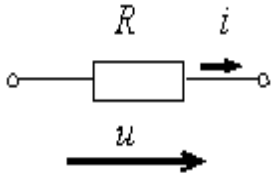
1. линейной электрической цепью;
2. принципиальной схемой;
3. нелинейной электрической цепью;
4. схемой замещения.

3.9. Полное сопротивление Z приведенной цепи при X_c=40 Ом и R=30 Ом составляет…



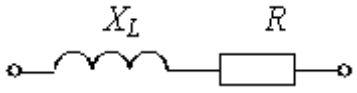
1. 1200 Ом;
2. 10 Ом;
3. 70 Ом;
4. 50 Ом.

3.10. Начальная фаза напряжения u(t) при токе i(t)=2sin(314t-π/6) А равна …



1. –π/6 рад;
2. π/2 рад;
3. +π/6 рад;
4. 0 рад.

3.11. Полное сопротивление Z приведенной цепи при X_L = 30 Ом и R = 40 Ом составляет…



1. 50 Ом;
2. 70 Ом;
3. 1200 Ом;
4. 10 Ом.

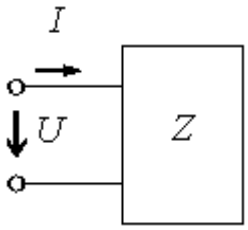
3.12. Критерием возникновения резонансного явления в цепи, содержащей индуктивные и емкостные элементы является …

1. равенство π угла сдвига фаз φ между напряжением и током на входе цепи;
2. равенство нулю активного сопротивления цепи R;
3. равенство L и C;
4. равенство нулю угла сдвига фаз φ между напряжение и током на входе цепи.

3.13. Если период синусоидального тока T составляет 0,001с, то частота f составит ….

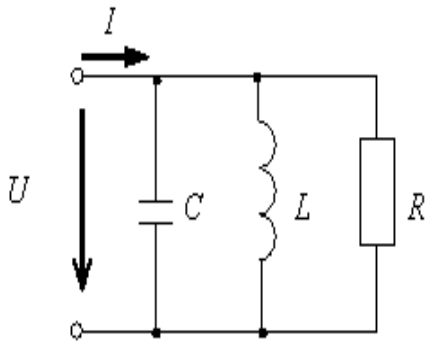
1. 100 Гц;
2. 0,00628 Гц;
3. 628 Гц;
4. 1000 Гц.

3.14. Полное сопротивление пассивного двухполюсника Z при действующем значении напряжения U = 100 В и действующем значении тока I = 2 А составит …



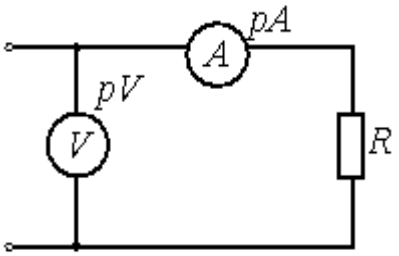
1. 70,7 Ом;
2. 200 Ом;
3. 100 Ом;
4. 50 Ом.

3.15. При неизменной амплитуде приложенного напряжения изменение частоты позволяет добиться …



1. возникновения режима резонанса напряжений;
2. возникновения режима резонанса токов;
3. повышения напряжения не резистивном элементе R;
4. уменьшение тока в резистивном элементе.

3.16. Если к цепи приложено напряжение U=120В, а сила тока I=2А, то сопротивление цепи равно …



1. 240 Ом;
2. 120 Ом;
3. 60 Ом;
4. 0,017 Ом.

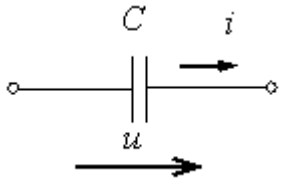
3.17. Если величина начальной фазы синусоидального тока Ψ_i=-π/3, а величина начальной фазы синусоидального напряжения Ψ_u=π/6, то угол сдвига фаз φ между напряжением и током составляет ....

1. –π/2 рад;
2. π/2 рад;
3. +π/3 рад;
4. –π/6 рад.

3.18. Комплексное действующее значение $\underline{I}$ тока i(t)=1,41sin(314t-π/2) А равно ...

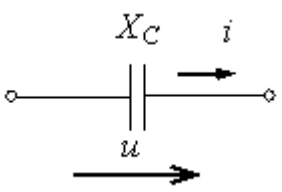
1. $1e^{j\frac{\pi}{2}}$ А;
2. $1e^{-j\frac{\pi}{2}}$ А;
3. $2e^{-j\frac{\pi}{2}}$ А;
4. $1{,}41e^{j\frac{\pi}{2}}$ А.

3.19. Начальная фаза напряжения U(t) в емкостном элементе С при токе i(t)=0,1sin (314t) А равна ...



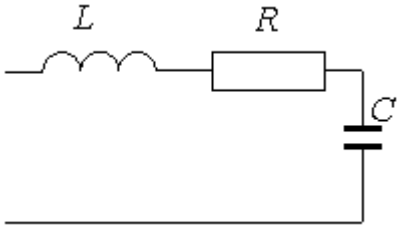
1. π/2 рад;
2. –π/2 рад;
3. 0 рад;
4. π/4 рад.

3.20. При напряжении u(t)=100sin(314t) В и величине X_C, равной 50 Ом, действующее значение тока i(t) равно…



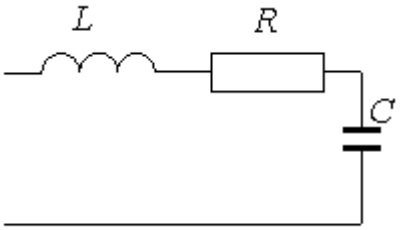
1. 1,41 А;
2. 0,707 А;
3. 0,5 А;
4. 2 А.

3.21. К возникновению режима резонанса напряжений ведет выполнение условия …



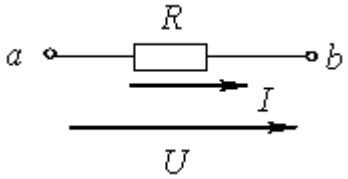
1. ωL = ωC;
2. R = $\sqrt{LC}$;
3. L = C;
4. ωL = 1 / ωC.

3.22. Резонансная частота f_0 для данной цепи определяется …



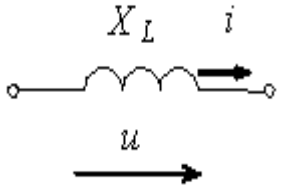
1. $f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$;
2. $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LR}}$;
3. $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$;
4. $f_0 = \frac{\sqrt{LC}}{2\pi}$.

3.23. Если напряжение U = 200 В, а ток I = 5 А, то сопротивление R равно …



1. 1 кОм;
2. 40 Ом;
3. 100 Ом;
4. 0,025 Ом.

3.24. Действующее значение тока i(t) в индуктивном элементе, при напряжении u(t)=141sin(314t) В и величине X_L, равной 100 Ом, составит ...



1. 141 А;
2. 100 А;
3. 314 А;
4. 1 А.

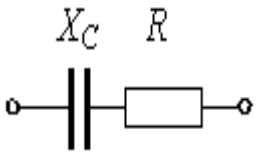
3.25. Действующее значение синусоидального электрического тока i(t)=1,41sin(314t+π/2) А составляет ...

1. 1,41 А;
2. 2 А;
3. 0 А;
4. 1 А.

3.26. Реактивную мощность Q цепи, имеющей входное комплексное сопротивление $\underline{Z} = R + jX$, можно определить по формуле ...

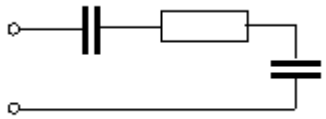
1. $Q = I^2Z$;
2. $Q = IZ^2$;
3. $Q = IX^2$;
4. $Q = I^2X$.

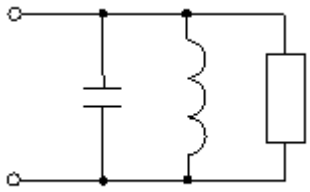
3.27. Комплексное сопротивление приведенной цепи $\underline{Z}$ в алгебраической форме записи при X_c = 40 Ом и R = 30 Ом составляет ...

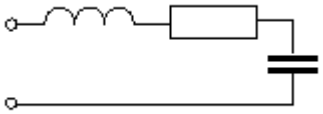


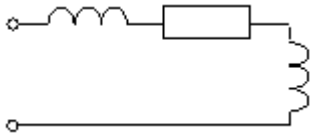
1. $\underline{Z} = 40 + j30$ Ом;
2. $\underline{Z} = 40 - j30$ Ом;
3. $\underline{Z} = 30 + j40$ Ом;
4. $\underline{Z} = 30 - j40$ Ом.

3.28. Режим резонанса напряжений может быть установлен в цепи …

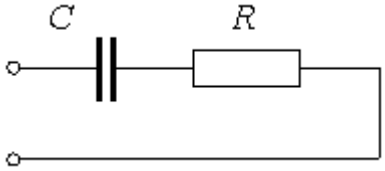
1. 

2. 

3. 

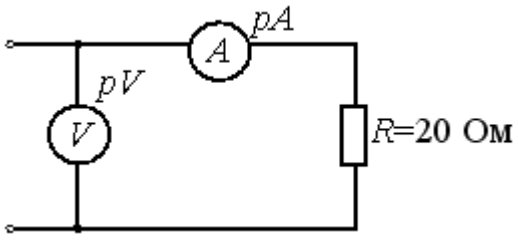
4. 

3.29. При увеличении частоты ƒ полное сопротивление Z ..



1. остается неизменным;
2. увеличивается;
3. уменьшается;
4. достигает минимума, а затем увеличивается.

3.30. Если показание вольтметра pV составляет 40 Вт, то амперметр pA при этом будет показывать …



1. 20 А;
2. 0,5 А;
3. 800 А;
4. 2 А.

Тема 4: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (трехфазные цепи)

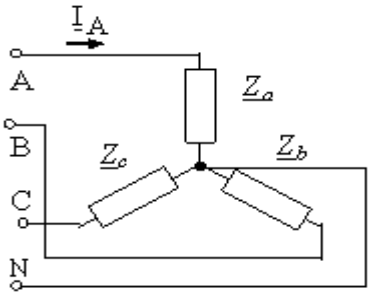
4.1. В симметричной трехфазной системе напряжений прямой последовательности вектор напряжения $\underline{U}_b$ сдвинут относительно вектора $\underline{U}_a$ на угол, равный …

1. $-\pi/3$;
2. $-\pi$;
3. $-2\pi/3$;
4. $-4\pi/3$.

4.2. В трехфазной цепи при соединении по схеме «звезда-звезда с нейтральным проводом» при несимметричной нагрузке ток $\underline{I}_N$ в нейтральном проводе равен …

1. $\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c \neq 0$;
2. $\underline{I}_a + \underline{I}_c$;
3. $\underline{I}_a + \underline{I}_b$;
4. $\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0$.

4.3. В трехфазной цепи был замерен линейный ток $I_A = 5A$, фазный ток I_a равен …

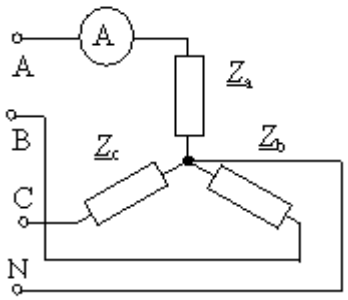


1. 7 А;
2. 5 А;
3. 8,6 А;
4. 2,8 А.

4.4. В симметричной трехфазной системе напряжений прямой последовательности вектор напряжения $\underline{U}_C$ сдвинут относительно вектора $\underline{U}_b$ на угол, равный …

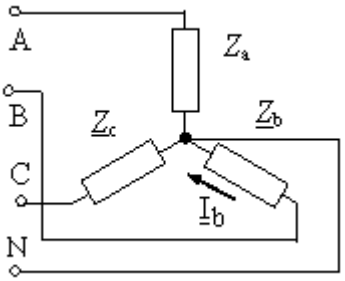
1. -120^0;
2. -90^0;
3. -60^0;
4. -45^0.

4.5. В трехфазной цепи амперметром был замерен тока – 1,5 А, фазный ток I_a равен …



1. 0,86 А;
2. 2,6 А;
3. 1,5 А;
4. 2,1 А.

4.6. В трехфазной цепи был замерен фазный ток I_b = 7 А, линейный ток I_B равен …

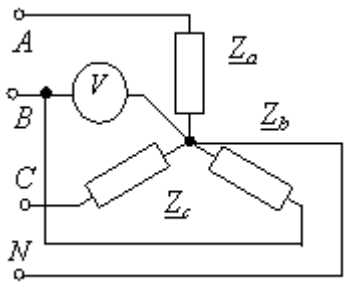


1. 4 А;
2. 7 А;
3. 2,3 А;
4. 12 А.

4.7. В трехфазной цепи при соединении по схеме «звезда-звезда с нейтральным проводом» ток в нейтральном проводе отсутствует, если нагрузка …

1. несимметричная
2. равномерная;
3. однородная;
4. симметричная.

4.8. В трехфазной цепи вольтметром было замерено напряжение 380 В, линейное напряжение U_{ab} равно …

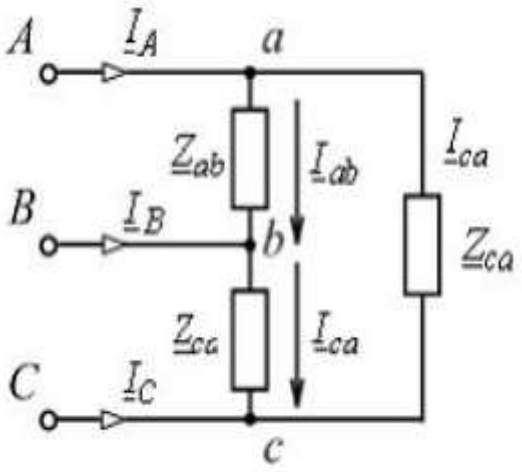


1. 127 В;
2. 380 В;
3. 660 В;
4. 220 В.

4.9. В четырехпроводной трехфазной цепи с фазами генератора и несимметричного приемника, соединенными звездой, нулевой (нейтральный) провод …

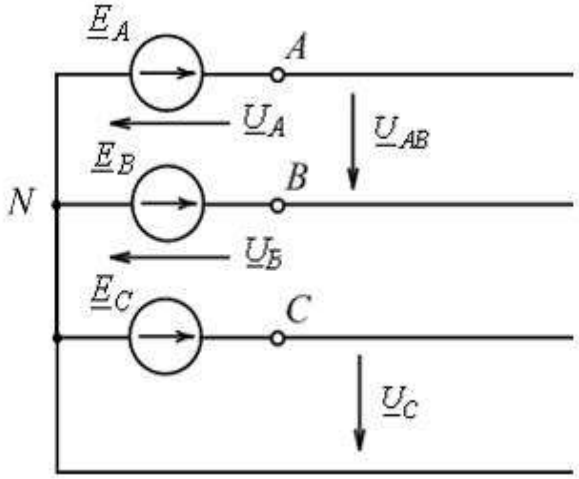
1. устраняет взаимное влияние нагрузок фаз друг на друга;
2. оказывает выравнивающее действие на нагрузки фаз;
3. устраняет несимметрию фазных токов;
4. разгружает сеть от реактивных токов.

4.10. Схема включения треугольником применяется _____ приемников.



1. для любых (симметричных и несимметричных);
2. только для симметричных с $\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca}$;
3. только для однородных $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$;
4. только для равномерных $Z_a = Z_b = Z_c$.

4.11. На изображенной схеме фазы трехфазного генератора соединены _____, напряжение $\underline{U}_{AB}$ – _____ .

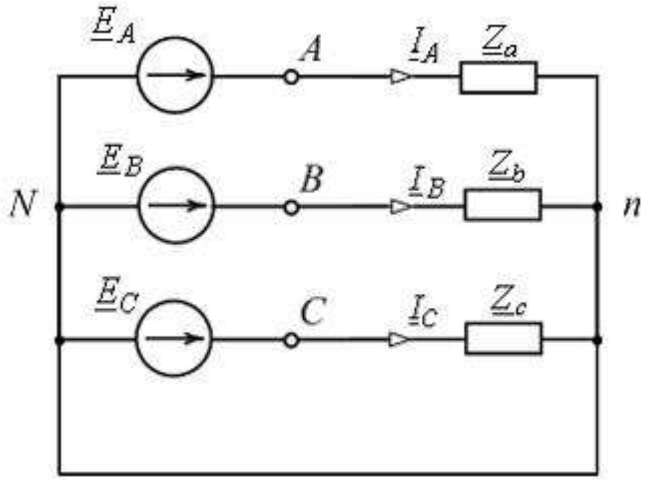


1. звездой, линейное;
2. звездой, фазное;
3. треугольником, линейное;
4. треугольником, фазное.

4.12. Схеме соединения треугольником соотношение $I_л = \sqrt{3} I_ф$ *выполняется _____ приемников.*

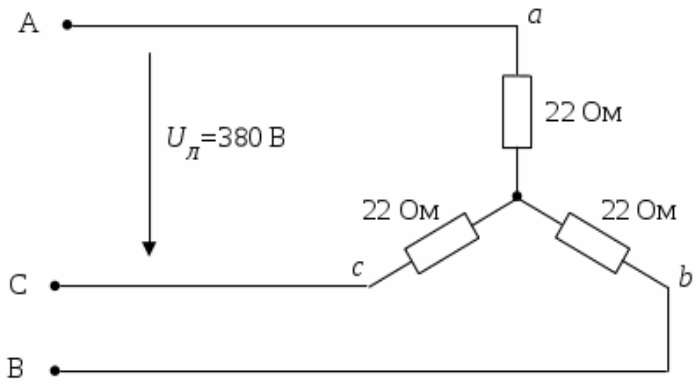
1. только для симметричных с $\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca}$;
2. для любых (симметричных и несимметричных);
3. только для однородных $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$;
4. только для равномерных $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$.

4.13. Изображенной схеме с симметричной системой ЭДС $\underline{E}_A, \underline{E}_B, \underline{E}_C$ *соотношение* $U_л = \sqrt{3} U_ф$ *выполняется _____ нагрузке (нагрузках).*



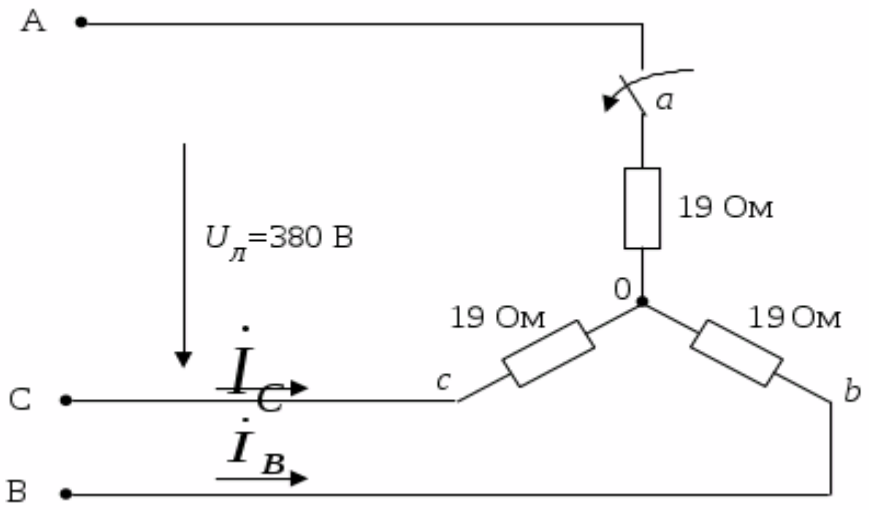
1. при любых;
2. только при симметричной $(\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c)$;
3. при равномерной $(Z_a = Z_b = Z_c)$;
4. при однородной $(\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c)$.

4.14. Значения фазных токов равны…



1. 380 / 22 = 17,3 А;
2. 380 / $\sqrt{3}$ 22 = 10 А;
3. 380 $\sqrt{3}$ / 22 = 30 А;
4. 380 / 3 22 = 5,75 А.

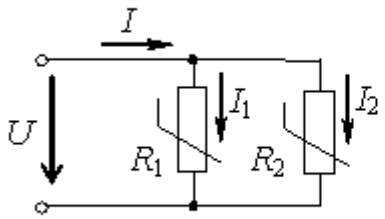
4.15. Если в данной трёхфазной цепи отключить фазу «а» нагрузки, то значения токов I_B и I_C будут соответственно равны…

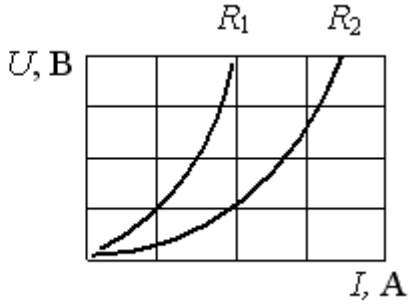


1. 20 А, 20 А;
2. 220 / 19 А, 220 / 19 А;
3. 10 А, 10 А;
4. 380 / 19 А, 380 / 19 А.

Тема 5: Нелинейные цепи

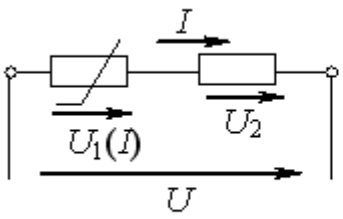
5.1. При параллельном соединении нелинейных сопротивлений, заданных характеристик R_1 и R_2, характеристика эквивалентного сопротивления $R_э$ пройдет …

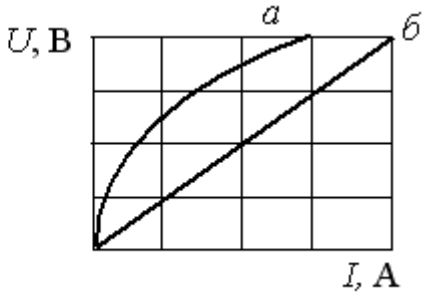




1. пройдет выше характеристики R_1;
2. пройдет между ними;
3. пройдет ниже характеристики R_2;
4. совпадет с кривой R_2.

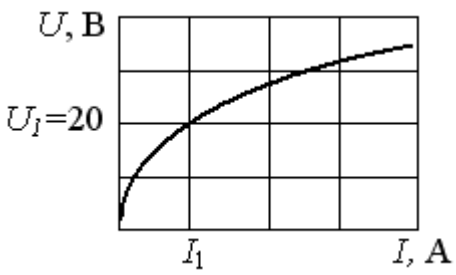
5.2. При последовательном соединении линейного и нелинейного сопротивлений с характеристиками а и б характеристика эквивалентного сопротивления …





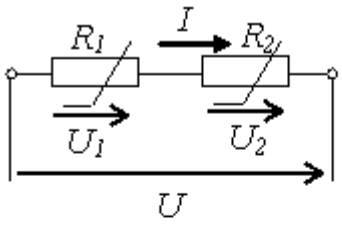
1. пройдет выше характеристики а;
2. пройдет ниже характеристики б;
3. пройдет между ними;
4.совпадет с кривой а.

5.3. Если статическое сопротивление нелинейного элемента при напряжении U_1 = 20 В равно 5 Ом, то сила тока I_1 составит …

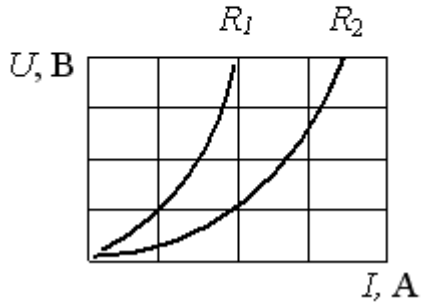


1. 100 А;
2. 25 А;
3. 4А;
4. 0,25 А.

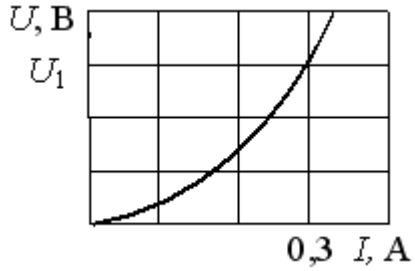
5.4. При последовательном соединении нелинейных сопротивлений с характеристиками R_1 и R_2, характеристика эквивалентного сопротивления $R_э$ …



1. пройдет между ними;
2. пройдет ниже характеристики R_2;
3. совпадет с кривой R_2;
4. пройдет выше характеристики R_1.

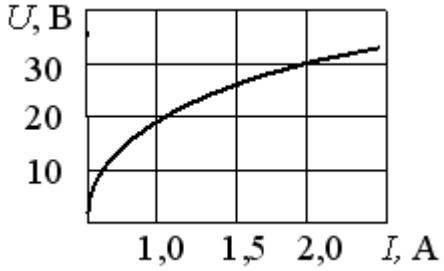


5.5. Если статическое сопротивление нелинейного элемента при токе I_1 = 0,3 А равно 10 Ом, то напряжение U_1 составит…



1. 10,3 В;
2. 3 В;
3. 0,03 В;
4. 33,33 В.

5.6. Статическое сопротивление нелинейного элемента при токе 2А составит …



1. 60 Ом;
2. 32 Ом;
3. 28 Ом;
4. 15 Ом.

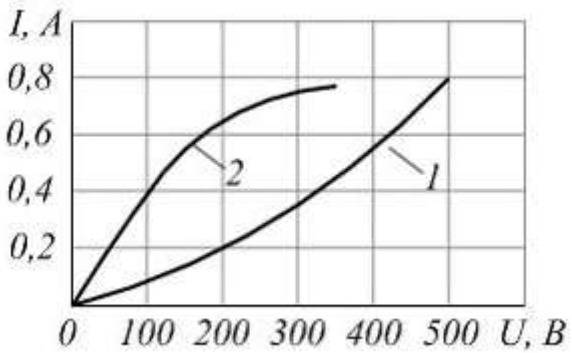
5.7. Электрическая цепь, у которой электрические напряжения и электрические токи связаны друг с другом линейными зависимостями, называется …

1. линейной электрической цепью;
2. нелинейной электрической цепью;
3. схемой замещения;
4. принципиальной схемой.

5.8. При токе I = 5,25 А напряжение на нелинейном элементе равно 105 В. При возрастании тока на 0.1 А напряжение становится равным 101 В. Дифференциальное сопротивление элемента при напряжении 105 В приблизительно равно …

1. -40 Ом;
2. -20 Ом;
3. 40 Ом;
4. 0.

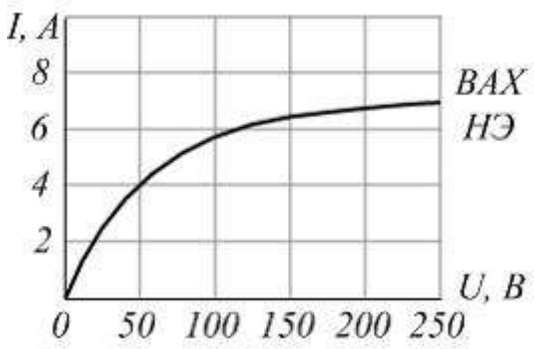
5.9. Два нелинейных элемента, вольт-амперные характеристики которых (1 и 2) изображены на рисунке, соединены последовательно. Напряжение на первом элементе равно 200 В. Напряжение на втором элементе равно ___ В.



1. 250;
2. 50;
3. 600;
4. 400.

5.10. Нелинейный элемент с заданной ВАХ и линейный элемент с сопротивлением R = 40 Ом соединены последовательно.

Если напряжение на нелинейном элементе равно 50 В, то напряжение, приложенное к цепи, равно ___ В.

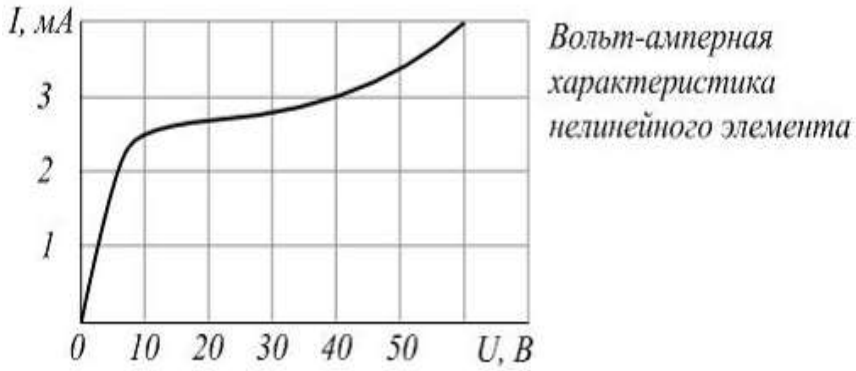


1. 160;
2. 100;
3. 210;
4. 4.

5.11. Вольт-амперная характеристика U = f(I) нелинейного элемента имеет максимум при токе 5 А и напряжении 350 В. Дифференциальное сопротивление элемента при этом равно ...

1. 70 Ом;
2. -70 Ом;
3. бесконечности;
4. 0.

5.12. При напряжении U = 10 В статическое сопротивление нелинейного элемента с заданной ВАХ равно ...



Вольт-амперная характеристика нелинейного элемента

1. 2,5 кОм;
2. 250 кОм;
3. 4 кОм;
4. 4 Ом.

Тема 6: Методы измерения электрических и магнитных величин

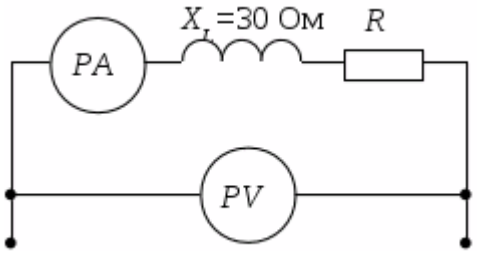
6.1. Прибор электромагнитной системы имеет неравномерную шкалу. Отсчёт невозможен в…

1. в конце шкалы;
2. в середине шкалы;
3. во второй половине шкалы;
4. в начале шкалы.

6.2. Относительной погрешностью называется…

1. отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению шкалы прибора в процентах;
2. отношение измеренного значения величины к предельному значению шкалы прибора;
3. разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины;
4. отношение абсолютной погрешности к действительному значению величины в процентах.

6.3. Если амперметр показывает 4 А, а вольтметр 200 В, то величина R составит…

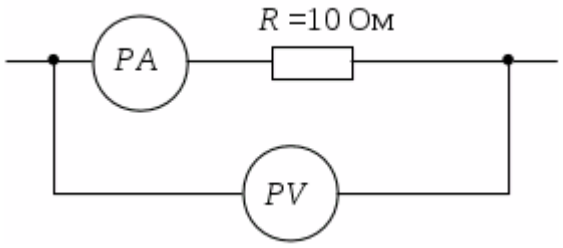


1. 50 Ом;
2. 200 Ом;
3. 30 Ом;
4. 40 Ом.

6.4. Если измеренное значение тока $I_и = 1{,}9A$, *действительное значение тока* $I_д = 1{,}8A$, *то относительная погрешность равна…*

1. 10%;
2. -0,1%;
3. 0,1%;
4. 5,6%.

6.5. Если показания вольтметра составляет PV =50 В, то показание амперметра PA при этом будет…

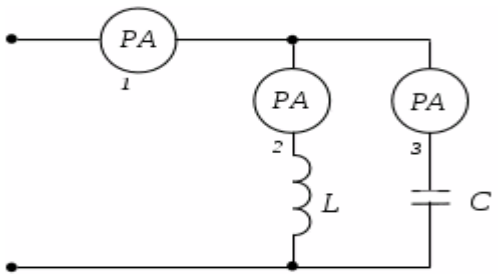


1. 60А;
2. 5А;
3. 20А;
4. 0,2А.

6.6. В цепи синусоидального тока амперметр электромагнитной системы показал 0,5 А, тогда амплитуда этого тока I_m *равна…*

1. 0,5А;
2. 0,7А;
3. 0,9А;
4. 0,33А.

6.7. Амперметры в схеме показали: $I_2 = 3$ *А,* $I_3 = 4$*А. Показания амперметра* A_1 *равно…*



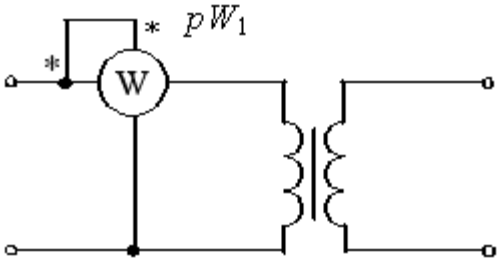
1. 5А;
2. 1А;
3. 3,5А;
4. 7А.

Тема 7: Трансформаторы

7.1. Действующие значения ЭДС первичной и вторичной обмоток однофазного трансформатора определяются выражением …

1. $E_1 = w_1 \omega B_m$, $E_2 = w_2 \omega B_m$;
2. $E_1 = 4{,}44 w_1 \omega B_m$, $E_2 = 4{,}44 w_2 \omega B_m$;
3. $E_1 = 4{,}44 w_1 f \Phi_m$, $E_2 = 4{,}44 w_2 f \Phi_m$;
4. $E_1 = w_1 f \Phi_m$. $E_2 = w2 f \Phi_m$.

7.2. В опыте холостого хода трансформатора показание ваттметра pW_1 равно …

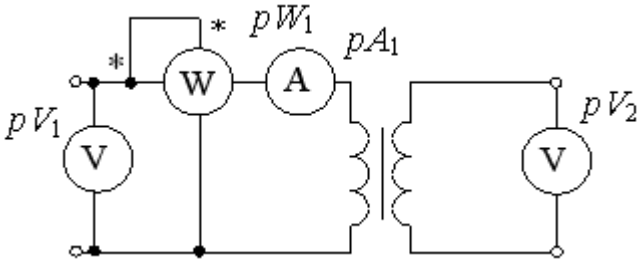


1. потерям в магнитопроводе;
2. потерям в обмотках;
3. нулю;
4. суммарным потерям в трансформаторе.

7.3. Сердечник трансформатора собирают из отдельных изолированных друг от друга листов электротехнической стали для …

1. уменьшения потерь в обмотках;
2. уменьшения потерь на гистерезис;
3. уменьшения потерь на вихревые тока в сердечнике;
4. увеличения магнитного потока.

7.4. Трансформатор работает в режиме …



1. номинальной нагрузки;
2. холостого хода;
3. короткого замыкания;
4. согласованной нагрузки.

7.5. Опыт холостого хода трансформатора проводится при ...

1. разомкнутой вторичной обмотке и пониженном напряжении на первичной обмотке;
2. номинальных токах и напряжениях;
3. замкнутой на коротко вторичной обмотке и номинальных токах;
4. разомкнутой вторичной обмотке и номинальном напряжении на первичной обмотке.

7.6. Если число витков первичной обмотки $w_1 = 1000$, а число витков вторичной обмотки $w_2 = 200$, то коэффициент трансформации трансформатора составит ...

1. 5;
2. 0,2;
3. 1200;
4. 800.

7.7. Сердечник трансформатора выполняется из электротехнической стали для ...

1. увеличения потерь на гистерезисе;
2. увеличения магнитной связи между обмотками трансформатора;
3. увеличения емкостной связи между обмотками;
4. увеличения потерь на вихревые токи.

7.8. Принцип действия трансформатора основан на ...

1. законе электромагнитной индукции;
2. принципе Ленца;
3. законе электромагнитной силы;
4. законе Джоуля-Ленца.

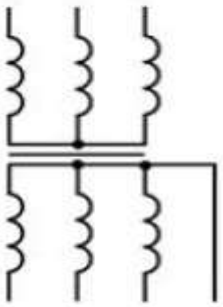
7.9. Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее не менее двух индукционно связанных обмоток, предназначенное для …

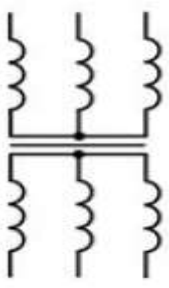
1. преобразования переменных напряжений и токов при передаче электроэнергии от источника к потребителю;
2. повышения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к потребителю;
3. улучшения формы электрических сигналов, передаваемых от источников к приемникам;
4. понижения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к приемнику.

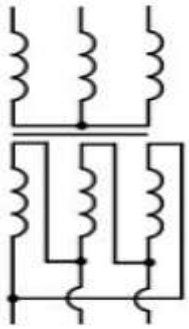
7.10. Номинальная мощность понижающего трансформатора для присоединения к сети 35 кВ трехфазного электродвигателя, работающего при номинальном линейном напряжении 6,3 кВ, токе 500 А и cosφ = 0,8, равен ____ кВА.

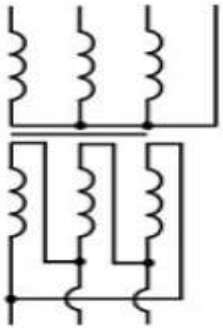
1. 5456;
2. 4368;
3. 4460;
4. 7566.

7.11. Схеме соединения обмоток трехфазного трансформатора «звезда − звезда» с выведенной нулевой точкой обмотки низшего напряжения соответствует рисунок …

1. 

2. 

3. 

4. 

7.12. Отношение напряжений на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора при холостом ходе приближённо равно …

1. отношению магнитных потоков рассеяния;
2. отношению токов первичной и вторичной обмоток трансформатора в номинальном режиме;
3. отношению мощностей на входе и выходе трансформатора;
4. отношению чисел витков обмоток.

7.13. Трансформатор не предназначен для преобразования…

1. переменного тока одной величины в переменный ток другой величины;
2. электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения;
3. постоянного напряжения одной величины в напряжение другой величины;
4. изоляции одной электрической цепи от другой электрической цепи.

7.14. Если на щитке трёхфазного понижающего трансформатора изображено Δ/Y, то его обмотки соединены по следующей схеме …

1. обмотки низшего напряжения соединены треугольником, обмотки высшего напряжения – звездой;
2. первичные обмотки соединены треугольником, вторичные – звездой;
3. первичные обмотки соединены звездой, вторичные – треугольником;
4. обмотки высшего напряжения соединены последовательно, обмотки низшего напряжения – параллельно.

7.15. Трансформаторы предназначены для преобразования в цепях переменного тока…

1. электрической энергии в световую;
2. электрической энергии в механическую;
3. электрической энергии с одними параметрами напряжения и тока в электрическую энергию с другими параметрами этих величин;
4. электрической энергии в тепловую.

7.16. Если w_1 – число витков первичной обмотки, а w_2 – число витков вторичной обмотки, то однофазный трансформатор является понижающим, когда…

1. $w_1 + w_2 = 0$;
2. $w_1 = w_2$;
3. $w_1 < w_2$;
4. $w_1 > w_2$.

7.17. Величина ЭДС, наводимой в обмотке трансформатора, не зависит от…

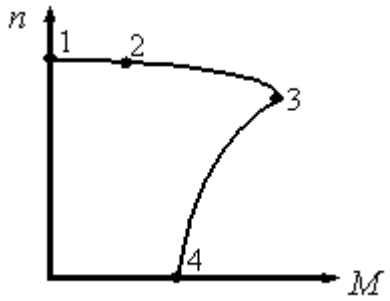
1. марки стали сердечника;
2. частоты тока в сети;
3. амплитуды магнитного поля;
4. числа витков катушки.

Тема 8: Машины переменного тока

8.1. «Реверсирование» двигателя означает изменение …

1. направления вращения якоря;
2. противо-ЭДС по величине;
3. частоты вращения по величине;
4. тока возбуждения по величине.

8.2. Номинальному режиму асинхронного двигателя соответствует точка механической характеристики номер …



1. 3;
2. 4;
3. 2;
4. 1.

8.3. Направление вращения магнитного поля статора можно изменить, если …

1. затормозить ротор;
2. одну из фаз отключить;
3. поменять подключение двух любых фаз к трехфазной сети;
4. поменять подключение трех фаз к трехфазной сети.

8.4. Если ротор вращается в ту же сторону, что и магнитное поле, но с большей скоростью, то асинхронная машина …

1. работает в режиме двигателя;
2. работает в режиме генератора;
3. работает в режиме электромагнитного торможения;
4. остановится.

8.5. Магнитопровод асинхронного двигателя набирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных лаком друг от друга, для …

1. упрощения сборки магнитопровода;
2. упрощения конструкции магнитопровода;
3. уменьшения потерь на вихревые тока;
4. уменьшения потерь на гистерезис (перемагничивание).

8.6. Асинхронные двигатели с фазным ротором отличаются от двигателя с короткозамкнутым ротором …

1. наличием контактных колец и щеток;
2. использованием в качестве ротора постоянного магнита;
3. наличием специальных пазов для охлаждения;
4. числом катушек обмотки статора.

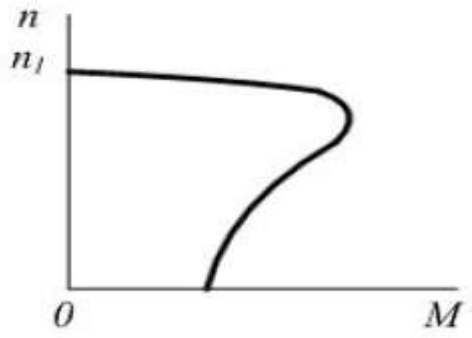
8.7. Если асинхронный двигатель подключен к трехфазной сети частотой 50 Гц и вращается с частотой вращения 3000 об/мин, то он имеет количество полюсов - …

1. 3;
2. 6;
3. 5;
4. 2.

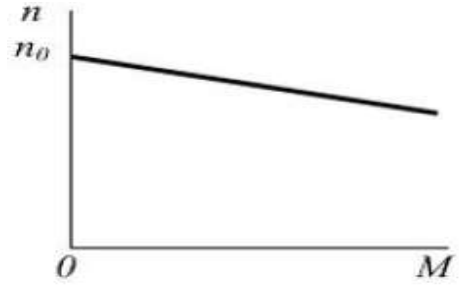
8.8. Частота вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя и частоты вращения ротора связаны соотношением …

1. $n_1 < n_2$;
2. $n_1 > n_2$;
3. $n_1 = n_2$;
4. $n_1 + n_2 = 0$.

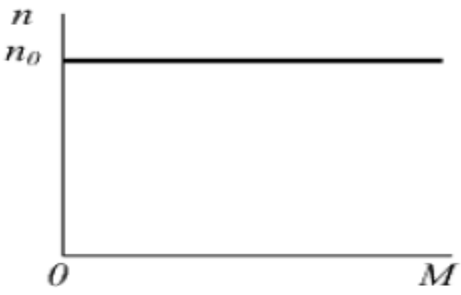
8.9. Асинхронному двигателю соответствует механическая характеристика …

1. 

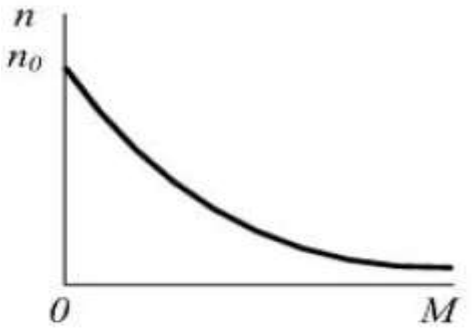
;

2. 

;

3. 

;

4. 

.

8.10. При питании обмотки статора от трехфазной сети в воздушном зазоре асинхронной машины образуется вращающееся с частотой $n_1 =$ _____ $об/мин$ *магнитное поле.*

1. $\frac{60f}{p}$;
2. $\frac{2\pi f}{p}$;
3. $60f$;
4. $2\pi f$.

8.11. Трехфазную обмотку на роторе, присоединенную к контактным кольцам, имеют …

1. асинхронные машины с фазным ротором;
2. асинхронные машины с короткозамкнутым ротором;
3. синхронные неявнополюсные машины;
4. машины постоянного тока с барабанным якорем.

8.12. Обмотку на роторе типа «беличье колесо» имеют …

1. синхронные неявнополюсные машины;
2. асинхронные машины с фазным ротором;
3. асинхронные машины с короткозамкнутым ротором;
4. машины постоянного тока с барабанным якорем.

8.13. Относительно устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором ***неверным*** *является утверждение, что…*

1. обмотки статора и ротора не имеют электрической цепи;
2. ротор имеет обмотку, состоящую из медных или алюминиевых стержней, замкнутых накоротко торцевыми кольцами;
3. цилиндрический сердечник ротора набирается из отдельных листов электрической цепи;
4. статор выполняется сплошным, путем отливки.

8.14. Если номинальная частота вращения асинхронного двигателя составляет $n_н = 1420 об/мин$, *то частота вращения магнитного поля статора составит…*

1. 3000 об/мин;
2. 750 об/мин;
3. 600 об/мин;
4. 1500 об/мин.

8.15. Величина скольжения асинхронной машины в двигательном режиме определяется по формуле…

1. $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$;
2. $S = \frac{n_1 + n_2}{n_1}$;
3. недостаточно данных;
4. $S = \frac{n_1 + n_2}{n_2}$.

8.16. Если номинальная частота вращения асинхронного двигателя составляет $n_н = 720 об/мин$, *то частота вращения магнитного поля статора составит…*

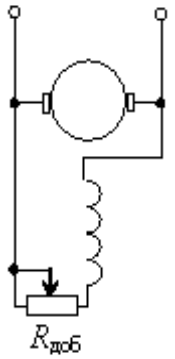
1. 1500 об/мин;
2. 3000 об/мин;
3. 600 об/мин;
4. 750 об/мин.

8.17. Асинхронный двигатель, подключенный к сети с f = 50 Гц, вращается с частотой 1450 об/мин. Скольжение S равно…

1. -0,0333;
2. 0,0333;
3. 0,0345;
4. -0,0345.

Тема 9: Машины постоянного тока

9.1. В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением устанавливается регулировочный реостат для …

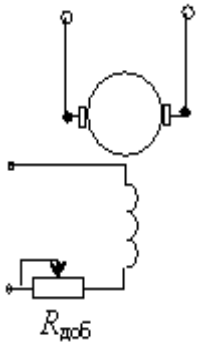


1. уменьшения магнитного потока двигателя;
2. изменения тока якоря;
3. измерения нагрузки двигателя;
4. снижения потерь мощности при пуске.

9.2. Величину момента двигателя постоянного тока определяет выражение …

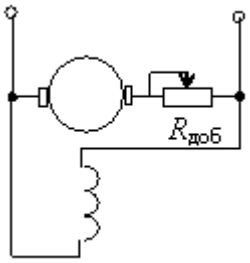
1. $M=C_M Ф n$;
2. $M=C_M Ф I_{Я;}$
3. $n = \frac{U}{C_E Ф} - \frac{R_Я}{C_E C_M Ф} M$;
4. $M=C_M Ф I_В$.

9.3. В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением устанавливается регулировочный реостат для …



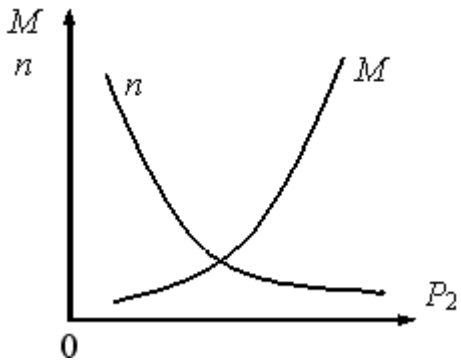
1. изменения нагрузки двигателя;
2. изменения тока якоря;
3. уменьшения магнитного потока двигателя;
4. снижения магнитного потока двигателя.

9.4. В цепи обмотки якоря двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением устанавливается пусковой реостат для ....



1. уменьшения пускового тока;
2. увеличения частоты вращения;
3. увеличения потока возбуждения;
4. увеличения потока возбуждения.

9.5. Представленные характеристики относятся к двигателю постоянного тока ...



1. с последовательным возбуждением;
2. с параллельным возбуждением;
3. с независимым возбуждением;
4. со смешанным возбуждением.

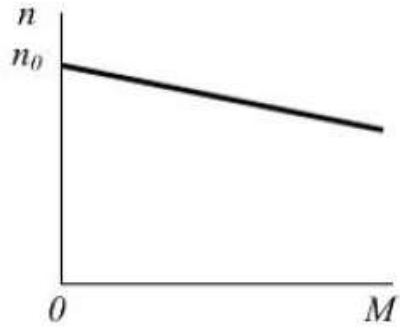
9.6. Назначение обмотки возбуждения в машине постоянного тока - ...

1. уменьшение влияния добавочных полюсов;
2. компенсация влияния реакции якоря;
3. создание основного магнитного потока;
4. улучшения коммутации.

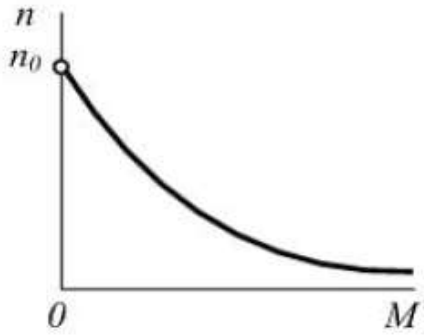
9.7. У машины постоянного тока наименее надежной частью является…

1. щеточно-коллекторный узел;
2. главные полюса;
3. добавочные полюса;
4. обмотка якоря.

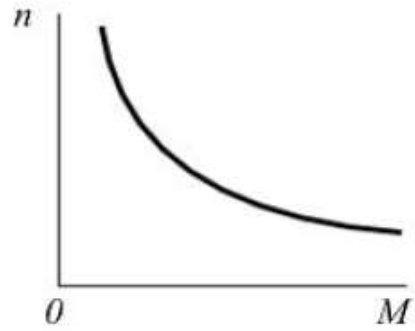
9.8. Двигателю параллельного возбуждения соответствует естественная механическая характеристика …

1. 

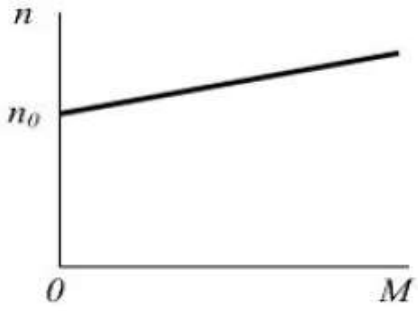
;

2. 

;

3. 

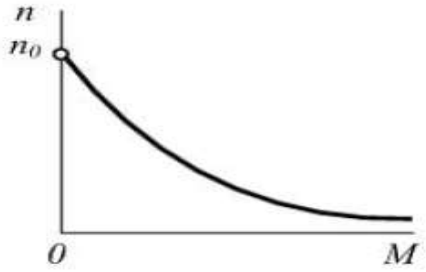
;

4. 

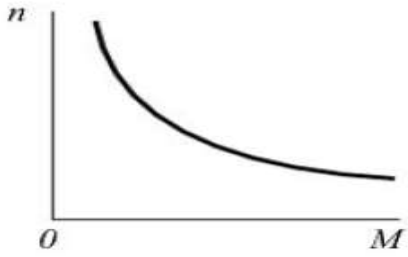
9.9. Двигателю с последовательным возбуждением соответствует механическая характеристика …

1. 

;

2. 

;

3. 

;

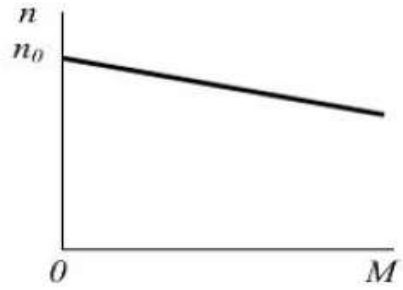
4. 

.

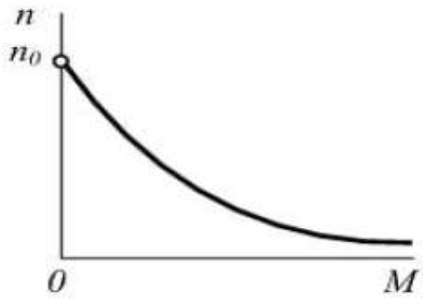
9.10. Если естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения – прямая А, то группе искусственных характеристик Б соответствует способ регулирования частоты вращения ротора…

1. Изменение напряжения, подводимого к якорю;
2. Изменение магнитного потока;
3. Изменение сопротивления в цепи якоря;
4. Изменение сопротивления в цепи обмотки возбуждения.

9.11. Двигателю со смешанным возбуждением соответствует механическая характеристика …

1. 

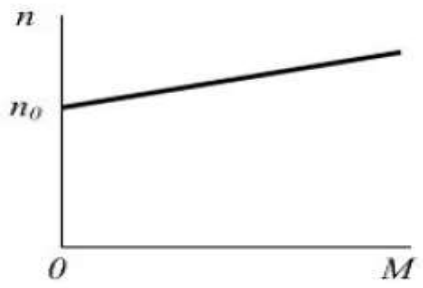
;

2. 

;

3. 

;

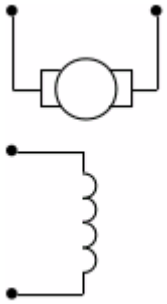
4. 

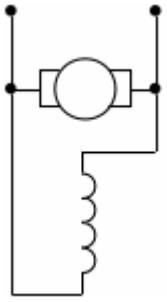
.

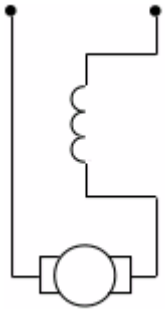
9.12. Основной магнитный поток машин постоянного тока регулируется изменением…

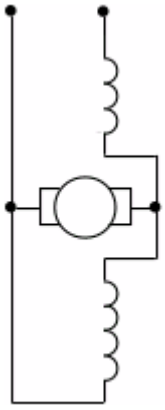
1. тока возбуждения;
2. полярности;
3. тока якоря;
4. сопротивления в цепи якоря.

9.13. Генератор со смешанным возбуждением представлен схемой…

1.  ;

2.  ;

3.  ;

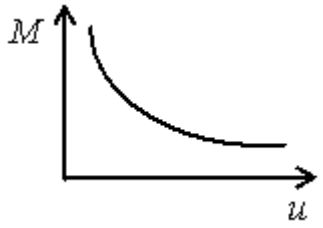
4.  .

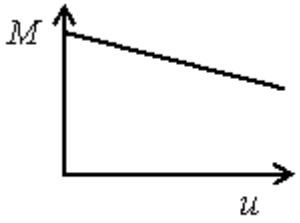
Тема 10: Синхронные машины

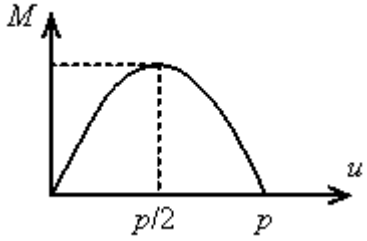
10.1. Если скорость вращения поля статора синхронной четырехполюсной машины 1500 об/мин, то номинальная скорость вращения ротора …

1. 2940 об/мин;
2. 1500 об/мин;
3. 1000 об/мин;
4. 3000 об/мин.

10.2. Угловая характеристика синхронного двигателя изображена на рисунке …

1. 

2. 

3. 

10.3. Частота ЭДС, создаваемой на статоре синхронной машины, определяется соотношением …

1. $f = \frac{60}{n_0 p}$;
2. $f = \frac{n_0 p}{60}$;
3. $f = \frac{60p}{n_0}$;
4. $f = 60np$.

10.4. Частота вращения магнитного поля синхронной машины n_0 и частота вращения ротора n связаны соотношением …

1. $n_0 > n$;
2. $n_0 - n = n_S$;
3. $n_0 = n$;
4. $n_0 < n$.

10.5. Вращающееся магнитное поле синхронного двигателя создается при выполнении следующих условий …

1. обмотки статора сдвинуты по поверхности статора на 120^0 и подключены к трехфазной сети с фазовым сдвигом напряжений на 120^0;
2. обмотки статора сдвинуты по поверхности статора на 120^0 и подключены к цепи постоянного тока;
3. имеется одна обмотка, которая включена в сеть однофазного переменного тока;
4. обмотка статора включена в цепь постоянного тока, а обмотка ротора в сеть трехфазного тока.

10.6. Для подведения постоянного напряжения к обмотке возбуждения ротора синхронной машины используется …

1. коллектор, набранный из пластин;
2. три контактных кольца;
3. два контактных кольца;
4. полукольца.

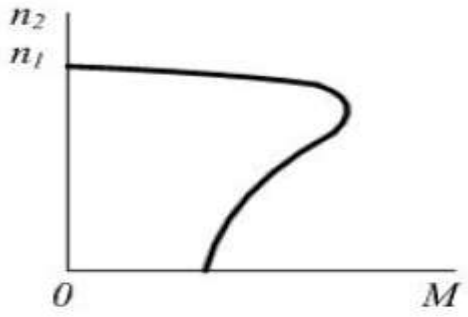
10.7. Активную мощность синхронного генератора, подключенного к энергосистеме, регулируют изменением …

1. момента первичного двигателя;
2. тока возбуждения генератора;
3. частоты вращения ротора генератора;
4. величины напряжения на выходах генератора.

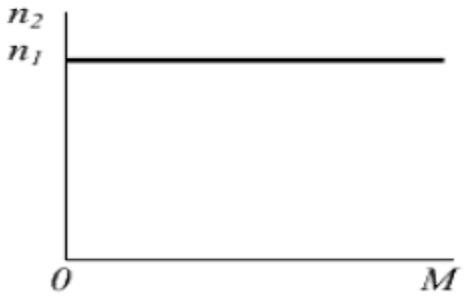
10.8. Гидрогенератор – это _____ синхронная машина, ротор которой вращается с синхронной частотой _____ об/мин.

1. неявнополюсная; более 1500;
2. неявнополюсная; менее 1500;
3. явнополюсная; более 1500;
4. явнополюсная; менее 1500.

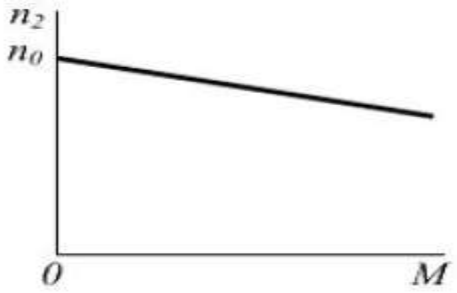
10.9. Синхронному двигателю соответствует механическая характеристика …

1. 

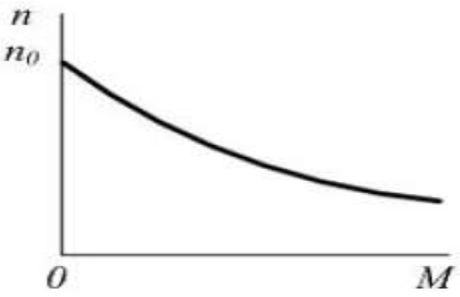
;

2. 

;

3. 

;

4. 

.

10.10. Частота вращения ротора синхронного двигателя $n_2 =$ _____ $об/мин$.

1. $\frac{60f}{p}$;
2. $\frac{2\pi f}{p}$;
3. $60f$;
4. $2\pi f$.

10.11. Обмотка возбуждения, расположенная на роторе синхронной машины, подключается…

1. к источнику однофазного синусоидального тока;
2. к любому из перечисленных;
3. к источнику постоянного тока;
4. к трехфазному источнику.

10.12. Если скорость вращения поля статора синхронной двухполюсной машины 3000 об/мин, то номинальная скорость вращения ротора…

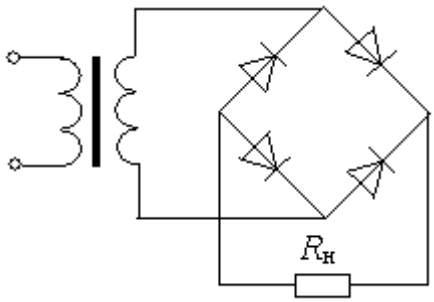
1. 2940 об/мин;
2. 2000 об/мин;
3. 1000 об/мин;
4. 3000 об/мин.

10.13. синхронной машине в режиме двигателя статор подключается к…

1. источнику однофазных прямоугольных импульсов;
2. источнику однофазного синусоидального тока;
3. источнику постоянного тока;
4. трёхфазному источнику.

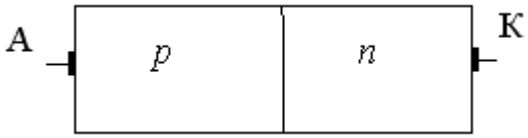
Тема 11: Электроника

11.1. На рисунке изображена схема …



1. однополупериодного выпрямителя;
2. трехфазного однополупериодного выпрямителя;
3. двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора;
4. двухполупериодного, мостового выпрямителя.

11.2. На рисунке изображена структура …

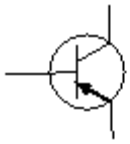


1. полевого транзистора;
2. выпрямительного диода;
3. стабилитрона;
4. тиристора.

11.3. У биполярных транзисторов средний слой называют …

1. базой;
2. заземлением;
3. эмиттером;
4. коллектором.

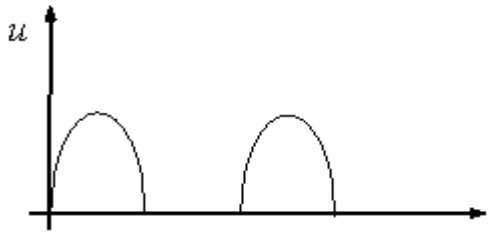
11.4. На рисунке изображен …



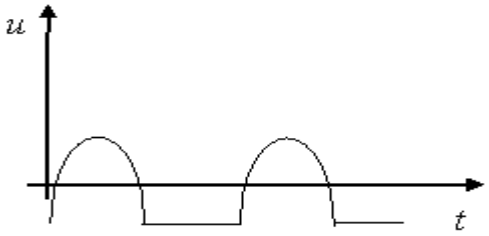
1. полевой транзистор;
2. диодный тиристор;
3. биполярный транзистор;
4. выпрямительный диод.

11.5. Двухполупериодной мостовой схеме выпрямителя соответствует временная диаграмма напряжения …

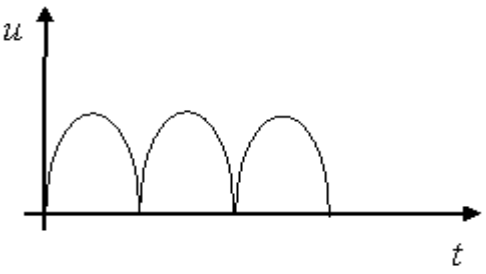
1.



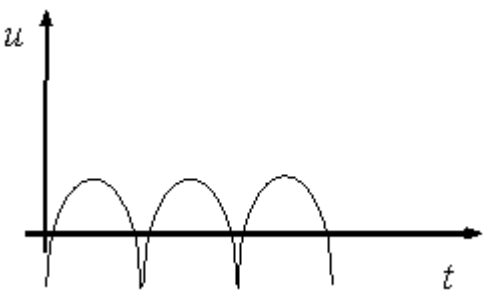
2.



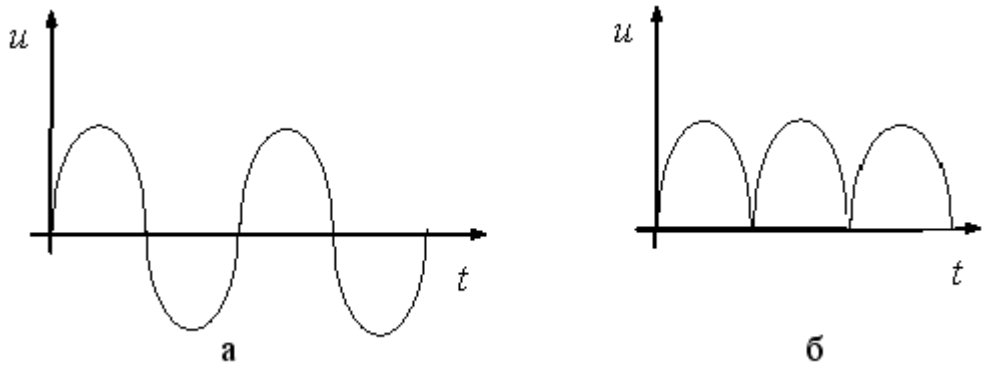
3.



4.

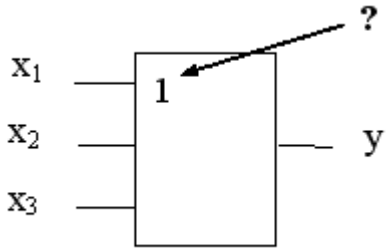


11.6. Приведены временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б). данное устройство …



1. сглаживающий фильтр;
2. стабилизатор напряжения;
3. трехфазный выпрямитель;
4. двухполупериодный мостовой выпрямитель.

11.7. Данное обозначение показывает, что устройство выполняет логическую операцию …



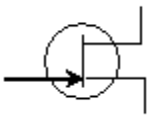
1. сложения (ИЛИ);
2. умножения (И);
3. стрелку Пирса (ИЛИ-НЕ);
4.инверсии (НЕ).

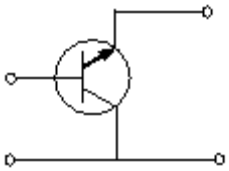
11.8. Приведенная таблица истинности, соответствует элементу, выполняющему логическую операцию …

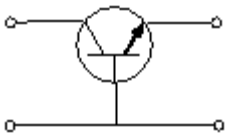
x_1	x_2	y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

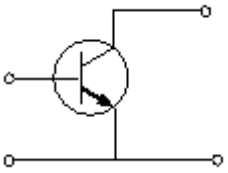
1. инверсии (НЕ);
2. сложения (ИЛИ);
3. умножения (И);
4. стрелку Пирса (ИЛИ-НЕ).

11.9. Схеме включения транзистора с общим коллектором соответствует рисунок …

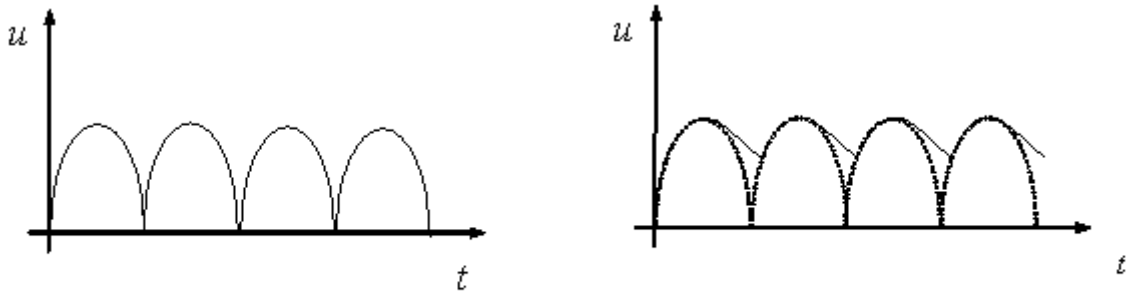
1. 

2. 

3. 

4. 

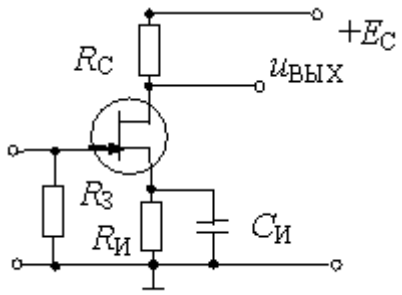
11.10. Приведены временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б) устройства. Данное устройство …



а б

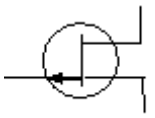
1. выпрямитель;
2. стабилизатор;
3. сглаживающий ёмкостной фильтр;
4. трехфазный выпрямитель.

11.11. На рисунке приведена схема включения полевого транзистора с общим (ей) …



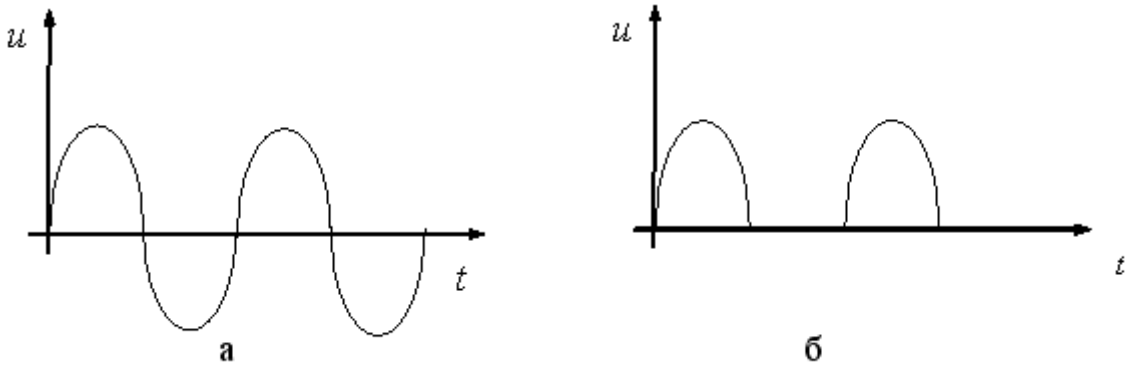
1. истоком;
2. затвором;
3. землей;
4. базой.

11.12. На рисунке изображен …



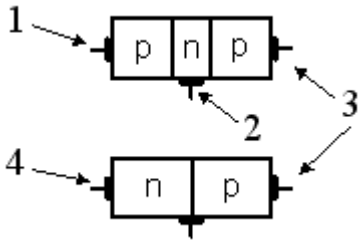
1. биполярный транзистор;
2. диодный тиристор;
3. выпрямительный диод;
4. полевой транзистор.

11.13. Приведены временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б) устройства. Данное устройство …



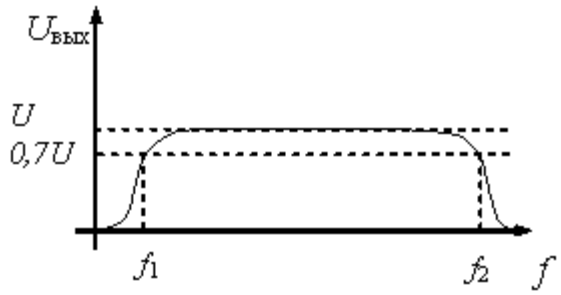
1. сглаживающий фильтр;
2. однополупериодный выпрямитель;
3. двухполупериодный мостовой выпрямитель;
4. стабилизатор напряжения.

11.14. База транзистора на рисунке обозначена номером …



1. один;
2. два;
3. три;
4. четыре.

11.15. На графике f_2 определяет для усилителя …

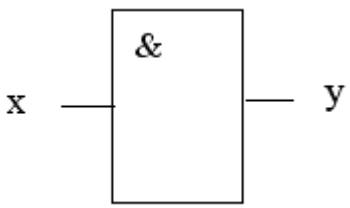


1. нижнюю граничную частоту нелинейных искажений;
2. верхнюю граничную частоту нелинейных искажений;
3. верхнюю граничную частоту усиления;
4. нижнюю граничную частоту усиления.

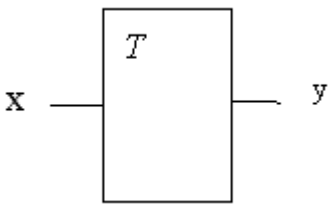
11.16. Приведенной таблице истинности соответствует схема …

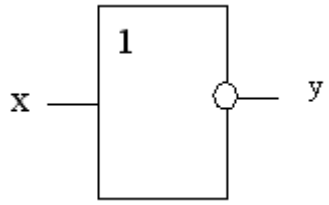
x	y
0	1
1	0

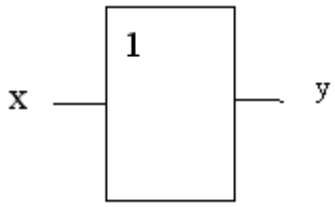
1.



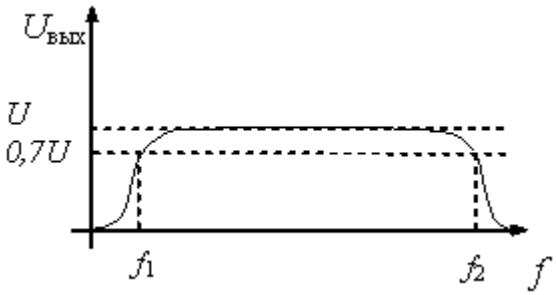
2.



3. 

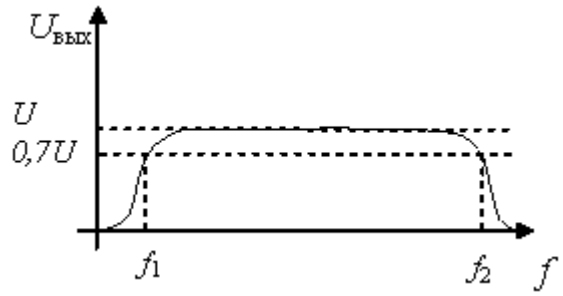
4. 

11.17. На графике f_1 определяется для усилителя …



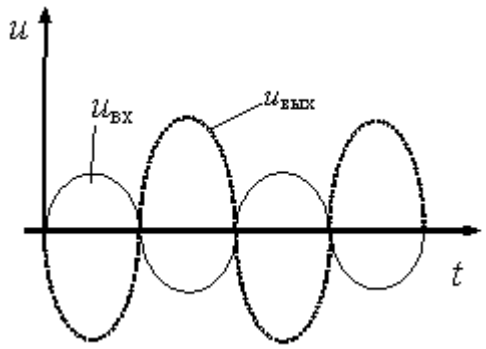
1. нижнюю граничную частоту нелинейных искажений;
2. нижнюю граничную частоту усиления;
3. верхнюю граничную частоту усиления;
4. верхнюю граничную частоту нелинейных искажений.

11.18. На графике область от f_1 до f_2 определяет ….



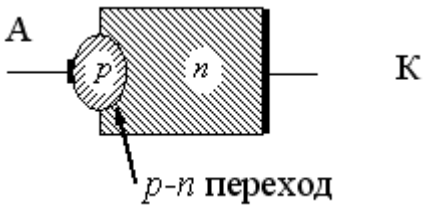
1. верхнюю граничную частоту нелинейных искажений усилителя;
2. полосу пропускания усилителя;
3. полосу частот, в которой усилитель работать не может;
4. нижнюю граничную частоту нелинейных искажений усилителя.

11.19. Временным диаграмм напряжения на входе и выходе усилителя соответствует …



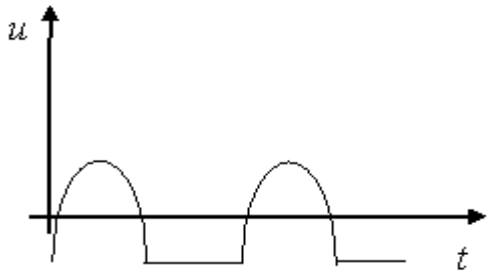
1. повторитель напряжения на операционном усилителе;
2. неинвертирующий усилитель на операционном усилителе;
3. инвертирующий усилитель на операционном усилителе;
4. усилительный каскад с общей базой.

11.20. На рисунке изображена структура …

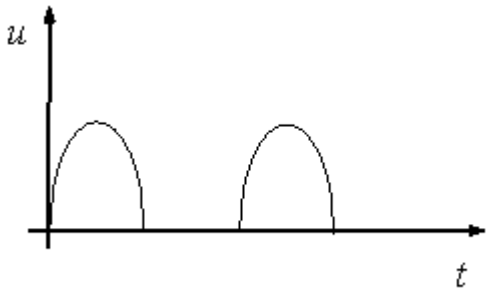


1. тиристора;
2. полевого транзистора;
3. стабилитрона;
4. выпрямительного диода.

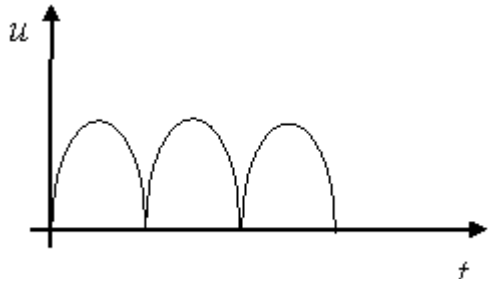
11.21. Двухполупериодной схеме выпрямления с выводом средней точки трансформатора соответствует временная диаграмма напряжения …

1. 

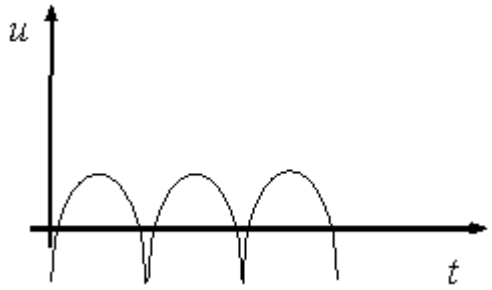
2.



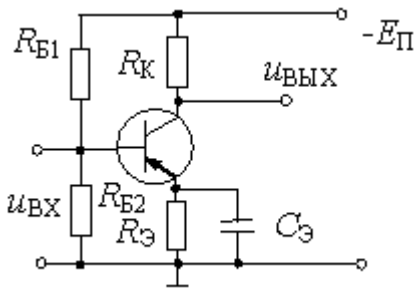
3.



4.

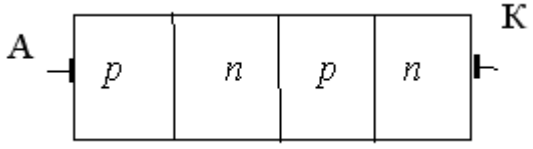


11.22. На рисунке приведена схема …



1. усилителя на полевом транзисторе;
2. делителя напряжения;
3. однополупериодного выпрямителя;
4. усилителя на биполярном транзисторе.

11.23. На рисунке изображена структура…



1. стабилитрона;
2. триодного тиристора;
3. полевого транзистора;
4. диодного тиристора.

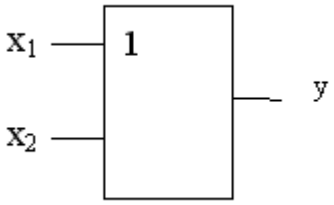
11.24. Полупроводниковые материалы имеют удельное сопротивление ...

1. меньше, чем медь;
2. меньше, чем проводники;
3. больше, чем диэлектрики;
4. больше, чем проводники.

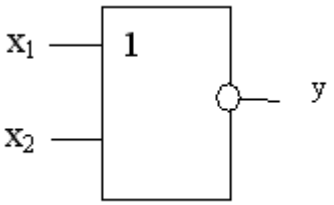
11.25. Приведенной таблице истинности соответствует схема ...

x_1	x_2	y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

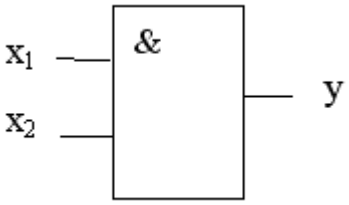
1.



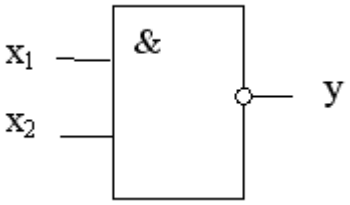
2.



3.



4.



ОТВЕТЫ

Тема 1. Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей

1.1 – 1	1.8 – 1	1.15 – 3	1.22 – 2
1.2 – 2	1.9 – 4	1.16 – 4	1.23 – 2
1.3 – 2	1.10 – 4	1.17 – 4	1.24 – 4
1.4 – 3	1.11 – 2	1.18 – 2	1.25 – 1
1.5 – 4	1.12 – 4	1.19 – 4	1.26 – 4
1.6 – 2	1.13 – 2	1.20 – 2	1.27 – 2
1.7 – 1	1.14 – 3	1.21 – 2	1.28 – 1

Тема 2: Методы расчета линейных цепей постоянного тока

2.1 – 2	2.8 – 3	2.15 – 2	2.22 – 4
2.2 – 4	2.9 – 4	2.16 – 4	2.23 – 4
2.3 – 3	2.10 – 4	2.17 – 1	2.24 – 3
2.4 – 3	2.11 – 1	2.18 – 1	2.25 – 1
2.5 – 1	2.12 – 2	2.19 – 2	2.26 – 3
2.6 – 3	2.13 – 3	2.20 – 2	2.27 – 1
2.7 – 2	2.14 – 4	2.21 – 2	

Тема 3: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (однофазные цепи)

3.1 – 4	3.9 – 4	3.17 – 2	3.25 – 4
3.2 – 4	3.10 – 1	3.18 – 2	3.26 – 4
3.3 – 3	3.11 – 1	3.19 – 2	3.27 – 4
3.4 – 1	3.12 – 4	3.20 – 1	3.28 – 3
3.5 – 1	3.13 – 1	3.21 – 4	3.29 – 3
3.6 – 1	3.14 – 4	3.22 – 1	3.30 – 4
3.7 – 3	3.15 – 2	3.23 – 2	
3.8 – 1	3.16 – 2	3.24 – 4	

Тема 4: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (трехфазные цепи)

4.1 – 3	4.5 – 3	4.9 – 3	4.13 – 1
4.2 – 1	4.6 – 2	4.10 – 1	4.14 – 1
4.3 – 2	4.7 – 4	4.11 – 2	4.15 – 4
4.4 – 1	4.8 – 3	4.12 – 1	

Тема 5: Нелинейные цепи

5.1 – 3	5.4 –4	5.7 – 3	5.10 – 3
5.2 – 1	5.5 – 2	5.8 – 1	5.11 – 4
5.3 – 3	5.6 – 4	5.9 – 2	5.12 – 3

Тема 6: Методы измерения электрических и магнитных величин

6.1 – 4	6.3 – 4	6.5 – 2	6.7 – 2
6.2 – 4	6.4 – 4	6.6 – 2	

Тема 7: Трансформаторы

7.1 – 3	7.6 – 1	7.10 – 1	7.14 – 1
7.2 – 1	7.7 – 2	7.11 – 1	7.15 – 2
7.3 – 3	7.8 – 1	7.12 – 4	7.16 – 4
7.4 – 2	7.9 – 1	7.13 – 1	7.17 – 1
7.5 – 4			

Тема 8: Машины переменного тока

8.1 – 1	8.6 – 1	8.10 – 1	8.14 – 4
8.2 – 3	8.7 – 4	8.11 – 1	8.15 – 1
8.3 – 3	8.8 – 2	8.12 – 3	8.16 – 4
8.4 – 2	8.9 – 1	8.13 – 4	8.17 – 2
8.5 – 3			

Тема 9: Машины постоянного тока

9.1 – 1	9.5 – 1	9.8 – 1	9.11 – 2
9.2 – 2	9.6 – 3	9.9 – 3	9.12 – 1
9.3 – 3	9.7 – 1	9.10 – 3	9.13 – 4
9.4 – 1			

Тема 10: Синхронные машины

10.1 – 2	10.5 – 1	10.8 – 4	10.11 – 3
10.2 – 3	10.6 – 3	10.9 – 2	10.12 – 4
10.3 – 2	10.7 – 1	10.10 – 1	10.13 – 4
10.4 – 3			

Тема 11: Электроника

11.1 – 4	11.8 – 4	11.14 – 2	11.20 – 4
11.2 – 2	11.9 – 2	11.15 – 3	11.21 – 3
11.3 – 1	11 .10 –3	11.16 – 3	11.22 – 4
11.4 – 3	11.11 – 1	11.17 – 2	11.23 – 4
11.5 – 3	11.12 – 4	11.18 – 2	11.24 – 4
11.6 – 4	11.13 – 2	11.19 – 3	11.25 – 1
11.7 – 1			

Учебное издание

Угольников Александр Владимирович
Стожков Дмитрий Сергеевич

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник тестовых вопросов и заданий для студентов всех неэлектрических специальностей, изучающих дисциплину «Электротехника» очного и заочного обучения»

Редактор изд-ва *В. В. Баклаева*
Компьютерная верстка *Д. С. Стожков*

Подписано в печать
Бумага офсетная. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3. Уч.-изд. л. ___ Тираж ___. Заказ № __

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Утверждаю
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С. А. Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

«Технологические расчеты параметров карьера и процессов открытых горных работ»

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Костин А.Л., ст. преп.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой	Председатель
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 349 от 17.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА. 4
2. РАСЧЕТ ПАРКА БУРОВОГО СТАНКА....6
3. РАСЧЕТ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ....9
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ 11
5. РАСЧЕТ ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ....14
ПРИЛОЖЕНИЕ №1 *ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ*.... 17
ПРИЛОЖЕНИЕ №2 ЗАВИСИМОСТЬ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ NB БУРОВОГО СТАВА СТАНКОВ СБШ ОТ ПБ И DД 17
ПРИЛОЖЕНИЕ №3 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА К В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЯ БУРИМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД 18
ПРИЛОЖЕНИЕ №4 КОЭФФИЦИЕНТЫ РАЗРЫХЛЕНИЯ ПОРОД В КОВШЕ ЭКСКАВАТОРА И НАПОЛНЕНИИ КОВША (ПО ЕНВ) 18
ПРИЛОЖЕНИЕ №5 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ 18
ПРИЛОЖЕНИЕ №6 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ АВТОСАМОСВАЛОВ (КТ.Г) 19
ПРИЛОЖЕНИЕ №7 СРЕДНЕТЕХНИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ (VСР.Т), КМ/Ч. 19
ПРИЛОЖЕНИЕ №8 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ , КЗАВ И ВЫСОТЫ ЯРУСА НЯ.... 19
ПРИЛОЖЕНИЕ №9 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРОВ (ПО ДАННЫМ ИНСТИТУТА ГИПРОРУДА) 20

Цель работы – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого, коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера. Освоить методику расчета производительности и парка оборудования буровых станков типа СБШ, одноковшовых экскаваторов, карьерных автосамосвалов и бульдозеров для отвалообразования.

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА.

Ознакомиться с исходными данными в прил. 1. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

Суммарный объем карьера, определяется по формуле, ($V_к$, м^3):

$$V_к = LMH_к + (L + M)H_к^2 \operatorname{ctg}\gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2\gamma_{ср}, \quad (1.1)$$

где L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м;

$H_к$ – глубина карьера, м;

$\gamma_{ср}$ – угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{п.и}$, м^3)

$$V_{п.и} = ML(H_к - h_н), \quad (1.4)$$

где $h_н$ – мощность наносов, м.

Промышленные запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{п.и}$, т)

$$Q_{п.и} = V_{п.и}\rho_{п.и}\eta_и, \quad (1.5)$$

где $\rho_{п.и}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_и$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_п$, м^3)

$$V_п = V_к - V_{п.и}. \quad (1.6)$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{ср}$, м^3/т

$$k_{ср} = V_п / Q_{п.и}. \quad (1.7)$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_в$, м^3/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_в = П_{п.и}\, k_{ср}\, k_н, \tag{1.8}$$

где $П_{п.и}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год;

$k_н$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_н$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{г.м}$, м^3/год)

$$П_{г.м} = П_{п.и} \frac{1}{\rho_{п.и}} + П_в. \tag{1.9}$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^с_{п.и}$, т/сут)

$$П^с_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_г}, \tag{1.10}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в год ($T_г$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^с_в$, м^3/сут)

$$П^с_в = \frac{П_в}{T_г}. \tag{1.11}$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_в$, м^3/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^с_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_в = \frac{П^с_в}{n_{см}} \tag{1.12}$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}} + 1{,}5, \tag{1.13}$$

2. РАСЧЕТ ПАРКА БУРОВОГО СТАНКА

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ определяется показатель буримости горных пород ($П_б$)

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \tag{2.1}$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

ρ – плотность горных пород, т/м^3.

В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 2) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \tag{2.2}$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

k – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 3).

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_о n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \tag{2.3}$$

где $d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_б^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_{\text{б}}^{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{п.з}} + T_{\text{р}})}{v_{\text{б}}^{-1} + T_{\text{в}}}, \qquad (2.4)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{\text{п.з}}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_{\text{р}}$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_{\text{в}}$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_{\text{б}}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

Определяется суточная производительность бурового станка ($A_{\text{б}}^{\text{с}}$, м/смену)

$$A_{\text{б}}^{\text{с}} = A_{\text{б}}^{\text{см}} n_{\text{см}}, \qquad (2.5)$$

где $n_{\text{см}}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{\text{см}} = 2 \div 3$).

Определяется годовая производительность станка ($A_{\text{б}}^{\text{г}}$, м/год)

$$A_{\text{б}}^{\text{г}} = A_{\text{б}}^{\text{с}} n_{\text{р.д.с}}, \qquad (2.6)$$

где $n_{\text{р.д.с}}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{\text{р.д.с}} = 230 \div 280$ дней/год.

Списочный парк станков ($N_{\text{б.с}}$, ед.)

$$N_{\text{б.с}} = \frac{П_{\text{г.м}}}{A_{\text{б}}^{\text{г}} q_{\text{г.м}}}, \qquad (2.7)$$

где $П_{\text{г.м}}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3;

$q_{\text{г.м}}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м.

Рабочий парк буровых станков ($N_{\text{бр}}$, ед.)

$$N_{\text{бр}} = \frac{N_{\text{бс}}}{k_{\text{рез}}}, \tag{2.8}$$

где $k_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{\text{рез}} = \frac{T_{\text{г}}}{n_{\text{р.д.с}}}, \tag{2.9}$$

где $T_{\text{г}}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{\text{г}}$ = 350 дней/год).

3. РАСЧЕТ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м^3/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \tag{3.1}$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \tag{3.2}$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \tag{3.3}$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \tag{3.4}$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \tag{3.5}$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1,5÷2,5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 4 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т \; T_{см} k_и \; , \tag{3.6}$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены.

Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} \; n_{см}, \tag{3.7}$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см}$ = 2÷3).

Годовая производительность экскаватора ($A_г$, м^3/год)

$$A_г = A_с \; n_г, \tag{3.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год.

Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{A_г}, \tag{3.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м^3/год.

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{3.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{3.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

По заданной модели экскаватора подбирается модель автосамосвала приложени 5. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_{\text{а}}}{E} = 3 \div 5, \tag{4.1}$$

где $V_{\text{а}}$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м^3 (см. приложение 5);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_{\text{п}}$, мин.) и веса груза в кузове (q, т)

$$t_{\text{П}} = \frac{T^{\text{э}}_{\text{ц}} (n_{\text{min цик}} - 0{,}5)}{60}, \tag{4.2}$$

где $T^{\text{э}}_{\text{ц}}$ – длительность цикла экскавации, с (см. раздел 3);

$n_{\text{min цик}}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\text{min цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_{\text{к}}$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_{\text{к}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \rho}, \tag{4.3}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_{\text{н}}$, $k_{\text{р}}$ и ρ принимаются по прил. 6 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_{\text{к}} = \frac{0{,}9V_{\text{а}}'}{Ek_{\text{н}}}, \tag{4.4}$$

где $V_{\text{а}}'$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 5), м^3.

Затем сравниваются значения $n_{\text{к}}$, вычисленные по формулам (4.3) и (4.4), выбирается меньшее ($n_{\text{к}}$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{Ek_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{4.5}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1q_{\text{а}}, \tag{4.6}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_{\text{д}}$, мин.)

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \tag{4.7}$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{\text{ср.т}}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч; $v_{\text{ср.т}}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_{\text{п}}$, м) по прил. 7.

Производится расчет продолжительности транспортного цикла ($T_{\text{ц}}^{\text{а}}$, мин.):

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{д}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}} + t_{\text{р}}, \tag{4.8}$$

где $t_{\text{о}}$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_{\text{о}} \approx 0{,}5t_{\text{п}}$);

$t_{\text{п}}$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_{\text{д}}$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку (приложение 5), мин.;

$t_р$ – продолжительность разгрузки (приложение 5), мин.

Производится расчет сменной производительности

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_а$, т/смену) автосамосвала при $k_и$ = 0,8; $T_{см}$ = 8 ч рассчитывается по формуле:

$$Q_а = N_р q = \frac{T_{см}}{T_ц^а} k_и q, \quad (4.9)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин./смену;

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_ц^а$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{а.р}$, ед.)

$$N_{а.р} = \frac{V_{см}}{Q_а}, \quad (4.10)$$

где $V_{см}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{см} = k_н \left(П_{п.и}^{см} + П_в^{см} \rho \right), \quad (4.11)$$

где $k_н$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_н$ = 1,1);

$П_{п.и}^{см}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_в^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м^3/смену;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, ед.)

$$N_{а.и} = \frac{N_{а.р}}{k_{т.г}}, \quad (4.12)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 6, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_с$, км/сут)

$$L_с = \frac{2LQ_а}{q} k_о k_{см}, \qquad (4.13)$$

где $k_о$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_о$ = 1,05);

$k_{см}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{см}$ = 2,5).

5. РАСЧЕТ ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Определяется требуемая площадь отвала ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{V_n k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \qquad (5.1)$$

где V_n – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3;

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 8);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 8);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала

не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина (B, м), длина (L, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$.

Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч)

$$N_о = \frac{П_в^ч k_{вн}}{q}, \quad (5.2)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$$П_в^ч = \frac{П_в^{см}}{T_{см}}, \quad (5.3)$$

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$);

Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_б$, м^3/смену)

$$Q_б = П_в^{см} k_н k_{зав}, \quad (5.4)$$

где $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 8).

Выбирается модель бульдозера (см. прил. 9) и определяется число бульдозеров в работе ($N_б$, ед.):

$$N_б = Q_б / П_б, \quad (5.5)$$

где $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 9).

Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, ед.)

$$N_{б.и} = 1{,}4\ N_б, \quad (5.6)$$

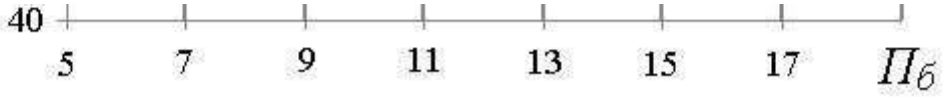
где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

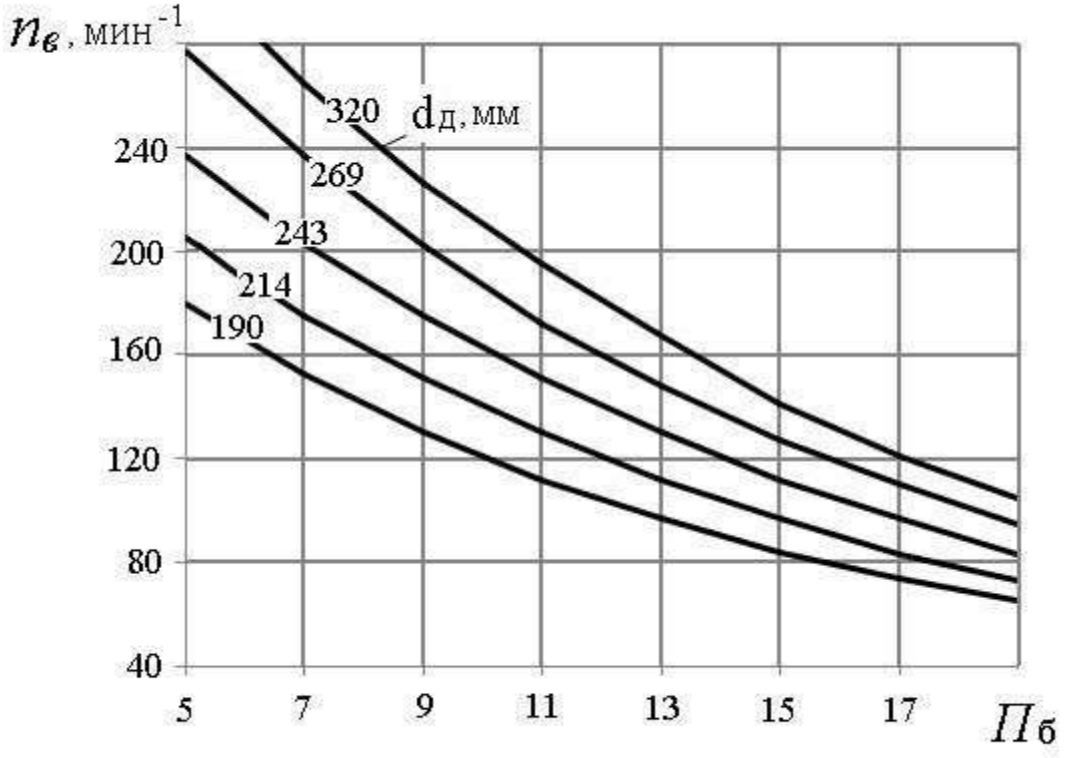
1. *Хохряков, В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. *Томаков, П. И.; Наумов, И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков, И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. *Пахомов, Е. М..; Буянов, М. И.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов, М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. *Русский, И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ №1 ***Исходные данные***

Вариант, ГМО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Длина залежи, м	900	1500	700	700	2100	600	1000	1400	2000	900	1200	1300	700	1300	900	2100	1200	1300	1500	2200
Мощность залежи, м	430	450	450	380	330	310	290	480	370	360	350	460	370	430	330	450	430	450	450	310
Глубина карьера, м	340	280	160	390	250	180	120	400	350	160	120	260	230	310	280	340	210	350	330	310
Средний угол откоса, градус	43	46	45	46	42	46	41	42	44	43	43	41	43	43	46	42	45	41	43	44
Мощность наносов, м	50	30	30	40	30	20	10	40	30	20	20	30	40	40	40	50	20	40	30	30
Объемная масса ПИ, т/м3	1,6	2,4	2,7	2,6	1,6	2,7	1,3	1,8	2,7	2	1,9	1,1	1,6	1,5	3,2	1,4	2,9	1,2	1,8	2,3
Коэффициент извлечения, доли ед.	0,94	0,97	0,95	0,9	0,96	0,9	0,97	0,96	0,94	0,96	0,91	0,94	0,94	0,92	0,95	0,92	0,98	0,96	0,96	0,95
Производительность по руде, млн.т/год	10,9	8,6	1,7	8,2	14,7	2	2,9	10,6	4,2	5	1,1	2,9	1	4,7	4,5	17,3	6,1	16	8,3	5,7
Предел прочности на сжатие, мпа	160	230	220	230	130	230	100	130	190	140	140	90	140	140	240	120	220	90	160	190
Предел прочности на сдвиг, мпа	16	27	25	26	13	26	9	12	21	14	14	8	14	14	28	11	25	8	16	20
Диаметр долота, мм	240	300	280	300	200	300	180	200	260	220	220	180	220	220	300	200	300	160	240	260
Время Тв, ч	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,03	0,02	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,02
Время на Тп.з+Тр, ч	0,8	0,8	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,5
Выход взорв. гор. массы, м3/м	27	27	37	33	45	31	50	69	36	36	27	83	36	47	26	24	36	80	36	25
Категория пород по трудности экскавации	3	5	5	5	3	5	2	2	4	3	3	1	3	3	5	2	5	1	3	4
Средний угол поворота экскаватора,град	110	90	130	145	130	110	85	85	80	145	115	115	140	100	90	145	125	85	145	110
Коэффициент использ-ования экскаватора, д.ед.	0,76	0,68	0,66	0,63	0,69	0,62	0,78	0,62	0,77	0,75	0,63	0,68	0,77	0,65	0,73	0,71	0,68	0,71	0,65	0,69
Расстояние транспортирования , км	3,3	2,8	1,8	3,7	2,5	2	1,5	3,8	3,3	1,8	1,5	2,6	2,4	3	2,8	3,3	2,2	3,3	3,2	3
Высота подъема горной массы, м	150	110	70	160	100	70	50	160	140	70	50	110	100	130	120	150	80	140	130	120



П
ст



ПРИЛОЖЕНИЕ №3 Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород

$П_б$	≥ 8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

ПРИЛОЖЕНИЕ №4 Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность пород в целике ρ, т/м^3	$k_р$	$k_н$
I	1,6	1,15	1,05
II	1,8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2,5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

ПРИЛОЖЕНИЕ №5 Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала				
	БелАЗ - 7540	БелАЗ - 7548	БелАЗ - 7549	БелАЗ - 7514	БелАЗ - 7521
Грузоподъемность, $q_а$, т……..	30,0	42,0	80,0	120,0	180,0
Собственная масса, $G_а$, т…….	21,9	29,5	67,0	95,0	163,0
Геометрическая вместимость кузова, $V_а$, м^3…….	15,0	21,0	35,0	47,0	84,0
Вместимость кузова «с шапкой», $V'_а$, м^3 ……	18,0	26,0	46,0	61,0	110,0
К. п. д. трансмиссии, $\eta_т$ ……..	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Мощность двигателя, $N_д$, кВт…….	310	368,0	809	1029,0	1691
Продолжительность, мин:					
маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$ …….	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
разгрузки, $t_р$ …….	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, T, м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

ПРИЛОЖЕНИЕ №6 Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов (kт.г)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, $L_с$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110 – 180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

ПРИЛОЖЕНИЕ №7 Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов (vср.т), км/ч.

Расстояние, L, км	Высота подъема горной массы, $H_п$, м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	
3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

ПРИЛОЖЕНИЕ №8 Значение коэффициентов , kзав и высоты яруса hя

Породы	$h_я$, м	Значения коэффициентов	
		$k_р^о$	$k_{зав}$
Скальные …….	30 - 60	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные ……...	20 - 40	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые ……	15 - 20	1,05 - 1,07	0,9

ПРИЛОЖЕНИЕ №9 Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда).

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, $м^3$		
	рыхлые	полускальные	скальные
Д-685 на базе Т-100М	1100	950	750
ДЗ-27 на базе Т-130	1500	1300	1000
Д-575 на базе Т-180	1900	1650	1300
ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М	2200	1850	1500
ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01	4740	4000	3230
D10N (фирма «Катерпиллер»)	3730	3130	2536
D11N (фирма «Катерпиллер»)	5510	4630	3750

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

«Технологические расчеты параметров и процессов открытых горных работ»

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Костин А.Л., ст. преп.

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 17 от 17.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбу
рг 2020

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ***Графическое изображение элементов горных работ……*** 3

Контрольные вопросы…… 13

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ***Определение объема капитальной траншеи……..*** 14

Контрольные вопросы…… 16

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ***Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши……*** 17

Контрольные вопросы…… 22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. ***Расчет заряда одиночной скважины……*** 23

Контрольные вопросы…… 27

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ***Расчет производительности бурового станка……....*** 29

Контрольные вопросы…… 32

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. ***Расчет производительности карьерных экскаваторов……..*** 33

Контрольные вопросы…… 36

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. ***Определение производительности карьерных автосамосвалов…...*** 37

Контрольные вопросы…… 41

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ***Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера……..*** 42

Контрольные вопросы…… 46

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9. ***Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте……*** 47

Контрольные вопросы…… 51

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ…… 51

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 *Исходные данные к лабораторной работе № 1 "Графическое изображение элементов горных работ"*…… 52

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 *Исходные данные к лабораторной работе № 2 «Определение объема капитальных траншей»*…… 58

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 *Исходные данные к лабораторной работе № 3 «Определение объема, размеров, производи-тельности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффи-циента вскрыши»*…… 59

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 *Исходные данные к лабораторной работе № 4 «Расчет заряда одиночной скважины»*…… 60

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 *Значение коэффициента $k_{разб}$ в зависимости от крепости пород*…… 61

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 *Значение коэффициента $k_з$* …… 61

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 *Исходные данные к лабораторной работе № 5 «Расчет производительности бурового станка»*…… 62

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 *Зависимость оптимальной скорости вращения бурового става*…… 63

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 *Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород*…… 63

ПРИЛОЖЕНИЕ 10 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 6 «Расчет производительности карьерных экскаваторов»*…… 64

ПРИЛОЖЕНИЕ 11 *Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнения ковша (по ЕНВ)*…… 64

ПРИЛОЖЕНИЕ 12 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 7 «Определение производитель-ности карьерных автосамосвалов»*…… 65

ПРИЛОЖЕНИЕ 13 *Техническая характеристика карьерных автосамосвалов*…… 66

ПРИЛОЖЕНИЕ 14 *Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов*…… 66

ПРИЛОЖЕНИЕ 15 *Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов*…… 67

ПРИЛОЖЕНИЕ 16 *Исходные данные к лабораторной работе № 8 «Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»*…… 68

ПРИЛОЖЕНИЕ 17 *Исходные данные к лабораторной работе № 9 «Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»*…… 69

ПРИЛОЖЕНИЕ 18 *Значение коэффициентов $k_р^о$, $k_{зав}$ и высоты яруса $h_я$* …… 70

ПРИЛОЖЕНИЕ 19 *Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)*…… 70

Практическая работа № 1

ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНЫХ РАБОТ

Цель работы – изучить и освоить графическое изображение элементов горных работ.

1.1. Задачи работы

1.1.1. Изучить масштабы, линии и условные изображения горных машин, применяемые для горных чертежей.

1.1.2. Изучить и освоить навыки графического изображения основных элементов горных работ.

1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. По рисункам 1.1- 1.4 ознакомиться с масштабами, линиями и условными изображениями горных машин, применяемыми для горных чертежей.

1.2.2. По учебнику [1, с. 10 - 11] и рис. 1.5 - 1.13 ознакомиться с типовыми графическими изображениями элементов горных работ.

1.1.3. В соответствии с номером варианта задания и соответствующими исходными данными в прил. 1 начертить элементы горных работ на формате А4 в масштабе, соответствующем заданным размерам.

Изображение заданных элементов горных работ вычертить в соответствии со знаниями и навыками, полученными при изучении дисциплин «Машиностроительное черчение» и «Начертательная геометрия».

Масштаб, типы линий и условные знаки
на чертежах горных работ

1. Масштаб изображений

1:5; 1:10; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000;
1:5000; 1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000

Рис. 1.1. Масштабы изображений

Линия	Начертание	Толщина линий в зависимости от масштаба чертежа (S)	Основное назначение
Основная		S=0,6 - 1,5 мм	Линии фактического и проектного контура всех горных выработок и сооружений на видах и разрезах (сечениях), верхняя бровка уступов в плане
Вспомогательная сплошная		от S/3 до S/2 0,2 - 0,8 мм	Линии размерные, выносные и штриховки, изолинии, линии границ горных пород на разрезах и сечениях, линии обрыва, нижняя бровка уступов в целике
Вспомогательная с изгибами		от S/3 до S/2 0,2 - 0,8 мм	Длинные линии обрыва на планах и разрезах
Вспомогательная штриховая			Линии невидимых контуров горных выработок, находящихся за плоскостью проекций
Штрихпунктирная			Осевые и центровые линии горных выработок, бровка отвалов, насыпей, навалов и уступов в разрыхленной горной массе
Разомкнутая		от S до 1,5S	Линии сечений

Рис. 1.2. Типы линий

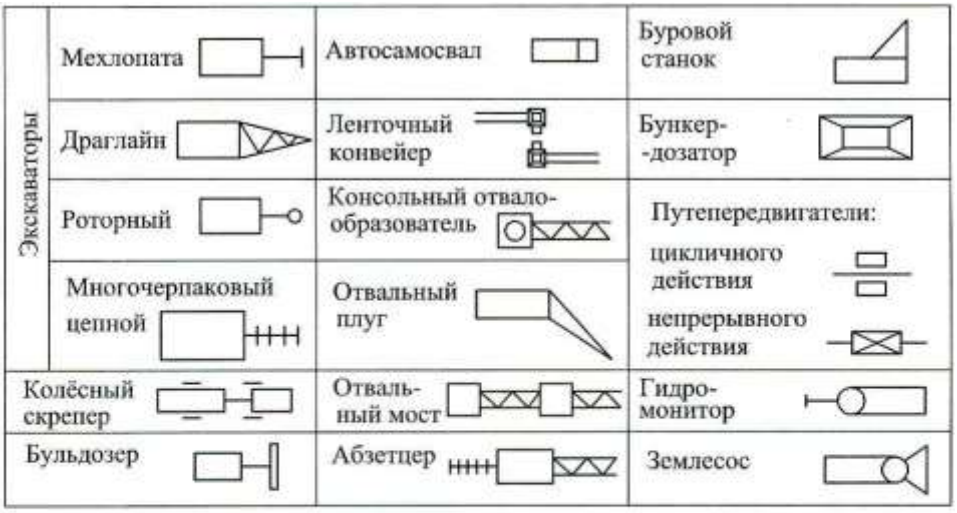
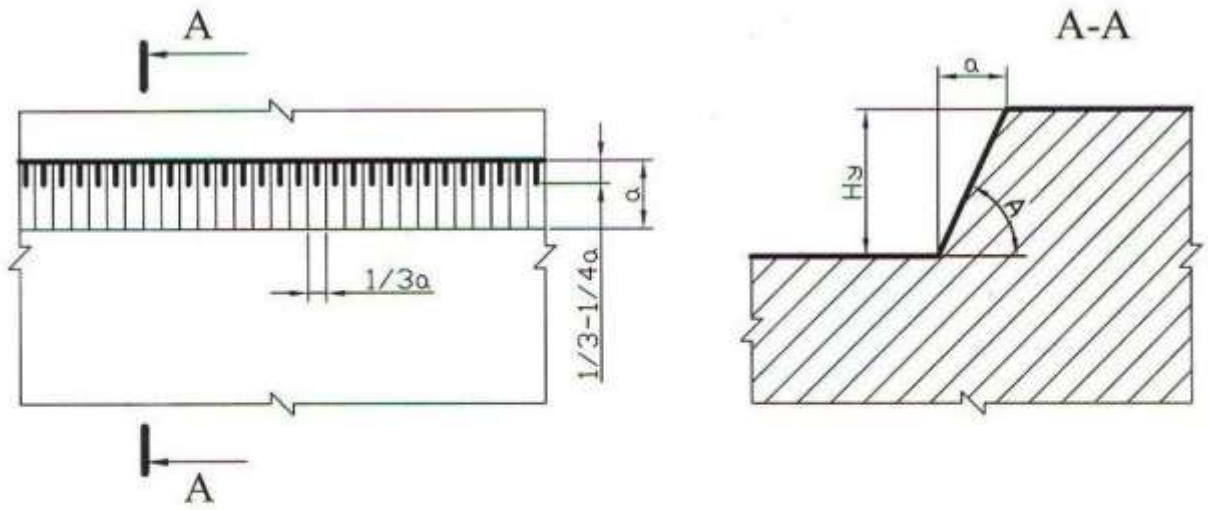


Рис. 1.3. Условные изображения горного оборудования

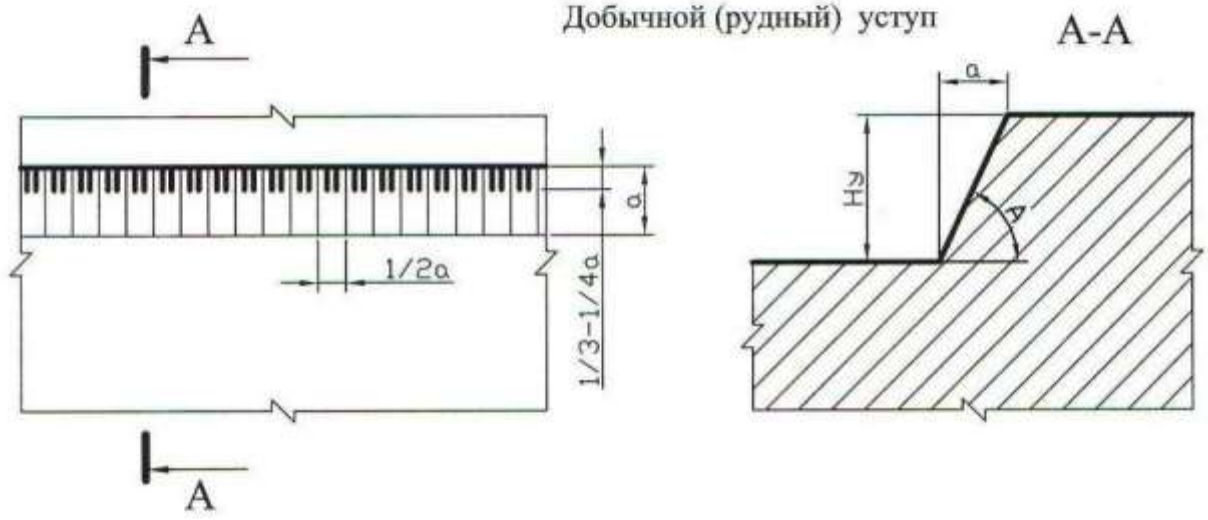
Наименование элемента	Обозначение элемента
Горизонтальное проложение породного уступа в целике	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного в целике	
Горизонтальное проложение породного уступа, пройденного по разрыхленой горной массе	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного по разрыхленной горной массе	
Бергштрихи проводят перпендикулярно линии горизонта	

Рис. 1.4. Условные обозначения откосов открытых горных выработок

Вскрышной уступ



Добычной (рудный) уступ



Смешанный (сложный) уступ

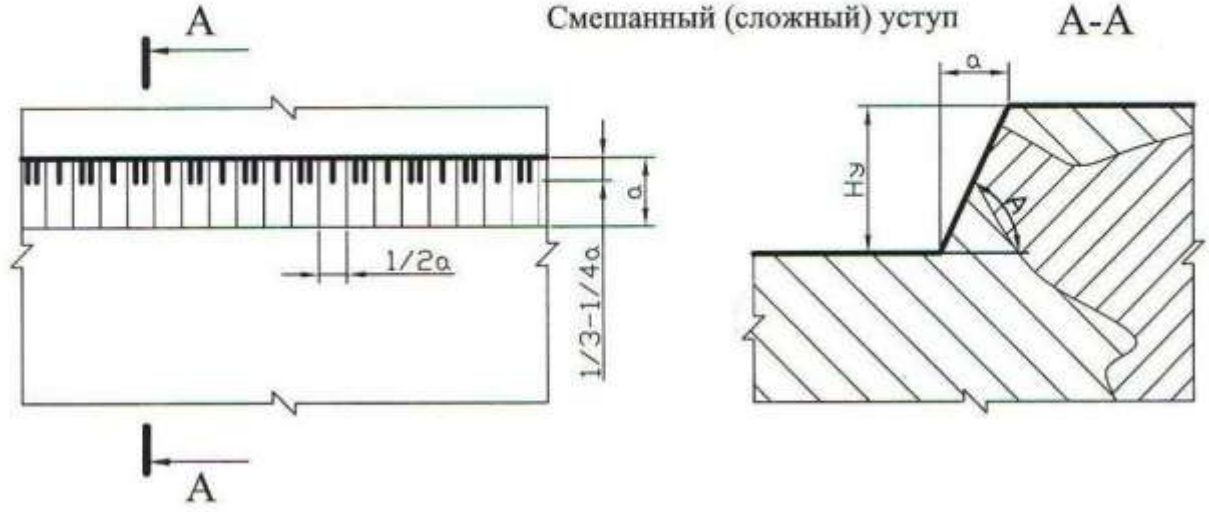


Рис. 1.5. Изображение уступов в целике

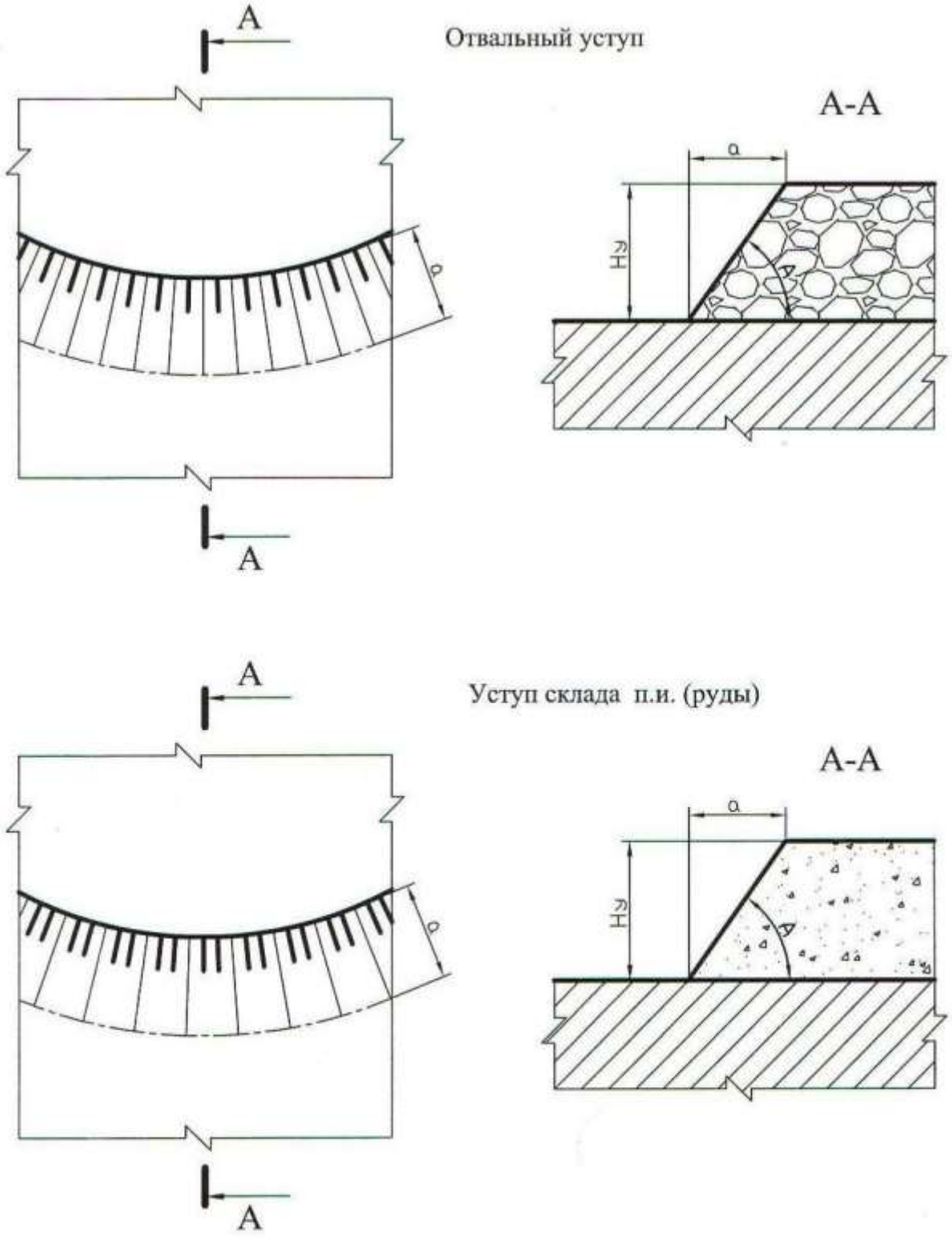
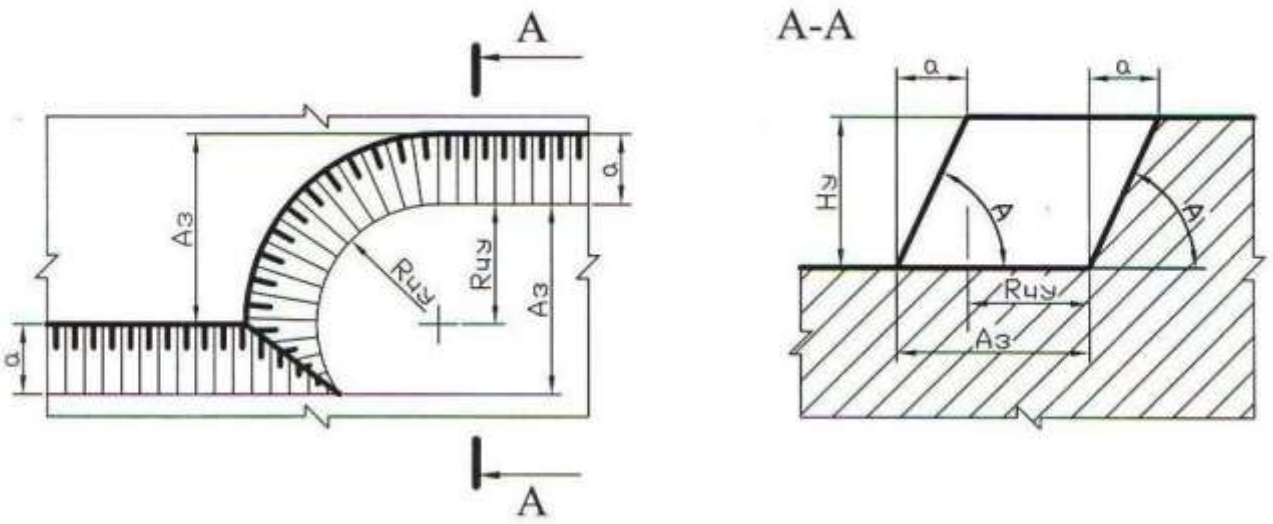
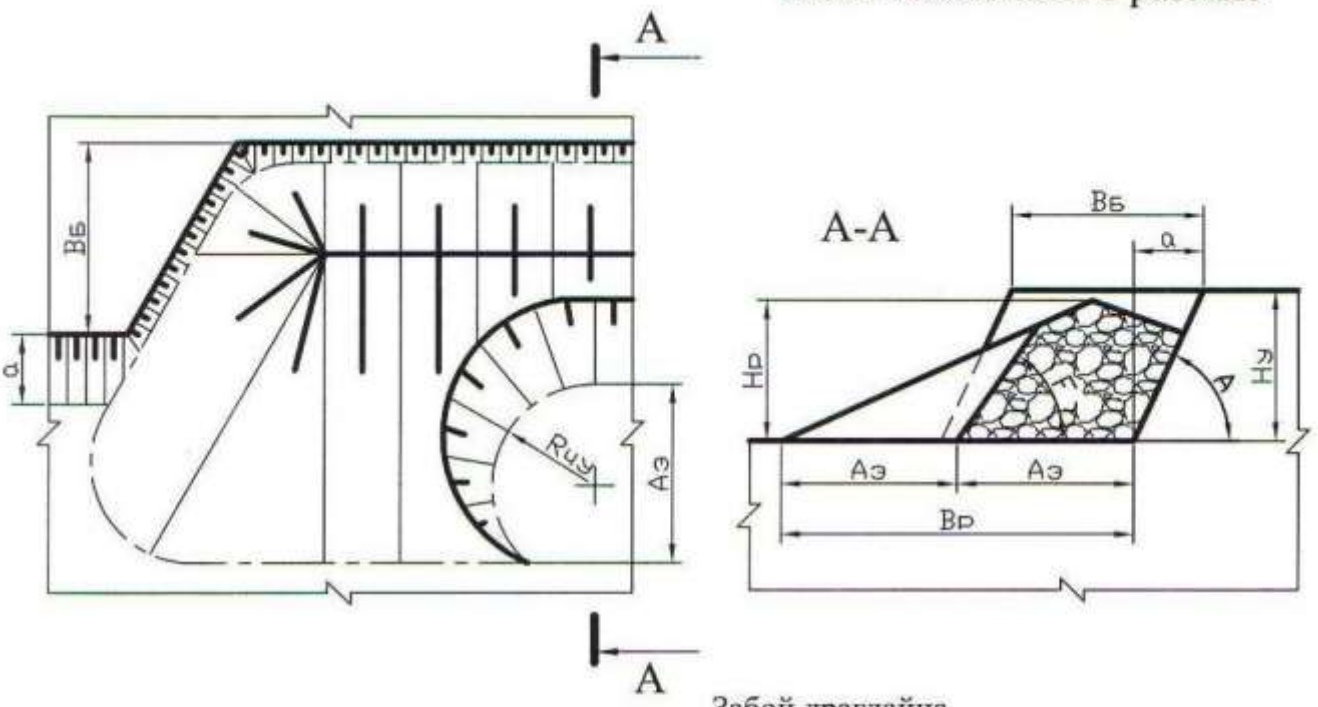


Рис. 1.6. Изображение уступов в искусственно разрыхленных горных породах

Забой мехлопаты в массиве



Забой мехлопаты в развале



Забой драглайна

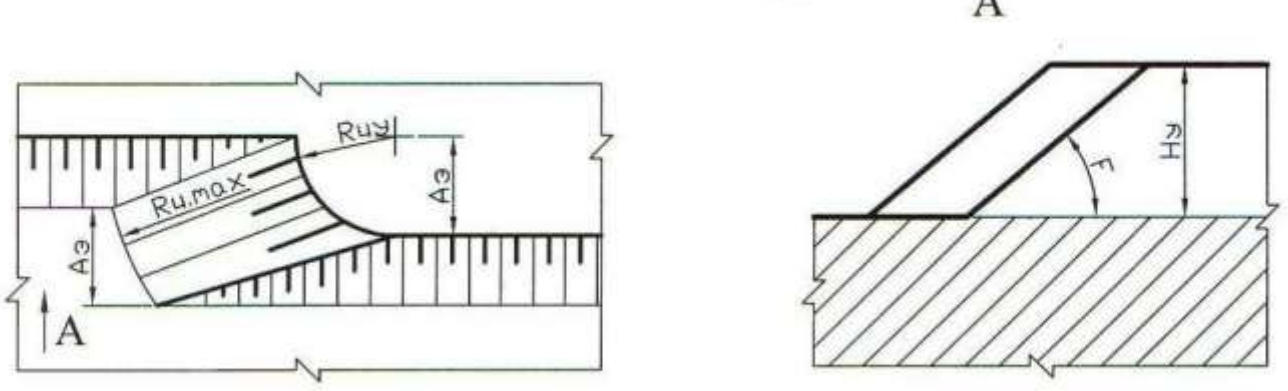


Рис. 1.7. Изображение забоев одноковшовых экскаваторов

Забой роторного экскаватора

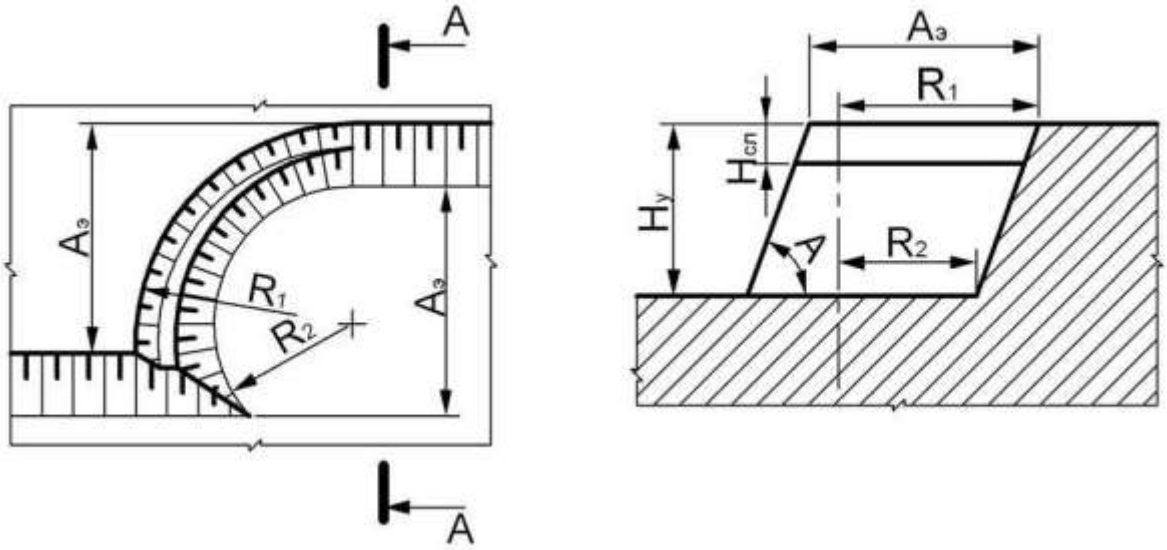


Рис. 1.8. Изображение забоя роторного экскаватора

Забой бульдозера

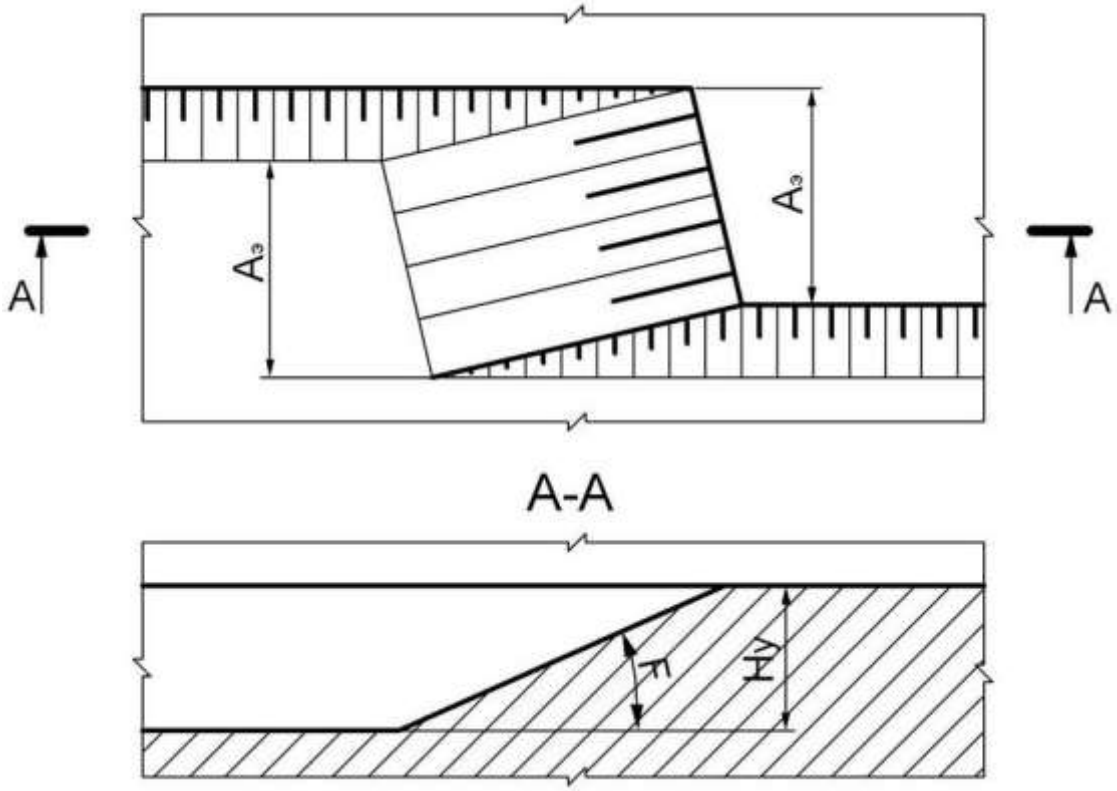


Рис. 1.9. Изображение бульдозерного забоя

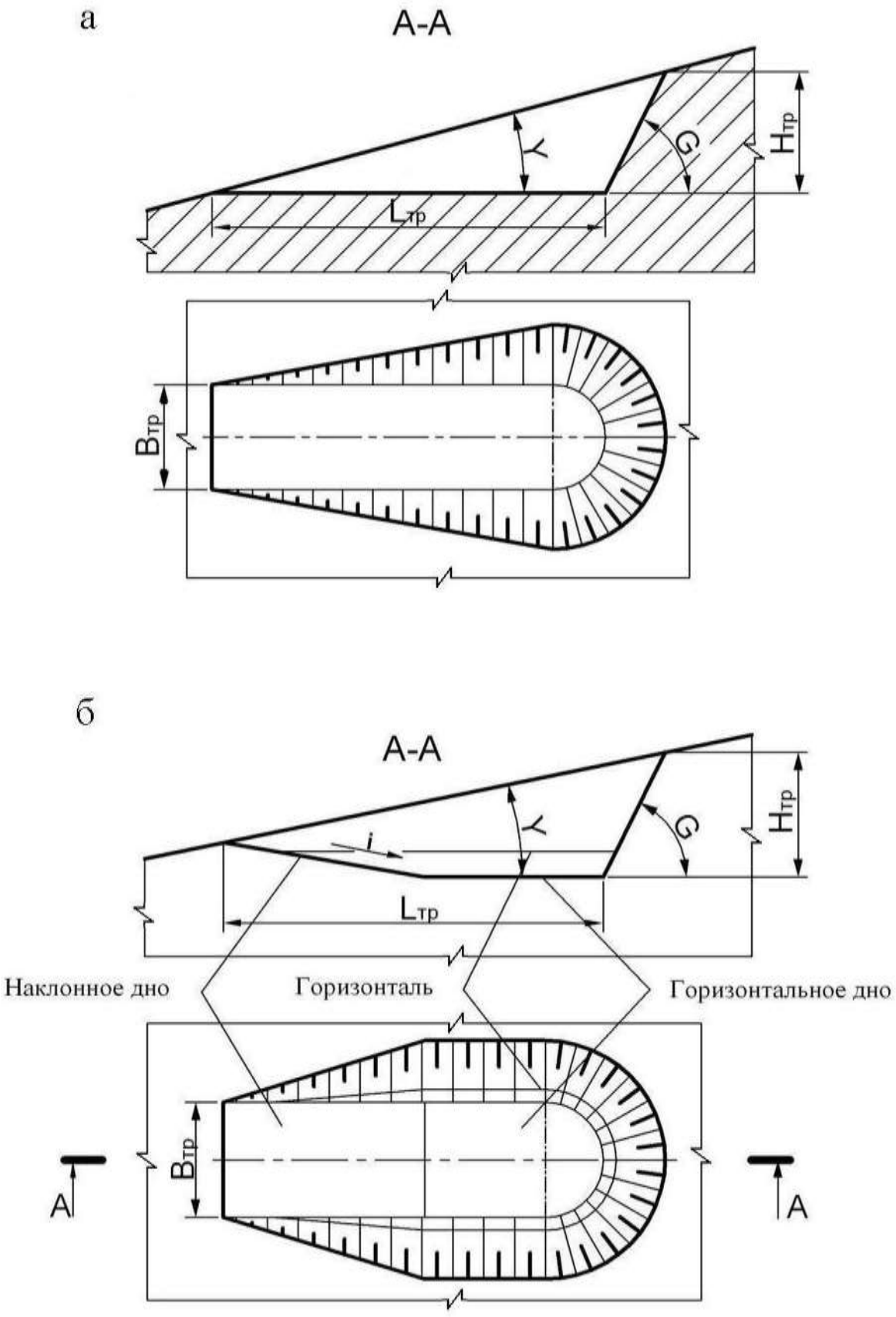


Рис. 1.10. Траншея на косогоре:
а – траншея с горизонтальным дном;
б – траншея с наклонным и горизонтальным дном

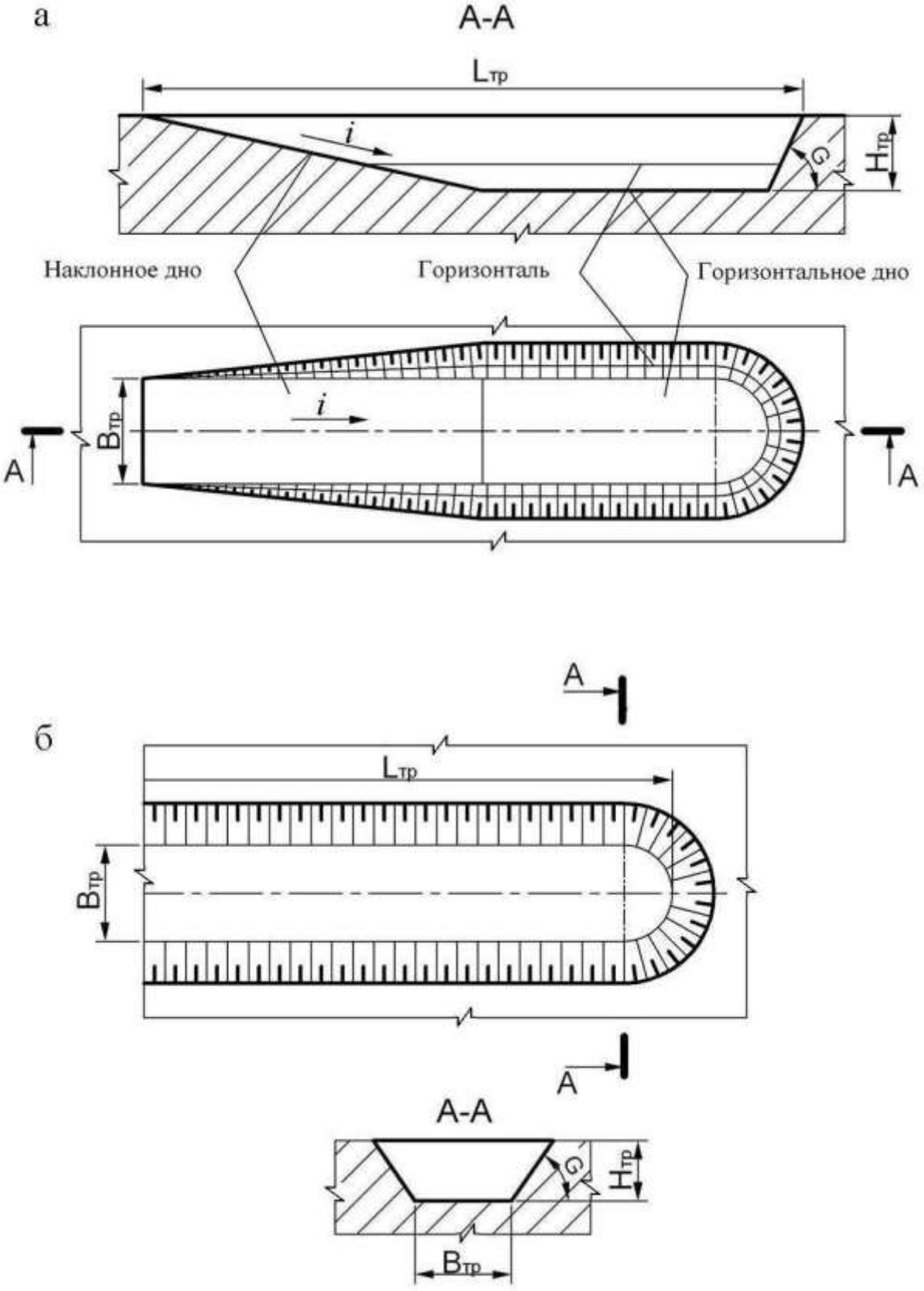
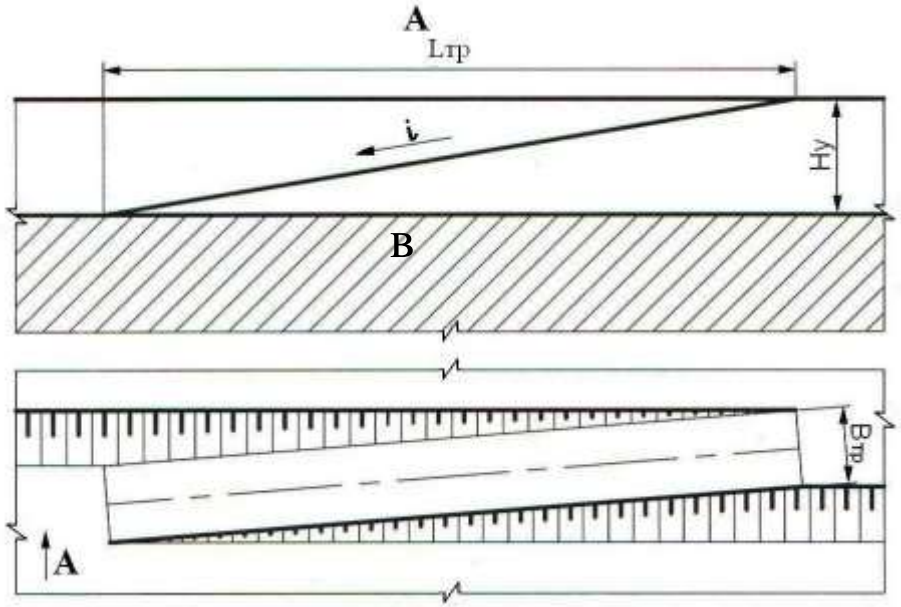
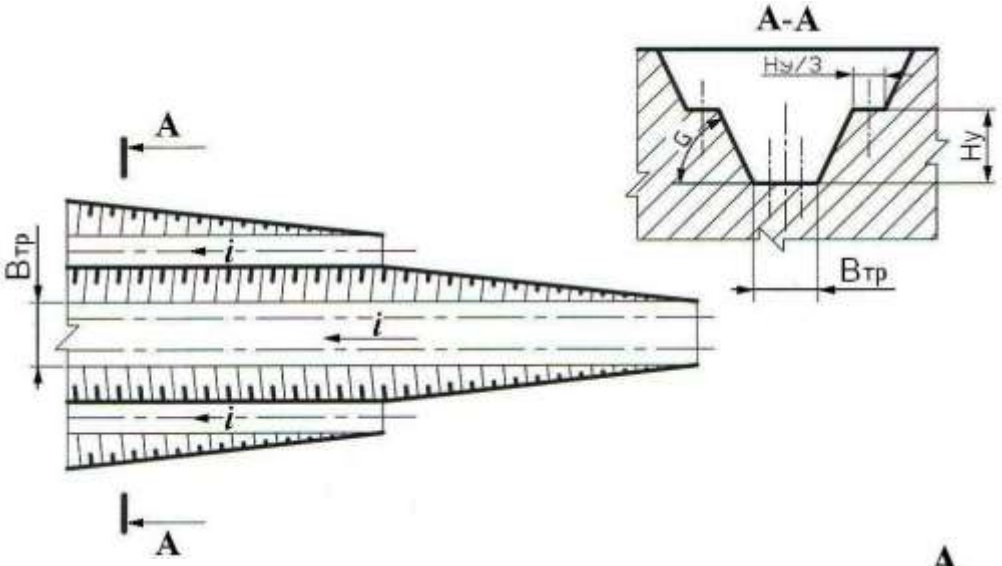


Рис. 1.11. Горизонтальные траншеи в равнинной местности:
а – траншея с горизонтальным и наклонным дном;
б – траншея с горизонтальным дном

а



б



в

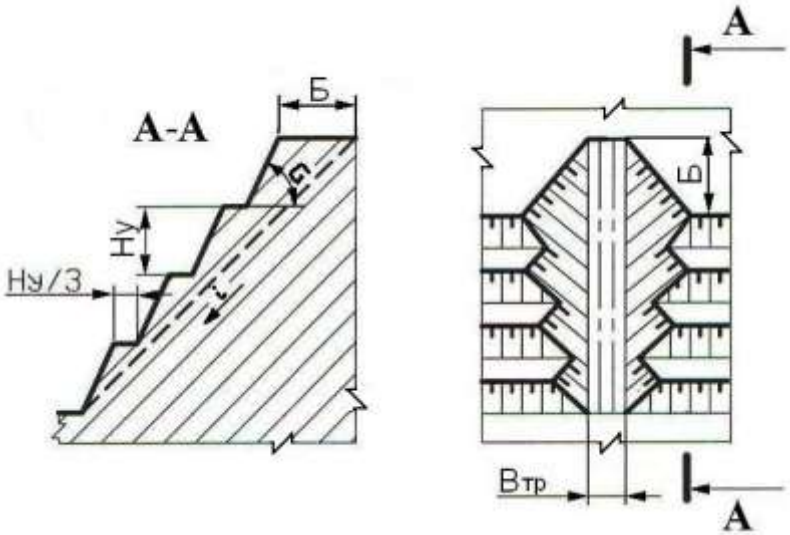


Рис. 1.12. Наклонные траншеи
а – внутренняя полутраншея (съезд); *б* – траншея групповая;
в – траншея крутонаклонная

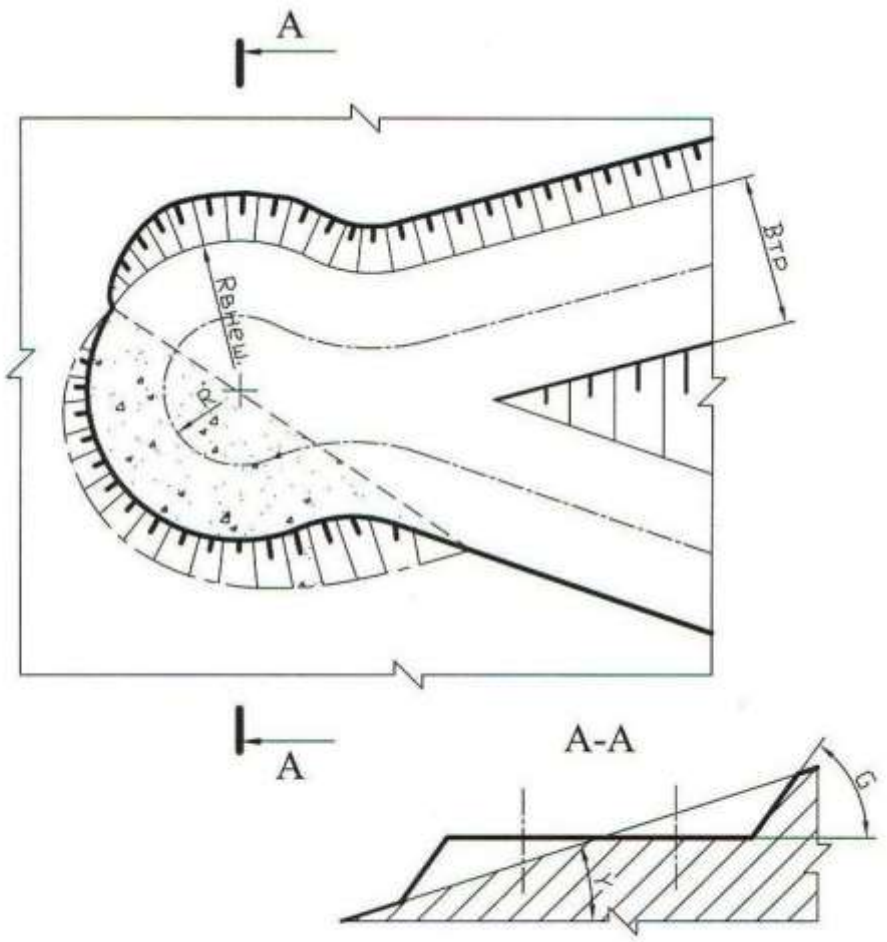


Рис. 1.13. Серпантина на косогоре

Контрольные вопросы к практической работе № 1

1. 1: 5; 2:3; 1:3; 1:20; 1:30; 1:500; 1:70000; 1:25; 1:25000 – какой из этих масштабов не применяется?
2. Во сколько раз основная линия толще вспомогательной?
3. Когда применяется штрихпунктирная линия?
4. Когда применяется основная линия?
5. Когда применяется сплошная вспомогательная линия?
6. Как должны располагаться берг-штрихи при изображении горизонтальных проложений откосов?
7. От каких параметров уступа зависит ширина горизонтального проложения?

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА КАПИТАЛЬНОЙ ТРАНШЕИ

Цель работы – изучить методику определения объема капитальной траншеи.

2.1. Задачи работы

2.1.1. Ознакомиться с методикой определения объема капитальных траншей.

2.1.2. Выполнить расчет объема капитальной траншеи по исходным данным.

2.1.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от определяющих факторов.

21.4. Выполнить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. По учебнику [1, с. 192 - 198] ознакомиться с конструкцией капитальных траншей и методикой определения их объема.

2.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 2. По данным заданного варианта выполнить расчет объема капитальной траншеи.

Объем простой капитальной траншеи можно представить как сумму объема полупризмы V_1 и объемов двух пирамид [1, рис. 10.3, с. 196].

$$V_т = V_1 + 2V_2\,, \tag{2.1}$$

где $V_т$ – объем капитальной траншеи, м^3;

V_1 – объем полупризмы, м^3;

V_2 – объем пирамиды, м^3.

Объем породы в торце траншеи, заключенный в призме V_3 и двух пирамидах V_3 и V_4, незначителен и обычно в расчетах не учитывается.

Объем полупризмы V_1 (м^3) определяется

$$V_1 = \frac{b_т h_т^2}{2i}, \qquad (2.2)$$

где $b_т$ – ширина основания траншеи, м;

$h_т$ – глубина траншеи, м;

i – уклон траншеи, ед.

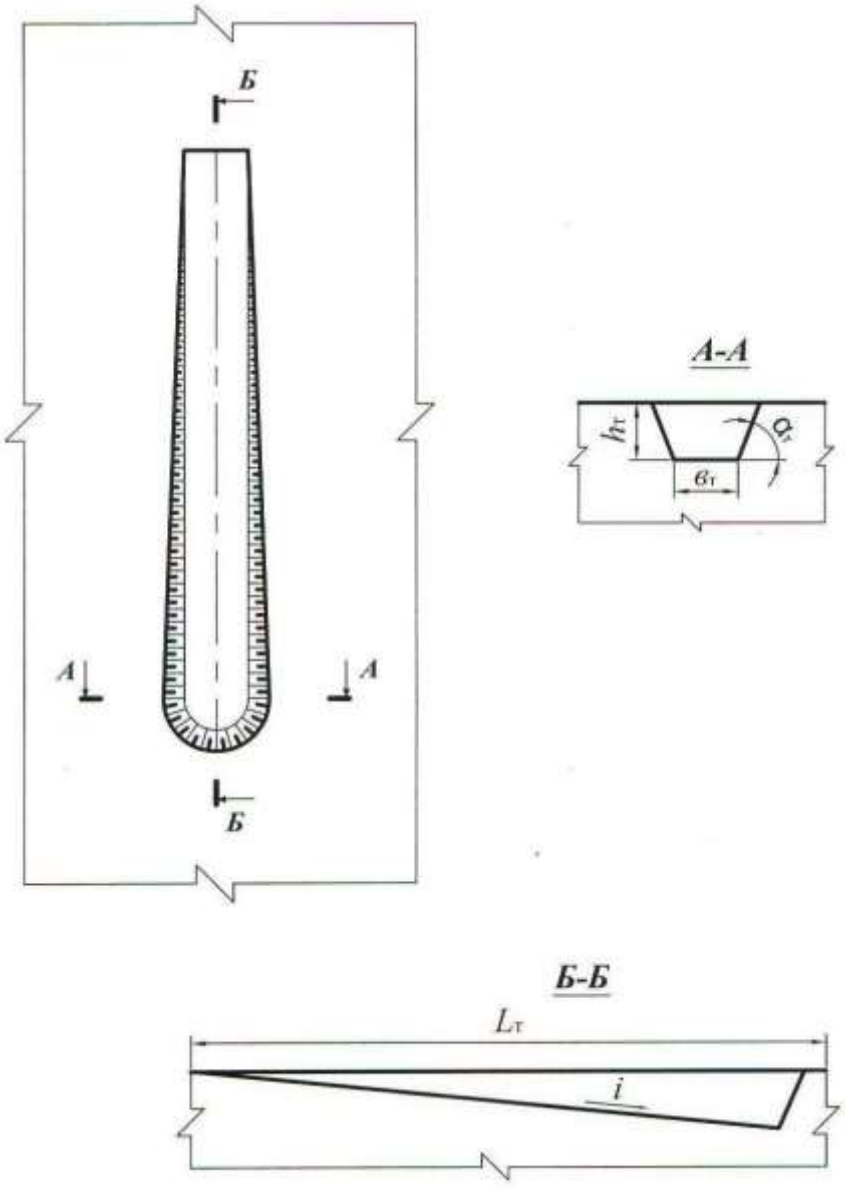


Рис. 2.1. Схема к расчету объема капитальной траншеи

Объем пирамиды V_2, (м^3) определяется

$$V_2 = \frac{h^3}{6i\,\mathrm{tg}\alpha_т}, \qquad (2.3)$$

где $\alpha_т$ – угол откоса борта траншеи, град.

После преобразования формулы (2.1) с учетом (2.2) и (2.3) объем траншеи

$$V_т = \frac{h^2}{i}\left(\frac{b_т}{2} + \frac{h}{3\mathrm{tg}\,\alpha_т}\right). \qquad (2.4)$$

2.2.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от одного из определяющих факторов ($h_т$, $b_т$, i, $\alpha_т$) согласно заданию (прил. 2). Начертить график зависимости.

2.2.4. Вычертить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи в выбранном масштабе (аналогично рис. 2.1 и рис. 10.3 [1, с. 196].

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертежи на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 2

1. Дайте определение траншеи.
2. Перечислите виды траншей по назначению.
3. Перечислите виды вскрывающих траншей.
4. Перечислите элементы траншеи.
5. Перечислите параметры разрезной траншеи.
6. Перечислите параметры вскрывающей траншеи
7. От каких факторов зависит ширина дна разрезной и вскрывающей траншеи? В каких пределах она изменяется?
8. Что такое уклон траншеи? От каких факторов он зависит и в каких пределах изменяется?
9. Перечислите способы проходки траншеи.
10. Какие сооружения располагаются во вскрывающей траншее?

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА, РАЗМЕРОВ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРОКА СЛУЖБЫ КАРЬЕРА, ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И КОЭФФИЦИЕНТА ВСКРЫШИ

Цель работы – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера.

3.1. Задачи работы

3.1.1. Ознакомиться с методикой расчета объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.1.2. Выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши по исходным данным.

3.1.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины.

3.1.4. Выполнить простейшее графическое изображение плана и элементов объема карьера.

2.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. По учебнику [1, с. 28 - 29; с. 316 - 317] ознакомиться с методикой расчета объема карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 3. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

При равнинном рельефе поверхности и наклонном или крутом падении залежи объем карьера может быть определен как сумма отдельных геометрических фигур (рис. 3.1)

$$V_к = V_1 + V_2 + V_3, \qquad (3.1)$$

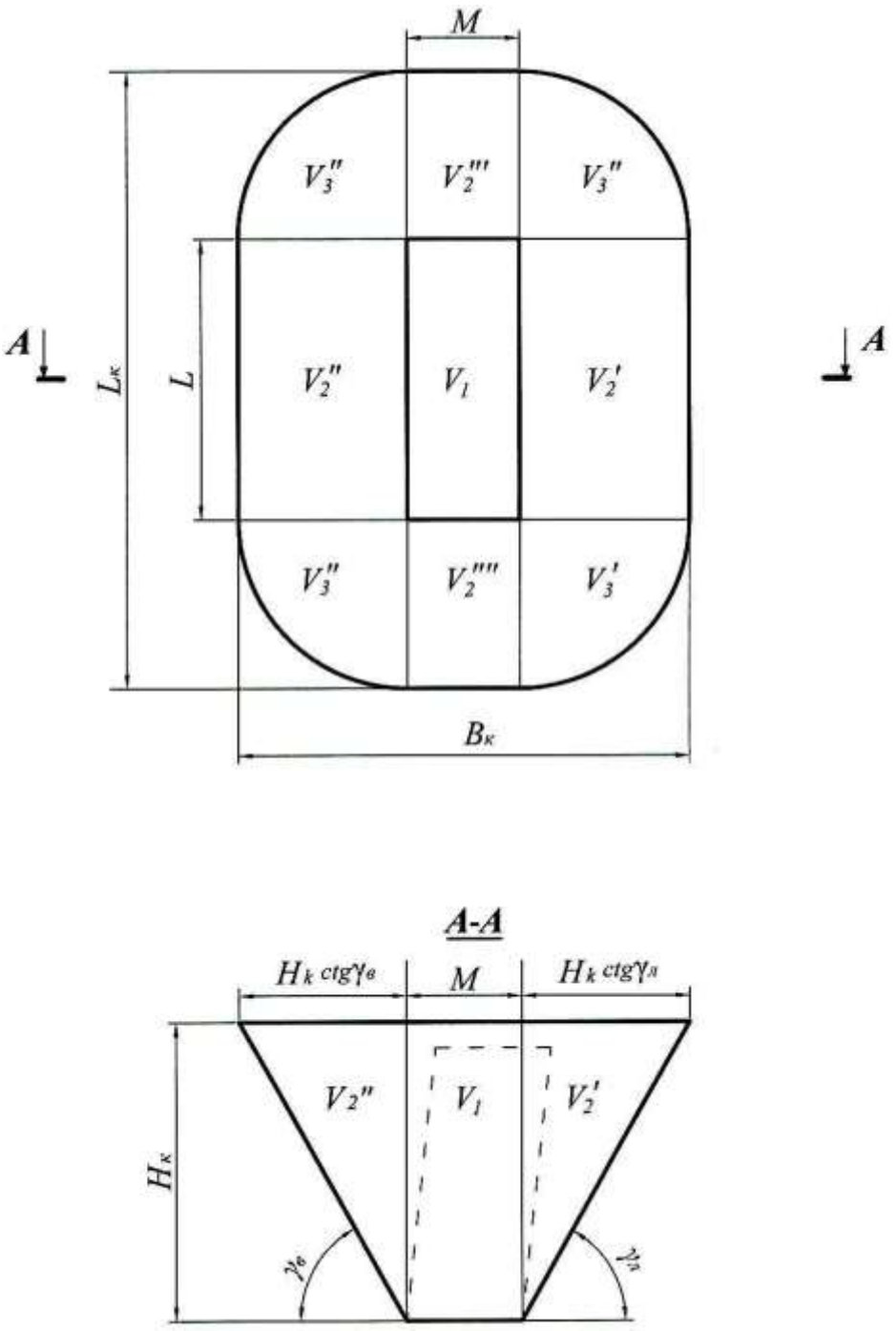


Рис. 3.1. Схема к расчету объема карьера

где $V_к$ – объем карьера, м^3;

V_1 – объем призмы с основанием $S = LM$, м^3;

S – площадь дна карьера, м^2;

L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м.

$$V_1 = LMH_к, \tag{3.2}$$

где $H_к$ – глубина карьера, м;

V_2 – суммарный объем призм треугольного сечения, прилегающих с четырех сторон к объему V_1 (V_2' и V_2' – вдоль длинных сторон карьера; V_2'' и V_2''' – вдоль коротких сторон у торцов карьера), м^3;

$$V_2 = \frac{1}{2} PH^2{}_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}, \tag{3.3}$$

где P – периметр залежи (дна карьера), $P = 2(L + M)$ м;

V_3 – суммарный объем отдельных частей расчлененного конуса, располагающихся в угловых участках карьера (V_3' ,V_3'' ,V_3''' и V_3'''') , м^3,

$$V_3 = \frac{\pi}{3} H^3{}_к \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.4}$$

где $\gamma_{ср}$ – усредненный угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_в + \gamma_л}{2},$$

где $\gamma_в$ – угол откоса висячего нерабочего борта карьера, град;

$\gamma_л$ – угол откоса лежачего нерабочего борта карьера, град. (см. рис. 3.1).

Суммарный объем карьера, таким образом, определяется по формуле:

$$V_к = SH_к + \frac{1}{2} PH^2{}_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H^3{}_к \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.5}$$

Длина карьера по верху ($L_к$, м)

$$L_к = L + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.6}$$

Ширина карьера по верху ($B_к$, м)

$$B_к = M + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.7}$$

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{п.и}$, м^3)

$$V_{п.и} = S(H_к - h_н), \quad (3.8)$$

где $h_н$ – мощность наносов, м.

Промышленные (т. е. извлекаемые из недр) запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{п.и}$, т)

$$Q_{п.и} = V_{п.и}\rho_{п.и}\eta_и, \quad (3.9)$$

где $\rho_{п.и}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_и$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_п$, м^3)

$$V_п = V_к - V_{п.и}. \quad (3.10)$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{ср}$, м^3/т

$$k_{ср} = V_п / Q_{п.и}. \quad (3.11)$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_в$, м^3/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_в = П_{п.и}\, k_{ср}\, k_н, \quad (3.12)$$

где $П_{п.и}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год (прил. 3);

$k_н$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_н$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{г.м}$, м^3/год)

$$П_{г.м} = П_{п.и}\frac{1}{\rho_{п.и}} + П_в. \quad (3.13)$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^с_{п.и}$, т/сут)

$$П^{с}_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_г}, \quad (3.14)$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в год ($T_г$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^{с}_{в}$, м^3/сут)

$$П^{с}_{в} = \frac{П_в}{T_г}. \quad (3.15)$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_{в}$, м^3/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^{с}_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_{в} = \frac{П^{с}_{в}}{n_{см}} \quad (3.16)$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = T_{ос} + T_э + T_з, \quad (3.17)$$

где $T_{ос} + T_з$ – время на освоение и затухание мощности карьера по добыче

(принимается 1,5 года);

$T_э$ – расчетный срок эксплуатации карьера, лет.

$$T_э = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}}. \quad (3.18)$$

3.2.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины: построить график этой функции.

3.2.4. На миллиметровой бумаге вычертить карьер в выбранном масштабе в соответствии с заданными и полученными расчетными размерами (аналогично рис. 3.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж карьера на миллиметровой бумаге и график зависимости $V_к = f(H_к)$.

Контрольные вопросы к практической работе № 3

1. Перечислите размеры карьера. От чего они зависят?
2. Как различают производительность карьера (производительность по полезному ископаемому…)? В каких единицах она измеряется?
3. Что нужно знать для расчета годовой производительности карьера по горной массе?
4. Дайте классификацию запасов полезных ископаемых.
5. Дайте классификацию потерь полезного ископаемого.
6. Дайте определение коэффициента вскрыши. Как различаются коэффициенты вскрыши и в каких единицах они измеряются?

Практическая работа № 4

РАСЧЕТ ЗАРЯДА ОДИНОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

Цель работы – изучить параметры и освоить принципы расчета скважинных зарядов.

4.1. Задачи работы

4.1.1. Изучить конструкции скважинных зарядов, параметры скважин, и их расположения на уступе.

4.1.2. Выполнить расчеты величины заряда одиночной скважины.

4.2. Порядок выполнения работы

4.2.1. По учебнику [1, с. 72 - 74] ознакомиться с параметрами скважин, и их расположения на уступе, конструкцией зарядов.

4.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 4. По данным заданного варианта выполнить расчет заряда одиночной скважины и параметров расположения скважин на уступе при однорядном расположении скважин.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

4.2.2.1. По заданному диаметру шарошечного долота (прил. 4) определяется диаметр взрывных скважин ($d_с$, мм)

$$d_с = d_д k_{разб}, \quad (4.1)$$

где $d_д$ – диаметр долота, мм;

$k_{разб}$ – коэффициент разбуривания, принимаемый в зависимости от крепости пород (прил. 5).

4.2.2.2. Определяется длина перебура ($l_{пер}$, м)

$$l_{пер} = 11 d_с, \quad (4.2)$$

где $d_с$ – диаметр скважины, м.

4.2.2.3. Определяется длина скважины ($l_с$, м)

$$l_с = H_у + l_{пер}, \quad (4.3)$$

где $H_у$ – высота уступа, м.

4.2.2.4. Принимается (задается) тип взрывчатого вещества (ВВ) (прил. 4) и конструкция скважины (заряда) – сплошной вертикальный заряд (рис. 4.1).

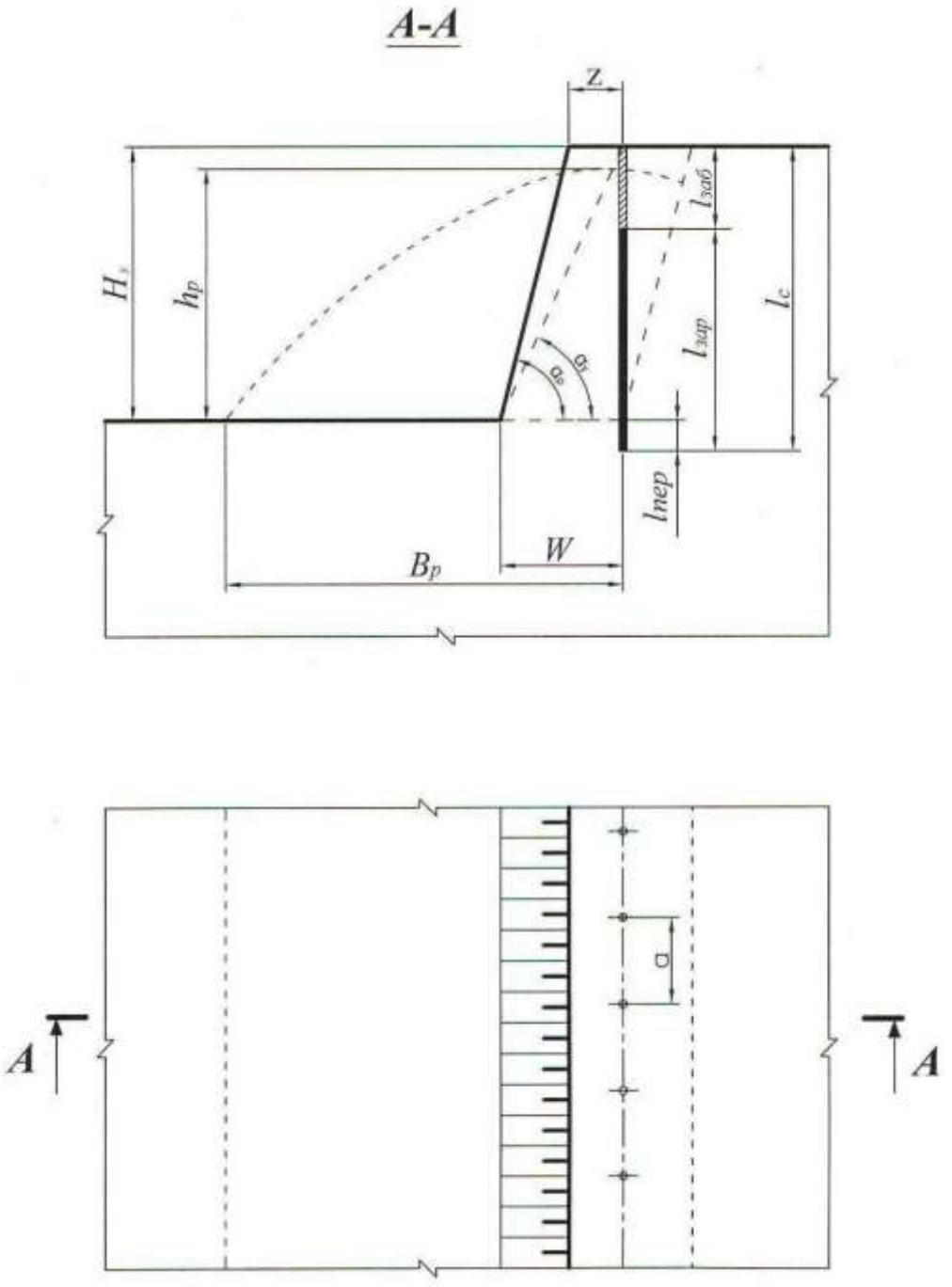


Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_с, \tag{4.4}$$

где $l_с$ – длина скважины, м.

4.2.2.6. Определяется длина заряда взрывчатого вещества (ВВ) в скважине ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_с - l_{заб}. \quad (4.5)$$

4.2.2.7. Определяется удельная вместимость скважины (p, кг/м)

$$p = 7{,}85 d_с^2 \Delta, \quad (4.6)$$

где $d_с$ – диаметр скважины, дм;

Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3 (см. прил. 4).

4.2.2.8. Исходя из заданных удельного расхода эталонного ВВ (q', кг/м^3) и коэффициента, учитывающего тип ВВ ($k_{ВВ}$) (см. прил. 4), вычисляется удельный расход принятого ВВ ($q_п$, кг/м^3)

$$q_п = q' k_{ВВ}. \quad (4.7)$$

4.2.2.9. Определяется величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве (W, м)

$$W = 0{,}9\sqrt{\frac{p}{q_п}}. \quad (4.8)$$

4.2.2.10. Выполняется проверка величины линии сопротивления по подошве по условию:

$$W \geq W_{min}, \quad (4.9)$$

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg}\alpha_р + Z, \quad (4.10)$$

где $\alpha_р$ – угол откоса рабочего уступа, град (прил. 4);

Z – расстояние от верхней бровки уступа до скважины первого ряда, м.

$$Z = H_у \left(\operatorname{ctg}\alpha_у - \operatorname{ctg}\alpha_р\right) \geq 2,$$

где $\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа, град ($\alpha_у$ на 5-10° меньше $\alpha_р$);

$H_у \left(\operatorname{ctg}\alpha_у - \operatorname{ctg}\alpha_р\right)$ – ширина призмы возможного обрушения уступа, м.

Если $W < W_{min}$, то, по согласованию с руководителем, увеличивается диаметр скважины до ближайшего стандартного и соответственно по формуле (4.6) увеличивается величина p, по формуле (4.8) увеличивается W и снова проверка по формуле (4.9).

4.2.2.11. Выполняется проверка $l_{пер}$ по условию

$$l_{\text{пер}} \le 0{,}3W. \tag{4.11}$$

Если $l_{\text{пер}} > 0{,}3W$, то принимается $l_{\text{пер}} = 0{,}3W$ и производится перерасчет величин $l_{\text{с}}$, $l_{\text{заб}}$ и $l_{\text{зар}}$.

4.2.2.12. Определяется масса заряда в скважине ($Q_{\text{З}}$, кг)

$$Q_{\text{З}} = pl_{\text{зар}}. \tag{4.12}$$

4.2.2.13. Определяется расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = \frac{Q_{\text{З}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} W}. \tag{4.13}$$

4.2.2.14. Выполняется проверка величины a по допустимому коэффициенту сближения скважин m

$$m = a/W. \tag{4.14}$$

На практике коэффициент сближения скважин составляет: m = 0,8 ÷1,4.

При расчетном значении m, отличающемся от рекомендуемого, необходимая величина его достигается путем изменения величины заряда в скважине $Q_{\text{З}}$ и соответствующего изменения расстояния между скважинами в ряду. При этом необходимо пересчитать длину заряда $l_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{з}}}{p}$ и длину забойки $l_{\text{заб}} = l_{\text{с}} - l_{\text{зар}}$.

4.2.2.15. Определяется ширина развала ($B_{\text{р}}$, м)

$$B_{\text{р}} \approx k_{\text{З}} k_{\text{в}} \sqrt{q_{\text{п}}} H_{\text{у}}, \tag{4.15}$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий взрываемость породы (для средневзрываемых пород $k_{\text{в}}$ = 2,5 ÷ 3,0);

$k_{\text{з}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от принятого интервала замедления между отдельными скважинами (прил. 6);

Интервал замедления (τ, мс)

$$\tau = kW, \tag{4.16}$$

где k – коэффициент, зависящий от взрываемости пород (для средневзрываемых пород k = 3,0 ÷4,0).

4.2.2.16. Определяется высота развала ($h_р$, м)

$$h_р \approx \frac{2H_у W k_р}{B_р}, \qquad (4.17)$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления пород после взрыва (в развале).

При взрывании пород на дробление с однорядным расположением скважин развал имеет форму, близкую к треугольной. При этом $k_р$ = 1,4 ÷ 1,6.

4.2.2.17. Определяется выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м^3/м)

$$q_{г.м} = \frac{H_у a W}{l_с}. \qquad (4.18)$$

4.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить буровую заходку (план и разрез), взрывные скважины и развал породы (на разрезе) с указанием всех необходимых размеров (см. рис. 4.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж буровой заходки в выбранном масштабе.

Контрольные вопросы к практической работе № 4

1. Дайте определение скважинного заряда.
2. Перечислите параметры скважинного заряда.
3. Исходя из каких условий принимается (задается) тип ВВ?
4. Что такое линия сопротивления по подошве (W)? В чем ее геометрический и физический смысл?
5. Каким условием определяется минимально допустимая линия сопротивления по подошве (W_{min})?
6. Каким параметром определяется положение первого ряда скважин?
7. Какими параметрами характеризуется сетка скважин?
8. Что такое «удельная вместимость скважины»? В каких единицах она измеряется? Выведите формулу для определения удельной вместимости скважины.

9. По какой формуле определяется выход горной массы с одного погонного метра скважины?
10. Какими факторами определяется ширина развала взорванной горной массы?
11. Каким показателем определяется отношение площади поперечного сечения развала взорванной горной массы к площади поперечного сечения буровой (взрывной) заходки? В каких пределах он изменяется?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО СТАНКА

Цель работы – изучить методику определения производительности буровых станков типа СБШ.

5.1. Задачи работы

5.1.1. Ознакомиться с технологией бурения взрывных скважин станками шарошечного бурения.

5.1.2. Выполнить расчет технической скорости бурения и производительности бурового станка.

5.1.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения от показателя буримости горных пород.

5.2. Порядок выполнения работы

5.2.1. По учебнику [1, с. 49 - 50] ознакомиться с технологией, условиями и областью применения шарошечного бурения взрывных скважин на карьерах.

5.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 7. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_о n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (5.1)$$

где $P_о$ – осевое усилие, кН;

$n_в$ – частота вращения бурового става, мин$^{-1}$;

$П_б$ – показатель буримости пород;

$d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_{б}^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_{б}^{см} = \frac{T_{см} - (T_{п.з} + T_{р})}{v_{б}^{-1} + T_{в}}, \quad (5.2)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{п.з}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_{р}$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_{в}$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_{б}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

5.2.2.1. По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ определяется показатель буримости горных пород ($П_{б}$)

$$П_{б} = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \quad (5.3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

ρ – плотность горных пород, т/м^3.

По показателю буримости ($П_{б}$) определяется класс горных пород:

I класс – легкобуримые породы ($П_{б}$ = 1÷5);

II класс – породы средней трудности бурения ($П_{б}$ = 5,1÷10);

III класс – труднобуримые породы ($П_{б}$ = 10,1÷15,0);

IV класс – весьма труднобуримые породы ($П_{б}$ = 15,1÷20,0);

V класс – исключительно труднобуримые породы ($П_{б}$ = 20,1÷25,0).

5.2.2.2. В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 8) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

5.2.2.3. Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \tag{5.4}$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

k – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 9).

5.2.2.4. По формуле (5.1) рассчитывается техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч).

5.2.2.5. По заданным величинам $T_{см}$, $(T_{п.з}+T_р)$, $T_в$ и полученному значению $v_б$ рассчитывается сменная производительность станка ($A_б^{см}$, м/смену).

5.2.2.6. Определяется суточная производительность бурового станка ($A_б^с$, м/смену)

$$A_б^с = A_б^{см} n_{см}, \tag{5.5}$$

где $n_{см}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

5.2.2.7. Определяется годовая производительность станка ($A_б^г$, м/год)

$$A_б^г = A_б^с n_{р.д.с}, \tag{5.6}$$

где $n_{р.д.с}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{р.д.с} = 230 \div 280$ дней/год.

5.2.2.8. Рассчитывается парк буровых станков.

Списочный парк станков ($N_{б.с}$, ед.)

$$N_{б.с} = \frac{V_{г.м}}{A_б^г q_{г.м}}, \tag{5.7}$$

где $V_{г.м}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3 (принимается $V_{г.м}$ = $= П_{г.м}$ по результатам выполнения практ. работы № 3);

$q_{г.м}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м (принимается по результатам выполнения практ. работы № 4).

Рабочий парк буровых станков ($N_{бр}$, ед.)

$$N_{бр} = \frac{N_{бс}}{k_{рез}}, \tag{5.8}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_{р.д.с}}, \tag{5.9}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

5.2.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения ($v_б$, м/ч) от показателя буримости горных пород ($П_б$).

Для этого произвести расчет $v_б$ для пяти значений $П_б$. За базовое значение принять $П_б$, полученное при выполнении п. 5.2.2.1. Для принятия четырех оставшихся значений $П_б$ принять шаг варьирования от базового $\Delta П_б$ = 0,5÷1,5. Два принятых значения $П_б$ должны превышать базовое, а два быть меньше его. Строится график $v_б = f(П_б)$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты, а также график зависимости $v_б = f(П_б)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 5

1. Перечислите основные элементы станков шарошечного бурения.
2. Как маркируются модели станков шарошечного бурения?
3. От каких свойств пород зависят показатели буримости и что характеризуют эти свойства? В каких единицах они измеряются?
4. От каких факторов зависит скорость бурения?
5. От каких факторов зависит величина требуемого осевого усилия?
6. Написать формулу часовой производительности бурового станка.
7. Как определяется списочный парк бурстанков?
8. Как определяется рабочий парк бурстанков?

Практическая работа № 6

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Цель работы – ознакомиться с технико-экономическими показателями и освоить методику расчета производительности одноковшовых экскаваторов.

6.1. Задачи работы

6.1.1. Ознакомиться с распределением рабочего времени, производительностью и технико-экономическими показателями одноковшовых экскаваторов.

6.1.2. Выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

6.1.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота на разгрузку.

6.2. Порядок выполнения работы

6.2.1. По учебнику [1, с. 103 - 108] ознакомиться с распределением рабочего времени, принципами расчета производительности и технико-экономическими показателями работы одноковшовых экскаваторов.

6.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 10. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

6.2.2.1. Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м^3/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \qquad (6.1)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \qquad (6.2)$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194 d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \quad (6.3)$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \quad (6.4)$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \quad (6.5)$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1,5÷2,5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

6.2.2.2. Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т \, T_{см} k_и \, , \quad (6.6)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены (прил. 10).

6.2.2.3. Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} \, n_{см}, \quad (6.7)$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см}$ = 2÷3).

6.2.2.4. Годовая производительность экскаватора ($А_г$, м^3/год)

$$А_г = А_с\, n_г, \tag{6.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год (прил. 10).

6.2.2.5. Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{А г}, \tag{6.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м^3/год (принимается по результатам выполнения практической работы № 3).

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{6.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{6.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

6.2.2.6. Определяется ширина экскаваторной заходки (забоя) ($А_з$, м):

при железнодорожном транспорте

$$А_з = (1{,}5 \div 1{,}7) R_{ч.у}\,; \tag{6.12}$$

при автомобильном транспорте

$$А_э = (0{,}8 \div 1{,}2) R_{ч.у}\,, \tag{6.13}$$

где $R_{ч.у}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.2.7. Определяется допустимая высота уступа (забоя) ($H_у$, м) для скальных пород

$$H_у \le 1{,}5 H_ч^{max}, \tag{6.14}$$

где $H_ч^{max}$ – максимальная высота черпания экскаватора, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота и построить график $А_т = f(\beta)$.

Для этого производится расчет $A_т$ для пяти значений β. Область варьирования угла поворота $150^o > \beta > 90^o$. Интервал варьирования $\Delta\beta = 5 \div 10^o$.

Базовое значение β принять из прил. 10 для заданного варианта. Для принятия четырех оставшихся значений β принять шаг варьирования от базового $\Delta\beta = (5 \div 10)^o$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также график зависимости $A_т = f(\beta)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 6

1. Дайте определение производительности.
2. Вывести формулу технической производительности экскаватора.
3. Из каких элементов складывается цикл экскавации?
4. Вывести формулу максимальной ширины экскаваторной заходки.
5. Почему рациональная ширина экскаваторной заходки при железнодорожном транспорте больше, чем при автомобильном транспорте?
6. Как определяется допустимая высота уступа в сыпучих и связных породах?
7. Как определяется рабочий и списочный парк экскаваторов?

Практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета производительности карьерных автосамосвалов.

7.1. Задачи работы

7.1.1. Ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.1.2. Выполнить расчет сменной производительности карьерного автосамосвала.

7.1.3. Исследовать зависимость сменной производительности карьерного автосамосвала от заданных параметров трассы.

7.2. Порядок выполнения работы

7.2.1. По учебнику [1, с. 145 - 151] ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 12. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_{\text{а}}$, т/смену) рассчитывается

$$Q_{\text{а}} = N_{\text{р}} q = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q, \qquad (7.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин./смену;

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Продолжительность транспортного цикла ($T^а_ц$, мин.)

$$T^а_ц = t_о + t_п + t_д + t_{м.п} + t_{м.р} + t_р, \quad (7.2)$$

где $t_о$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_о \approx 0{,}5t_п$);

$t_п$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_д$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку, мин.;

$t_р$ – продолжительность разгрузки, мин.

Расчеты выполняются в следующей последовательности:

7.2.2.1. По заданной модели экскаватора (см. практическую работу № 6) подбирается модель автосамосвала прил. 13. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_а}{E} = 3 \div 5, \quad (7.3)$$

где $V_а$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м^3 (см. прил. 13);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

7.2.2.2. Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_п$, мин.) и веса груза в кузове (q, т)

$$t_П = \frac{T^э_ц (n_{min\ цик} - 0{,}5)}{60}, \quad (7.4)$$

где $T^э_ц$ – длительность цикла экскавации, с (см. практическую работу № 6);

$n_{min\ цик}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\text{min цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_к$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_к = \frac{q_а k_р}{E k_н \rho}, \tag{7.5}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_р$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_н$, $k_р$ и ρ принимаются по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_к = \frac{0{,}9 V_а'}{E k_н}, \tag{7.6}$$

где $V_а'$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 13), м^3.

Затем сравниваются значения $n_к$, вычисленные по формулам (7.5) и (7.6), выбирается меньшее ($n_к$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{E k_н}{k_р} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{7.7}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1 q_а, \tag{7.8}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_д$, мин.)

$$t_д = 60 \frac{2L}{v_{ср.т}}, \tag{7.9}$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{ср.т}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч; $v_{ср.т}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_п$, м) по прил. 15.

7.2.2.4. Производится расчет $T_{Ц}^{а}$. При этом $t_{м.п}$, $t_{м.р}$ и $t_р$ принимаются из прил. 13 для выбранной модели автосамосвала.

7.2.2.5. По формуле 7.1 производится расчет сменной производительности автосамосвала при $k_и = 0{,}8$; $T_{см} = 8$ ч.

7.2.2.6. Производится расчет рабочего и инвентарного парка автосамосвалов.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{а.р}$, ед.)

$$N_{а.р} = \frac{V_{см}}{Q_а}, \tag{7.10}$$

где $V_{см}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{см} = k_н\left(П_{п.и}^{см} + П_{в}^{см}\rho\right), \tag{7.11}$$

где $k_н$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_н = 1{,}1$);

$П_{п.и}^{см}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_{в}^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м^3/смену;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

$П_{п.и}^{см}$ и $П_{в}^{см}$ принимаются по результатам выполнения практической работы № 3, ρ – по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, ед.)

$$N_{\text{а.и}} = \frac{N_{\text{а.р}}}{k_{\text{т.г}}}, \qquad (7.12)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 14, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_{\text{с}}$, км/сут)

$$L_{\text{с}} = \frac{2LQ_{\text{а}}}{q} k_{\text{о}} k_{\text{см}}, \qquad (7.13)$$

где $k_{\text{о}}$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_{\text{о}}$ = 1,05);

$k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{\text{см}}$ = 2,5).

7.2.3. Исследовать зависимость сменной производительности автосамосвала от расстояния транспортирования или высоты подъема горной массы и построить график $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Производится расчет для пяти значений L или $H_{\text{п}}$. Интервал варьирования расстояния транспортирования ΔL = 0,2÷0,4 км, высоты подъема горной массы $\Delta H_{\text{п}}$ = 20 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 7

1. Чем отличается процесс выемки горной массы от процесса транспортирования горной массы?
2. Вывести формулу сменной производительности автосамосвала.
3. От каких факторов зависит сменная производительность автосамосвала?
4. Из каких элементов складывается транспортный цикл?
5. Как определить количество рейсов (транспортных циклов) автосамосвала за смену?
6. От чего зависит продолжительность погрузки автосамосвала?
7. В чем различие между величиной количества циклов экскавации для загрузки автосамосвала и количества ковшей для загрузки автосамосвала?
8. От каких факторов зависит время движения автосамосвала в транспортном цикле?
9. Какое различие между рабочим и инвентарным парком автосамосвалов?
10. Как определить сменный пробег автосамосвала?

Практическая работа № 8

КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО И НЕРАБОЧЕГО БОРТОВ КАРЬЕРА

Цель работы – изучить конструкцию рабочего и нерабочего бортов карьера, освоить методику расчета ширины рабочей площадки и угла откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1. Задачи работы

8.1.1. Ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера.

8.1.2. Выполнить расчет углов откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1.3. Исследовать зависимость величины угла откоса рабочего борта от определяющих факторов.

8.2. Порядок выполнения работы

8.2.1. По учебнику [1, с. 23 - 27; 269 - 271] ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера и факторами, определяющими величины углов их откосов.

8.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 16. По данным заданного варианта выполнить расчет углов откоса рабочего и нерабочего бортов.

Порядок выполнения расчетов

8.2.2.1. Определяется высота рабочего борта карьера ($H_{р.б}$, м)

$$H_{р.б} = H_{у}\, n_{р.у}, \qquad (8.1)$$

где $H_{у}$ – высота уступа, м;

$n_{р.у}$ – количество рабочих уступов.

8.2.2.2. Определяется ширина рабочей площадки при погрузке горной массы в автомобильный транспорт ($Ш_{р.п}$, м)

$$Ш_{р.п} = B_{р} + C + T + S + Z + Ш_{в.б}\,, \qquad (8.2)$$

где $B_р$ – ширина развала породы, м (принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

C – безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м (2-3 м);

T – ширина транспортной полосы (проезжей части временной автодороги при двухполосном движении), м (см. прил. 13);

S – безопасное расстояние (1,5÷2,0 м) от транспортной полосы до призмы возможного обрушения;

Z – ширина призмы возможного обрушения, м;

$Ш_{в.б}$ – ширина взрывного блока, м (при однорядном взрывании $Ш_{в.б} = W$, принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

$$Z = H_у (\text{ctg}\ \alpha_у - \text{ctg}\ \alpha); \quad (8.3)$$

α – угол откоса рабочего уступа, град.;

$\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа, град. (см. прил. 16).

8.2.2.3. Определяется горизонтальное проложение откоса рабочего борта ($C_{р.б}$, м)

$$C_{р.б} = H_у\ \text{ctg}\ \alpha\ n_{р.у} + Ш_{р.п}\ (n_{р.у} - 1). \quad (8.4)$$

8.2.2.4. Определяется тангенс угла откоса рабочего борта карьера (φ)

$$\text{tg}\ \varphi = H_{р.б} / C_{р.б}. \quad (8.5)$$

8.2.2.5. Определяется величина угла откоса, град, рабочего борта φ: $\varphi = \text{arctg}\ (\text{tg}\ \varphi)$.

8.2.2.6. Определяется высота нерабочего борта карьера ($H_{н.б}$, м)

$$H_{н.б} = H_у\ n_{н.у}, \quad (8.6)$$

где $n_{н.у}$ – количество нерабочих уступов (принимается $n_{н.у} = 3$).

8.2.2.7. Определяется горизонтальное проложение откоса нерабочего борта ($C_{н.б}$, м)

$$C_{н.б} = n_{н.у}\ (H_у\ \text{ctg}\ \alpha_у + b_с) + (n_{н.у} - 1)\ b_б, \quad (8.7)$$

где $b_с$ – ширина съезда, м;

$b_б$ – ширина бермы безопасности, м ($b_б$ = 8÷10 м).

8.2.2.8. Определяется тангенс угла откоса нерабочего борта карьера (γ)

$$\text{tg}\,\gamma = H_{н.б} / C_{н.б}. \quad (8.8)$$

Затем сам угол откоса, град, нерабочего борта карьера (γ):

$$\gamma = \text{arctg}\,(\text{tg}\,\gamma). \quad (8.9)$$

8.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить разрез рабочей площадки (рис. 8.1), рабочего борта (рис. 8.2), план и разрез нерабочего борта карьера с тупиковыми съездами (рис. 8.3) в выбранном масштабе.

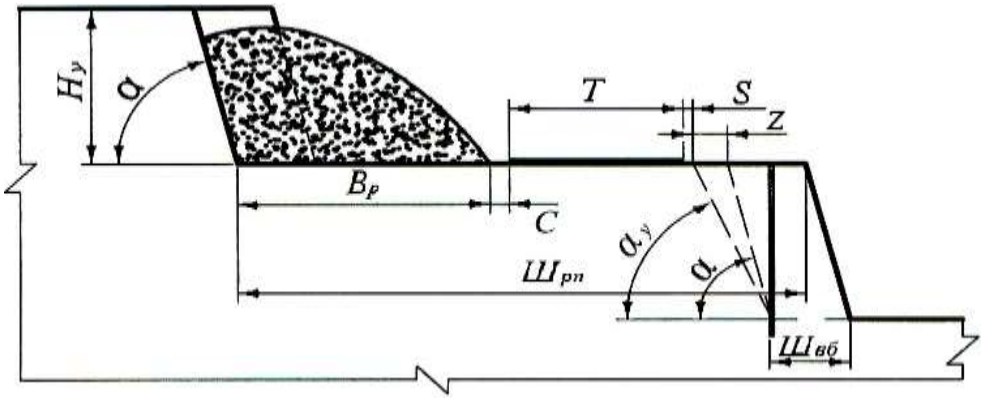


Рис. 8.1. Рабочая площадка

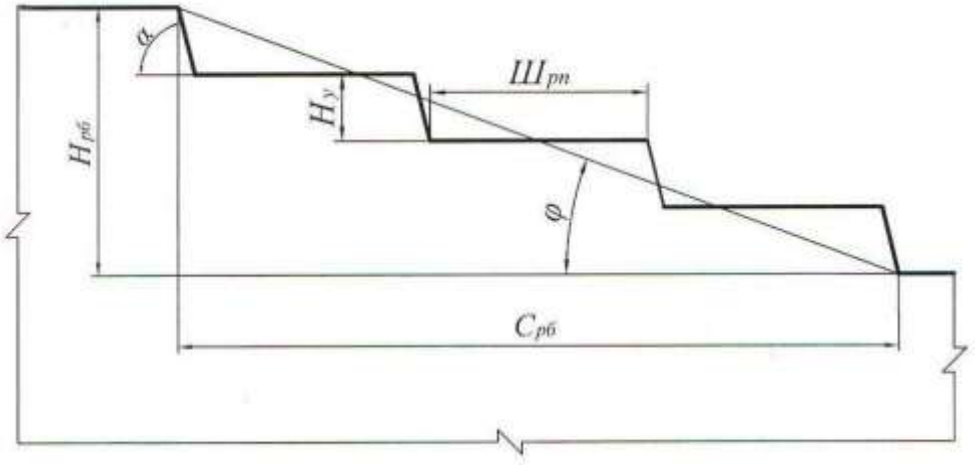
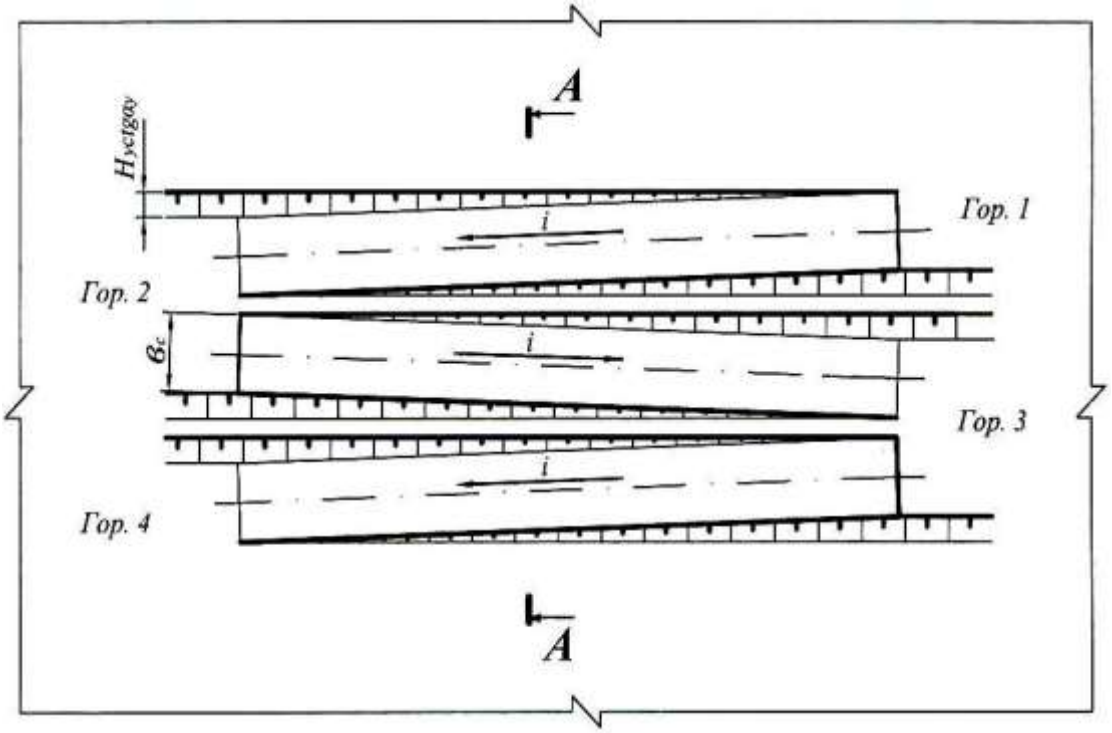


Рис. 8.2. Рабочий борт карьера

а)



б)

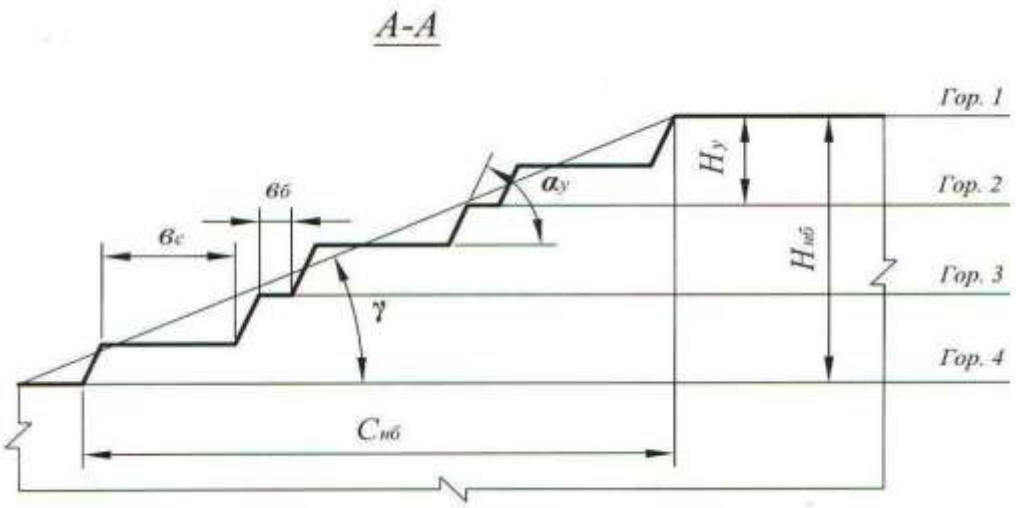


Рис. 8.3. Нерабочий борт карьера:
а – автомобильный съезд на нерабочем борту; *б* – профиль нерабочего борта

8.2.4. Исследовать зависимость угла откоса рабочего борта карьера (φ, град) от высоты уступа ($H_у$, м) или ширины рабочей площадки ($Ш_{р.п}$, м) и построить график $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Производится расчет φ для пяти значений $H_у$ и $Ш_{р.п}$. Величина аргумента задается в пределах 10 м ≤ $H_у$ ≤ 25 м и 30 м ≤ $Ш_{р.п}$ ≤ 80 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 8

1. Дайте определение рабочего и нерабочего борта карьера.
2. Из каких элементов состоят рабочий и нерабочий борт карьера?
3. Назовите параметры рабочего и нерабочего бортов карьера и их элементов.
4. Какими условиями определяется угол откоса нерабочего борта карьера?
5. От каких факторов зависит угол откоса рабочего борта карьера?
6. Из каких элементов состоит рабочая площадка (как определяется ширина рабочей площадки)?
7. Как определяется ширина призмы возможного обрушения уступа?
8. Как определить угол откоса борта карьера, если известны его высота и горизонтальное проложение?
9. Как определить горизонтальное проложение борта карьера (рабочего и нерабочего)?
10. Как определяется уклон внутрикарьерной траншеи?
11. В каких единицах измеряется уклон траншеи?

Практическая работа № 9

РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1. Задачи работы

9.1.1. Изучить технологию бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1.2. Выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2. Порядок выполнения работы

9.2.1. По учебнику [1, с. 176 - 177] ознакомиться с основными параметрами отвалов и технологией бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 17. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Порядок выполнения расчетов

9.2.2.1. Определяется требуемая площадь отвала ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{W k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \qquad (9.1)$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3 (см. прил. 17);

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 18);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 18);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Тип (категорию) складируемых пород принимать согласно прил. 17. Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина (B, м), длина (L, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$.

9.2.2.2. Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч)

$$N_о = \frac{П_в^ч k_н}{Q_п}, \qquad (9.2)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$);

$Q_п$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

$$Q_п = q/\rho, \qquad (9.3)$$

где q – вес груза в кузове автосамосвала, т (величина q принимается по результатам расчетов в практической работе № 7);

ρ – плотность пород в целике, т /м^3.

$$П_в^ч = \frac{П_в}{T_г n_{см} T_{см}},$$

где $П_в$ – годовая производительность карьера по вскрыше (см. прил. 17), м^3/год;

$T_{г}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{г}$ = 350 дн./год);

$n_{см}$ – число рабочих смен в сутки, смен/сут. ($n_{см}$ = 3 смены/сут.);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену ($T_{см}$ = 8 ч/смену).

9.2.2.3. Определяется число одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_{а.о}$, ед.)

$$N_{а.о} = N_{о} \frac{t_{р} + t_{м.р}}{60}, \qquad (9.4)$$

где $t_{р}$, $t_{м.р}$ – продолжительность разгрузки и маневровых операций при установке на разгрузку, мин. (см. прил. 13).

9.2.2.4. Определяется длина участка разгрузки ($L_{р}$, м)

$$L_{р} = N_{а.о}\, l_{п}, \qquad (9.5)$$

где $l_{п}$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, м, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, для автосамосвалов грузоподъемностью:

30 – 55 т $l_{п}$ = 30÷40 м,
80 – 130 т $l_{п}$ = 50÷60 м,
180 – 240 т $l_{п}$ = 60÷70 м.

9.2.2.5. Отвальный фронт состоит из трех участков: разгрузки, планировки и резервный.

По мере заполнения участка разгрузки и выравнивания участка планировки, последний начинает выполнять функцию первого, а участок разгрузки становится участком планировки. Если участок планировки не подготовлен, то разгрузка производится на резервном участке. Таким образом, все три участка должны иметь одинаковую длину и общая длина отвального фронта ($L_{о}$, м) определится:

$$L_{о} = 3L_{р}. \qquad (9.6)$$

9.2.2.6. Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_{б}$, м^3/смену)

$$Q_{\text{б}} = П_{\text{в}}^{\text{см}} k_{\text{н}} k_{\text{зав}}, \quad (9.7)$$

где $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену;

$$П_{\text{в}}^{\text{см}} = П_{\text{в}}^{\text{ч}} T_{\text{см}}, \quad (9.8)$$

где $k_{\text{зав}}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 18).

9.2.2.7. Выбирается модель бульдозера (см. прил. 19) и определяется число бульдозеров в работе ($N_{\text{б}}$, ед.):

$$N_{\text{б}} = Q_{\text{б}} / П_{\text{б}}, \quad (9.9)$$

где $П_{\text{б}}$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 19).

9.2.2.8. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{\text{б.и}}$, ед.)

$$N_{\text{б.и}} = 1{,}4\, N_{\text{б}}, \quad (9.10)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

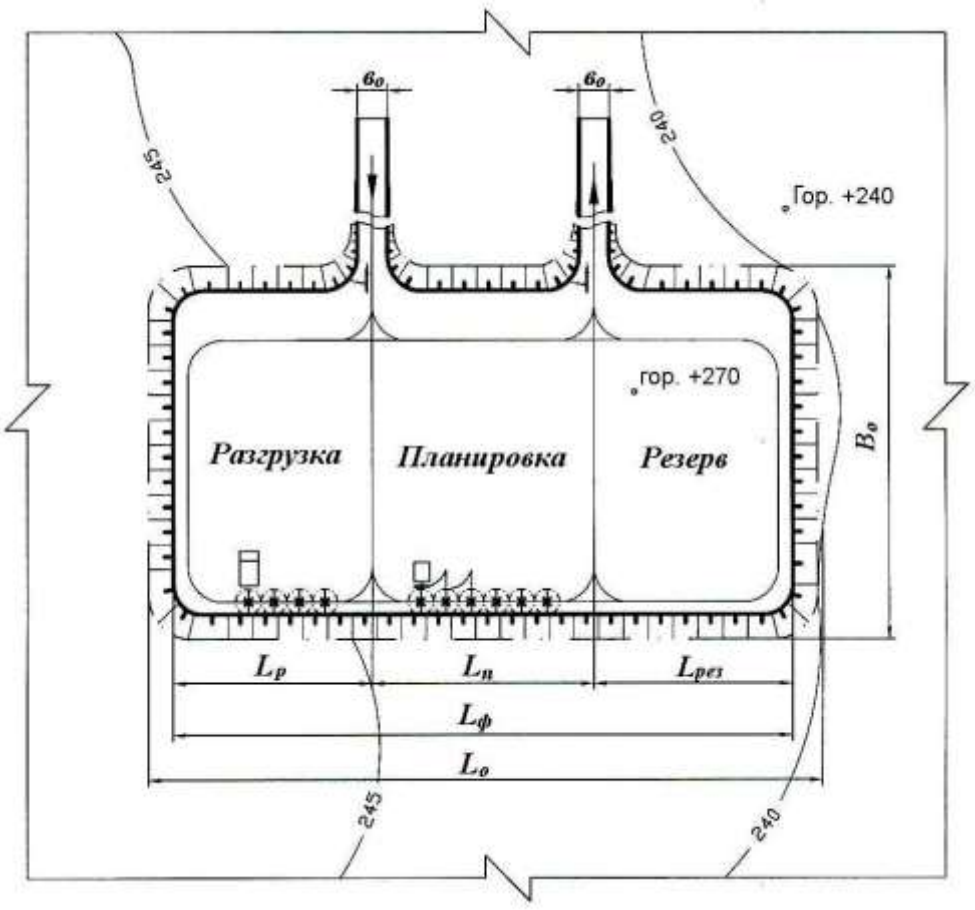


Рис. 9.1. План бульдозерного отвала

9.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить план бульдозерного отвала с выделением рабочих участков, участков, находящихся в планировке, и резервных участков (см. рис. 9.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы результаты расчетов, а также план бульдозерного отвала на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 9

1. Перечислите способы отвалообразования, применяемые при открытой разработке месторождений.
2. В чем заключается отличительный признак бульдозерного отвалообразования?
3. Перечислите достоинства и недостатки бульдозерного отвалообразования.
4. Перечислите параметры отвалов.
5. От каких факторов зависит высота яруса отвала?
6. Перечислите операции технологии бульдозерного отвалообразования.
7. Перечислите параметры технологии бульдозерного отвалообразования.
8. Из каких участков состоит фронт отвальных работ при бульдозерном отвалообразовании?
9. Как соотносятся между собой размеры участков фронта отвальных работ?
10. От каких факторов зависит длина участка разгрузки?
11. Как определить количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на участке разгрузки?
12. Как определить объем бульдозерных работ по формированию отвала (по планировке вскрышных пород на отвале)?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Хохряков, В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. *Томаков, П. И.; Наумов, И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков, И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. *Пахомов, Е. М..; Буянов, М. И.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов, М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. *Русский, И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.

Приложение 1

Исходные данные к практической работе № 1 «Графическое изображение элементов горных работ»

Таблица П.1.1

Графическое изображение забоев и уступов

Номер варианта	Уступ			Забой												
	тип уступа, м	высота $H_р$, м	угол откоса, A, град	тип забоя	высота уступа, $H_у$, м	высота развала, $H_р$, м	ширина развала, $B_р$, м	ширина взрывной заходки, $B_б$, м	ширина заходки экскаватора (забоя), $A_э$, м	угол откоса, град		$R_{ч.у}$, м	$R_{ч.мах,}$, м	R_1, м	R_2, м	$H_{сл}$, м
										забоя, F	уступа, A					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Вскрышной	12	70	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	13	65	70	9,04				
	Склад руды	10	60	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	40	65		71,4			
2	Рудный	12	75	Экскаваторный (мехлопата)	15	16	26	17	13	70	80	13,5				
	Отвал	25	55	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	20	60	65	13,5				
3	Сложный (руда и порода)	7,5	78	Экскаваторный (роторный)	10		Без БВР	-	20	60	60			15	16	2
	Отвал	30	55	бульдозерный	7		Без БВР	-	30	20	65					
4	Вскрышной	15	75	бульдозерный	5		Без БВР	-	30	10	65					
	Склад руды	12	55	Экскаваторный (драглайн)	35		Без БВР	-	25	30	60		83,0			
5	Рудный	12	80	Экскаваторный (роторный)	17		Без БВР	-	25	60	60			21	24	4
	Отвал	25	50	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	35	55		91,5			
6	Вскрышной	20	80	Бульдозерный	3		Без БВР	-	25	10	65					
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	15	45	30	15	50	80	12,6				

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	Сложный	7,5	70	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	30	60		94,8			
	Вскрышной	35	50	Экскаваторный (роторный)	15	15	Без БВР	-	24	55	55			21	24	
8	Рудный	15	75	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	20	60	65	13,5				
	Отвал	30	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	18	45	70	12,6				
9	Вскрышной	12	60	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	30	40	65		71,4			
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	14	55	60	14,3				
10	Рудный	12	80	Бульдозерный	5		Без БВР	-	35	10	65					
	Отвал	25	55	Экскаваторный (роторный)	17		Без БВР	-	28	60	65	14,3				
11	Вскрышной	15	65	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	45	32	15	55	75	14,3				
	Склад руды	12	50	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	16	50	80	12,6				
12	Рудный	15	80	Экскаваторный (драглайн)	40	40	Без БВР	-	30	30	60		91,5			
	Отвал	25	55	Экскаваторный (мехлопата)	15	15	Без БВР	-	20	55	65	15,2				
13	Сложный	7,5	65	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	36	24	12	55	75	14,3				
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-	35	15	65					
14	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (роторный)	16		Без БВР	-	25	60	60			18	24	8
	Склад руды	15	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	9	45	70	12,6				
15	Рудный	20	75	Бульдозерный	10		Без БВР	-	40	18	65					
	Отвал	20	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	13	55	65	12,6				
16	Сложный	7,5	80	Бульдозерный	10	10	Без БВР	-	40	20	60					
	Отвал	25	50	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	30	60		71,4			

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
17	Вскрышной	15	75	Экскаваторный (мехлопата)	12	14	36	24	18	45	70	12,6				
	Склад руды	15	55	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	22	55	65	15,2				
18	Рудный	15	80	Бульдозерный	7		Без БВР	-	35	20	65					
	Отвал	25	50	Экскаваторный (роторный)	20		Без БВР	-	34	60	60			29	33	5
19	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (драглайн)	45		Без БВР	-	25	35	60		91,5			
	Склад руды	10	60	Бульдозерный	5	5	Без БВР	-		15	60					
20	Сложный	10	70	Экскаваторный (мехлопата)	15	12	28	6	12	55	75	14,3				
	Отвал	30	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-		17	65					
21	Рудный	12	70	экскаваторный (мехлопата)	15	15	28	8	14	55	75	14,3				
	Отвал	35	50	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	30	45	65		91,5			
22	Вскрышной	12	65	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	45	60		83,0			
	Склад руды	12	50	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	8	55	65	9,04				
23	Рудный	15	70	экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	45	65		91,5			
	Отвал	25	50	Экскаваторный (роторный)	18		Без БВР	-	27	65	65			18	26	8
24	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	60	30	20	55	80	14,3				
	Склад руды	12	55	Бульдозерный	3		Без БВР	-	40	10	60					
25	Рудный	15	65	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	12	55	65	9,04				
	Отвал	25	50	Экскаваторный (мехлопата)	15	12	28	6	14	50	80	14,3				
26	Сложный	12	70	Экскаваторный (драглайн)	30	30	Без БВР	-	25	45	65		71,4			
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-	20	20	55					

Окончание табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
27	Рудный	15	80	Бульдозерный	7		Без БВР	-	25	18	60					
	Отвал	15	55	Экскаваторный (роторный)	16		Без БВР	-	25	65	65			18	26	8
28	Вскрышной	15	75	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	30	45	60		83,5			
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	9	24	7	12	45	70	12,6				
29	Сложный	7,5	70	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	12	50	60	9,04				
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	7		Без БВР	-	30	8	55					
30	Рудный	15	80	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	12	55	60	15,2				
	Отвал	40	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	14	48	32	16	45	70	12,6				

Таблица П.1.2

Графическое изображение траншей и съездов

Номер варианта	Горизонтальная траншея								Наклонная траншея					
	тип траншеи	уклон косогора, Y, град	внешний радиус серпантины, $R_{вн}$, м	радиус поворота трассы, R, м	глубина траншеи, $H_{тр}$, м	ширина траншеи, $B_{тр}$, м	длина траншеи, $L_{тр}$, м	угол откоса борта траншеи, G, град	тип траншеи	ширина траншеи, $B_{тр}$, м	уклон траншеи, i, %	число вскрываемых уступов, ед.	высота уступа, $H_{у}$, м	угол откоса борта траншеи, G, град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	На косогоре	10			20	25		65	Съезд	25	4	1	10	75
	Внутри карьера				15	25	500	70	Крутая траншея	22	32	3	10	60
2	Серпантина	40	45	30		25		75	Внешняя траншея	25	6	1	12	50
	На косогоре	15			25	30	350	60	Съезд	30	8	1	10	65
3	На косогоре	12			10	18	400	60	Внешняя траншея	18	4	1	15	60
	Серпантина	35	60	35		30		70	Крутая траншея	25	27	3	17	70
4	Серпантина	45	60	35		25		80	Внешняя групповая траншея	25	4	2	10	70
	Внутри карьера				10	35	500	80	Съезд	35	10	1	15	75

Продолжение табл. П.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	Серпантина	30	45	30		20		70	Съезд	20	6	1	12	50
6	На косогоре	13			20	30		60	Внешняя групповая траншея	30	4	3	10	55
	Внутри карьера				15	30	700	70	Крутая траншея	24	27	8	12	60
7	Внутри карьера				10	22	500	80	Съезд	25	10	1	15	75
	Серпантина	60	50	30		22		75	Крутая траншея	25	32	6	12	75
8	На косогоре	10			17	28		55	Внешняя траншея	30	8	1	15	75
	Серпантина	50	50	30		30		70	Съезд	30	10	1	12	65
9	На косогоре	8			12	25		60	Внешняя траншея	24	4	1	15	60
	Внутри карьера				15	22	550	65	Крутая траншея	22	32	4	12	65
10	Серпантина	30	45	30		25		75	Внешняя групповая траншея	22	4	2	10	70
	На косогоре	11			17			60	Съезд	22	4	1	20	55
11	Внутри карьера				10	30	100	75	Съезд	26	6	1	20	75
	Серпантина	50	60	35		25		75	Внешняя групповая траншея	26	6	3	12	60
12	Внутри карьера				15	22	200	65	Внешняя траншея	28	8	1	17	65
	На косогоре	12			25	30		50	Крутая траншея	24	32	6	12	50
13	Серпантина	45	50	30		28		65	Съезд	30	8	1	15	60
	На косогоре	12				28		50	Крутая траншея	24	27	5	15	55
14	Внутри карьера				12	22	700	70	Внешняя траншея	32	8	1	12	60
	Серпантина	30	50	35		30		75	Съезд	30	8	1	12	75
15	На косогоре	15			15	25		60	Съезд	30	10	1	10	75
	Серпантина	45	50	35		30		70	Крутая траншея	22	27	4	10	60
16	Внутри карьера				15	22	250	65	Внешняя траншея	22	4	1	15	65
	Серпантина	35	50	35		25		70	Съезд	24	6	1	15	70
17	Внутри карьера				12	25	300	80	Внешняя траншея	24	6	1	17	70
	На косогоре	10			17	28		75	Крутая траншея	24	32	6	12	65
18	На косогоре	15			25	30		60	Внешняя групповая траншея	25	4	2	12	65
	Серпантина	40	50	35		25		65	Съезд	22	4	1	12	80

Окончание табл. П.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19	Серпантина	60	60	40		25		75	Съезд	28	8	1	15	75
	Внутри карьера				17	22	700	70	Внешняя тран-шея	28	8	1	20	60
20	Внутри карьера				7,5	22	450	65	Внешняя тран-шея	25	6	1	20	60
	На косогоре	12			20	30		50	Крутая траншея	24	27	8	15	55
21	На косогоре	8			12	30		55	Съезд	24	8	1	20	70
	Внутри карьера				10	28	500	75	Крутая траншея	22	27	8	10	65
22	На косогоре	8			10	25		50	Внешняя тран-шея	30	8	1	15	60
	Внутри карьера				12	25	700	80	Съезд	28	8	1	17	70
23	Серпантина	50	60	40		28		75	Съезд	30	8	1	12	70
	На косогоре	10			15	24		55	Крутая траншея	24	32	7	12	60
24	На косогоре	8			15	24		70	Внешняя тран-шея	26	8	1	15	65
	Серпантина	40	50	30		24		75	Съезд	26	10	1	12	75
25	Серпантина	60	70	40		25		65	Внешняя тран-шея	22	4	1	17	60
	Внутри карьера				10	30	300	75	Крутая траншея	22	32	4	8	55
26	Серпантина	30	60	35		25		75	Внешняя груп-повая траншея	20	4	3	10	75
	На косогоре	8			12	25		65	Съезд	22	6	1	15	80
27	На косогоре	10			12	30		75	Съезд	28	10	1	17	80
	Внутри карьера				7	30	600	65	Внешняя тран-шея	30	8	1	17	70
28	Внутри карьера				15	30	600	75	Внешняя груп-повая траншея	24	6	3	12	60
	Серпантина	30	50	30		25		80	Крутая траншея	24	27	5	12	60
29	На косогоре	12			15	25		63	Съезд		8	1	15	70
	Серпантина	50	60	35		30		75	Крутая траншея	22	32		15	55
30	На косогоре	15			25	25		58	Внешняя тран-шея	26	8	1	17	60
	Внутри карьера				20	25	500	70	Съезд	26	8	1	17	70
31	Серпантина	55	50	30		25		80	Съезд	28	8	1	15	70
	На косогоре	15			22	25		60	Крутая траншея	22	32	6	12	65
32	Внутри карьера				10	30	280	70	Внешн. траншея	24	4	1	17	65
	Серпантина	55	40	25		23		70	Съезд	26	6	1	12	70

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 2
«Определение объема капитальных траншей»

Вариант	$h_т$, м	$b_т$, м	i, ед.	$\alpha_т$, град	Исследуемая зависимость
1	5	10	0,025	35	$V_т = f(b_т)$
2	6	12	0,030	40	$V_т = f(\alpha_т)$
3	8	16	0,040	41	$V_т = f(b_т)$
4	16	50	0,060	65	$V_т = f(i)$
5	15	22	0,055	25	$V_т = f(\alpha_т)$
6	35	29	0,060	50	$V_т = f(b_т)$
7	45	26	0,080	65	$V_т = f(\alpha_т)$
8	55	10	0,100	35	$V_т = f(h_т)$
9	54	18	0,110	37	$V_т = f(i)$
10	18	11	0,035	34	$V_т = f(\alpha_т)$
11	41	22	0,085	62	$V_т = f(h_т)$
12	26	17	0,036	40	$V_т = f(i)$
13	37	44	0,085	43	$V_т = f(h_т)$
14	19	23	0,040	38	$V_т = f(i)$
15	82	30	0,120	49	$V_т = f(b_т)$
16	66	38	0,066	62	$V_т = f(\alpha_т)$
17	45	34	0,040	51	$V_т = f(h_т)$
18	75	40	0,080	45	$V_т = f(h_т)$
19	67	20	0,080	37	$V_т = f(i)$
20	25	25	0,035	30	$V_т = f(b_т)$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 3
«Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого коэффициента вскрыши»

Вариант	L, м	M, м	$H_к$, м	$h_н$, м	$\rho_{п.и}$, т/м^3	$\gamma_{ср}$, град	$\eta_и$	$П_{п.и}$, млн т/год
1	1200	300	350	45	2,8	40	0,92	10,7
2	1500	400	460	40	2,9	39	0,93	20,9
3	1700	500	170	20	3,0	38	0,94	12,8
4	1600	450	280	30	3,1	36	0,92	16,1
5	1400	350	390	40	3,2	35	0,93	14,0
6	1300	250	200	20	3,3	34	0,94	6,1
7	1900	550	210	30	3,2	33	0,93	17,9
8	1800	180	220	40	3,1	32	0,94	5,8
9	1900	280	330	30	3,0	31	0,95	15,4
10	2000	380	240	10	2,9	40	0,96	15,1
11	2200	200	450	25	3,1	41	0,97	20,0
12	1300	100	210	40	3,4	42	0,92	2,5
13	1500	250	180	15	2,1	43	0,93	4,5
14	1900	150	250	30	2,8	44	0,94	5,7
15	1200	230	320	45	2,7	45	0,92	7,9
16	1800	210	280	20	2,5	44	0,94	9,1
17	2200	190	345	25	3,0	43	0,95	13,2
18	1900	245	360	35	1,9	40	0,92	8,7
19	2100	320	500	10	2,7	39	0,93	9,9
20	1600	195	370	12	2,5	38	0,95	9,7

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 4
«Расчет заряда одиночной скважины»

Расчет проводится для станков шарошечного бурения (СБШ), пород II – IV классов по буримости и взрываемости, III – IV категорий по трещиноватости, сухих вертикальных скважин, сплошных колонковых зарядов.

Вариант	$d_д$, мм	f	$H_у$, м	$\alpha_р$, град	Тип ВВ	Δ, кг/дм^3	q', кг/м^3	$K_{ВВ}$	$\alpha_у$, град
1	214	9,7	10	65	Граммонит 79/21	0,9	0,85	1,00	55
2	190	8,0	10	70	Граммонит 79/21	0,9	0,80	1,00	55
3	243	14,0	12	65	Граммонит 79/21	0,9	0,95	1,00	55
4	320	15,9	12	70	Граммонит 79/21	0,9	1,10	1,00	55
5	243	12,0	15	70	Ифзанит Т-80	1,0	0,90	1,08	55
6	214	8,7	15	75	Ифзанит Т-80	1,0	0,80	1,08	55
7	320	14,5	18	75	Ифзанит Т-80	1,0	1,20	1,08	55
8	214	9,0	18	80	Ифзанит Т-80	1,0	0,85	1,08	55
9	190	8,5	10	75	Игданит	1,0	0,80	1,13	55
10	269	11,4	15	80	Игданит	1,0	0,90	1,13	55
11	320	16,4	20	65	Граммонит 50/50	1,0	1,20	1,01	55
12	320	15,2	10	70	Граммонит 50/50	1,0	1,20	1,01	55
13	269	11,2	15	65	Граммонит 50/50	1,0	1,15	1,01	55
14	190	8,0	20	70	Граммонит 50/50	1,0	0,75	1,01	55
15	269	10,0	12	70	Ифзанит	1,0	0,80	1,08	55
16	190	16,0	10	80	Ифзанит	1,0	1,20	1,08	55
17	320	16,4	12	65	Ифзанит	1,0	1,20	1,08	55
18	214	14,5	20	70	Граммонит 79/21	0,9	1,15	1,00	55
19	269	15,0	15	70	Граммонит 79/21	0,9	1,20	1,00	55
20	214	8,0	20	75	Граммонит 79/21	0,9	0,80	1,00	55

Приложение 5

Значение коэффициента $k_{разб}$ в зависимости от крепости пород

Крепость пород, f	2	4	6	8 - 10	12 - 14	16
$k_{разб}$	1,00	1,05	1,04	1,037 - 1,031	1,03 - 1,021	1,02

Приложение 6

Значение коэффициента $k_з$

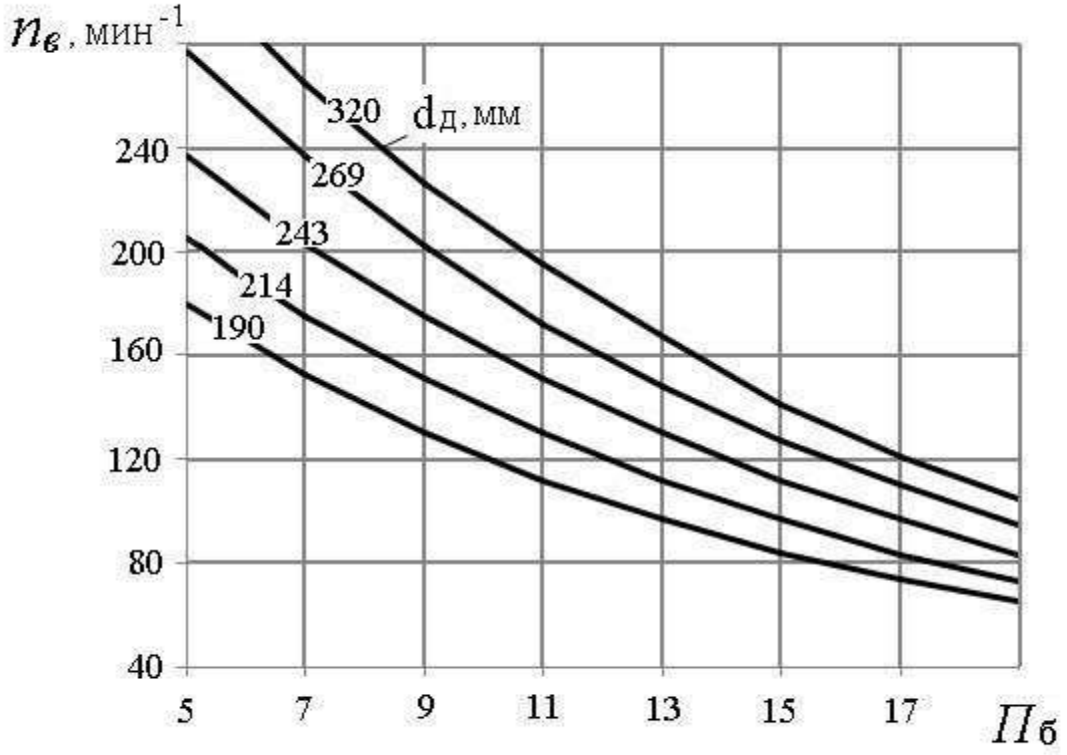
Время замедления, τ, мс	0	10	25	50	75 и более
$k_з$	1	0,95	0,90	0,85	0,80

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 5
«Расчет производительности бурового станка»

Вариант	$d_д$, мм	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{сд}$, МПа	ρ, т/м^3	$T_{см}$, ч/смен	$T_в$, ч/м	$(T_{п.з} + T_р)$, ч/смен
1	214	97	13	3,4	8	0,03	0,5
2	190	80	9	3,0	12	0,03	0,7
3	243	140	14	3,8	8	0,04	0,6
4	320	159	16	2,7	12	0,04	0,7
5	243	120	10	2,5	8	0,05	0,5
6	214	87	10	3,9	12	0,05	0,7
7	320	145	17	3,7	8	0,03	0,6
8	214	90	10	2,7	12	0,03	0,7
9	190	95	17,5	2,8	8	0,04	0,5
10	269	113,5	8,5	2,9	12	0,04	0,7
11	320	164	8,5	3,1	8	0,05	0,6
12	320	152	9	4,0	12	0,05	0,7
13	269	112	14	3,4	8	0,03	0,5
14	190	80	8	2,3	12	0,03	0,7
15	269	100	15	2,4	8	0,04	0,6
16	190	160	10	3,2	8	0,03	0,7
17	320	164	9	2,7	12	0,04	0,6
18	214	145	16	2,3	8	0,03	0,5
19	269	150	15	3,1	12	0,04	0,7
20	214	80	12	2,5	8	0,05	0,6

Приложение 8

Зависимость оптимальной скорости вращения $n_в$ бурового става станков СБШ от $П_б$ и $d_д$



Приложение 9

Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород

$П_б$	≥ 8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

Приложение 10

Исходные данные для расчетов к практической работе № 6
«Расчет производительности карьерных экскаваторов»

Вариант	Модель экскаватора	Категория пород по трудности экскавации	β, град	$T_{см}$, ч/смен	$n_г$, дней/год	Вид транспорта	$k_и$
1	ЭКГ-3,2	III	90	8	260	Авто	0,75
2	ЭКГ-5А	IV	130	12	260	Ж.-д.	0,60
3	ЭКГ-8И	V	120	8	250	Авто	0,72
4	ЭКГ-6,3УС	III	100	12	250	Ж.-д.	0,63
5	ЭКГ-5А	IV	120	8	250	Авто	0,74
6	ЭКГ-8И	V	130	12	250	Ж.-д.	0,68
7	ЭКГ-6,3УС	III	120	8	250	Авто	0,75
8	ЭКГ-12,5	IV	110	12	230	Ж.-д.	0,65
9	ЭКГ-3,2	V	90	8	260	Авто	0,73
10	ЭКГ-5А	III	120	12	240	Ж.-д.	0,68
11	ЭКГ-6,3УС	IV	130	8	240	Авто	0,75
12	ЭКГ-8И	V	140	12	240	Ж.-д.	0,63
13	ЭКГ-12,5	III	150	8	250	Авто	0,73
14	ЭКГ-20	IV	90	12	230	Ж.-д.	0,64
15	ЭКГ-5А	V	120	8	240	Авто	0,74
16	ЭКГ-3,2	III	110	12	260	Ж.-д.	0,65
17	ЭКГ-5А	IV	115	8	240	Авто	0,75
18	ЭКГ-6,3УС	V	140	12	250	Ж.-д.	0,68
19	ЭКГ-8И	III	95	8	240	Авто	0,74
20	ЭКГ-12,5	IV	115	12	250	Ж.-д.	0,63

Приложение 11

Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность пород в целике ρ, т/м^3	$k_р$	$k_н$
I	1,6	1,15	1,05
II	1,8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2,5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

Приложение 12

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 7
«Определение производительности карьерных автосамосвалов»

Вариант	Категория пород (по ЕНВ)	Параметры трассы		Исследуемая зависимость
		L, км	$H_{п}$, м	
1	I	1,2	20	$Q_{а} = f(L)$
2	II	4,0	80	$Q_{а} = f(H_{п})$
3	III	1,4	40	$Q_{а} = f(L)$
4	IV	3,8	20	$Q_{а} = f(H_{п})$
5	V	1,6	60	$Q_{а} = f(L)$
6	I	3,6	200	$Q_{а} = f(H_{п})$
7	II	1,8	100	$Q_{а} = f(L)$
8	III	3,4	120	$Q_{а} = f(H_{п})$
9	IV	2,0	60	$Q_{а} = f(L)$
10	V	3,2	140	$Q_{а} = f(H_{п})$
11	I	2,2	80	$Q_{а} = f(L)$
12	II	3,0	140	$Q_{а} = f(H_{п})$
13	III	2,4	140	$Q_{а} = f(L)$
14	IV	2,8	60	$Q_{а} = f(H_{п})$
15	V	2,6	160	$Q_{а} = f(L)$
16	I	4,0	200	$Q_{а} = f(H_{п})$
17	II	1,0	20	$Q_{а} = f(L)$
18	III	1,4	60	$Q_{а} = f(H_{п})$
19	IV	1,8	80	$Q_{а} = f(L)$
20	V	3,6	220	$Q_{а} = f(H_{п})$

Приложение 13

Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала				
	БелАЗ - 7540	БелАЗ - 7548	БелАЗ - 7549	БелАЗ - 7514	БелАЗ - 7521
Грузоподъемность, $q_а$, т……..	30,0	42,0	80,0	120,0	180,0
Собственная масса, $G_а$, т…….	21,9	29,5	67,0	95,0	163,0
Геометрическая вместимость кузова, $V_а$, м^3…….	15,0	21,0	35,0	47,0	84,0
Вместимость кузова «с шапкой», $V'_а$, м^3 ……	18,0	26,0	46,0	61,0	110,0
К. п. д. трансмиссии, $\eta_т$ ……..	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Мощность двигателя, $N_д$, кВт…….	310	368,0	809	1029,0	1691
Продолжительность, мин:					
маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$ …….	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
разгрузки, $t_р$ …….	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, T, м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

Приложение 14

Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов ($k_{т.г}$)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, $L_с$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110 – 180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов ($v_{ср.т}$), км/ч

Расстояние, L, км	Высота подъема горной массы, $H_п$, м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	
3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 8
«Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»

Вариант	$H_у$, м	$n_{ру}$	α, град	$\alpha_у$, град	$b_с$, м	i, ед	Исследуемая зависимость φ от следующих параметров
1	10	3	65	55	16	0,08	$\varphi = f(H_у)$
2	10	4	70	55	12	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
3	12	5	65	52	15	0,06	$\varphi = f(H_у)$
4	12	3	70	64	20	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
5	15	4	70	60	15	0,04	$\varphi = f(H_у)$
6	15	5	75	67	18	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
7	18	3	75	70	12	0,03	$\varphi = f(H_у)$
8	18	4	80	70	10	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
9	10	5	75	68	15	0,06	$\varphi = f(H_у)$
10	15	3	80	69	16	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
11	20	4	65	57	12	0,04	$\varphi = f(H_у)$
12	10	5	70	60	13	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
13	15	3	65	57	10	0,03	$\varphi = f(H_у)$
14	20	4	70	65	15	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
15	12	5	70	59	16	0,06	$\varphi = f(H_у)$
16	10	3	80	68	17	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
17	12	4	65	58	18	0,04	$\varphi = f(H_у)$
18	20	5	70	60	15	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
19	15	3	70	60	12	0,08	$\varphi = f(H_у)$
20	20	4	75	60	13	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$

Приложение 17

Исходные данные к практической работе № 9
«Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»

Вариант	W, млн м^3	$П_{в}^{г}$, млн м^3/год	Характеристика складируемых пород	
			тип	ρ, т/м^3
1	160	8,0	Рыхлые	1,6
2	180	9,0	Полускальные	1,8
3	200	10,0	Полускальные	2,0
4	220	11,0	Скальные	2,5
5	120	5,0	Скальные	3,5
6	140	6,0	Рыхлые	1,6
7	185	7,5	Полускальные	1,8
8	260	12,5	Полускальные	2,0
9	170	8,5	Скальные	2,5
10	210	9,5	Скальные	3,5
11	250	13,0	Рыхлые	1,6
12	280	13,5	Полускальные	1,8
13	300	14,0	Полускальные	2,0
14	320	14,5	Скальные	2,5
15	195	9,0	Скальные	3,5
16	100	5,0	Рыхлые	1,6
17	150	7,5	Полускальные	1,8
18	200	9,4	Полускальные	2,0
19	210	8,3	Скальные	2,5
20	240	12,7	Скальные	3,5

Приложение 18

Значение коэффициентов $k_{\text{р}}^{\text{о}}$, $k_{\text{зав}}$ и высоты яруса $h_{\text{я}}$

Породы	$h_{\text{я}}$, м	Значения коэффициентов	
		$k_{\text{р}}^{\text{о}}$	$k_{\text{зав}}$
Скальные …….	30 - 60	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные ……...	20 - 40	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые ……	15 - 20	1,05 - 1,07	0,9

Приложение 19

Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, м^3		
	рыхлые	полускальные	скальные
Д-685 на базе Т-100М	1100	950	750
ДЗ-27 на базе Т-130	1500	1300	1000
Д-575 на базе Т-180	1900	1650	1300
ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М	2200	1850	1500
ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01	4740	4000	3230
D10N (фирма «Катерпиллер»)	3730	3130	2536
D11N (фирма «Катерпиллер»)	5510	4630	3750

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Разработки месторождений открытым способом	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 349 от 17.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА…….4
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ……..…5
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы – 89 часов, заочной – 151 часов.

По курсу «Открытая геотехнология» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

Контрольные вопросы и упражнения предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «*Открытая геотехнология*». Она содержит названия 7 основных тем с указанием основных вопросов и разделов темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА.
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема № 1. Способы добычи полезных ископаемых, их достоинства и недостатки.

Способы добычи полезных ископаемых. Достоинства и недостатки открытой разработки. Сырьевая база горного производства. Технологические свойства горных пород. Элементы и формы залегания месторождений. Продукция горного производства, запасы, качество, потери полезного ископаемого ([1], С. 9-23).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные способы добычи полезных ископаемых?
2. Перечислите достоинства и недостатки открытой разработки?
3. . Перечислите технологические свойства горных пород?
4. Что является продукцией горного предприятия и как определяется ее качество?

Тема № 2. Основные горнотехнические понятия, термины и определения. Элементы карьера и уступа.

Карьер, земельный отвод и горный отвод. Открытые горные выработки. Элементы уступа. Рабочая площадка. Элементы карьера. ([1], С. 23-30).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называют карьером, земельным отводом и горным отводом?
2. Перечислите основные горные выработки?
3. Изобразите уступ и перечислите его элементы?
4. Изобразите карьер и перечислите его элементы?

Тема № 3. Подготовка горных пород к выемке.

Механическое рыхление горных пород. Способы и технические средства бурения взрывных скважин. Типы буровых станков. Конструкция взрывных скважин. Взрывчатые вещества. Средства взрывания Расчет параметров буровзрывных работ. Техника безопасности при производстве буровзрывных работ. ([1], С. 45-70).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как и когда осуществляется механическое рыхление пород?

2. Перечислите способы и технические средства бурения взрывных скважин?

3. Перечислите типы буровых станков и условия их применения?

4. Изобразите взрывную скважину и опишите ее конструкцию?

5. Перечислите взрывчатые вещества, применяемые на ОГР и их состав?

6. Перечислите средства взрывания?

7. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве буровзрывных работ?

Тема № 4. Выемочно-погрузочные работы.

Классификация, принцип действия и область применения выемочно-погрузочного оборудования, его основные параметры. Паспорт забоя экскаватора. Расчет производительности и показателей работы выемочно-погрузочного оборудования. Техника безопасности при производстве выемочно-погрузочных работ. ([1], С. 83-134).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите и опишите основное выемочно-погрузочное оборудование, применяемое на ОГР?

2. Вычертите паспорт забоя карьерного экскаватора?

3.Перечислите какие параметры и факторы влияют на производительность экскаватора?

4. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве выемочно-погрузочных работ

Тема № 5. Транспортирование горной массы.

Виды карьерного транспорта. Условия и область применения различных видов транспорта. Транспортные машины. Схемы транспортирования. Расчет показателей работы транспортных машин. Техника безопасности при работе карьерного транспорта. ([1], С. 135-155).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите основные виды карьерного транспорта и опишите условия их применения?

2.Перечислите какие параметры и факторы влияют на производительность транспортных машин?

3. Перечислите основные требования техники безопасности при работе карьерного транспорта?

Тема № 6. Отвалообразование.

Способы отвалообразования. Механизация отвальных работ при различных видах транспорта на вскрышных работах. Техника безопасности при производстве отвальных работ. ([1], С. 160-179).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите основные способы отвалообразования?

2.Перечислите оборудование, которое используется при отвалообразовании?

3. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве отвальных работ?

Тема № 7. Вскрытие и системы разработки месторождений.

Системы разработки месторождений и их классификация. Основные элементы системы разработки. Расчет их параметров. Виды вскрывающих выработок. Параметры и способы проходки траншей. ([1], С. 231-277).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Приведите классификацию систем разработки при ОРГ?

2. Назовите основные элементы системы разработки и их параметры?

3. Перечислите вскрывающие выработки?

4. Назовите основные параметры траншей?

5. Назовите основные способы проходки траншей?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. 336 с.

2. Половов Б.Д., Химич А.А., Валиев Н.Г. Основы горного дела: общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии: учебник для вузов / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. горный ун-т». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. 789 с.

3. Ржевский В.В. Открытые горные работы: производственные процессы: учебник.8-е изд. . М:- : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 512 с.

4. Ржевский В.В. Открытые горные работы: технология и комплексная механизация: учебник.8-е изд.. М:- : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. 552 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Кокарев К.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Горного дела	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Валиев Н.Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 16.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

«ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» Методическое пособие по выполнению контрольной работы студентами специальности 21.05.04 Горное дело / К.В. Кокарев Уральский государственный горный университет. Кафедра горного дела - Екатеринбург. Изд. УГГУ. 2019 г. - 44 с.

В методических указаниях изложены общие положения, требования и содержание контрольной работы, включающие определение запасов, годовой производительности и срока службы рудника, обоснование способа вскрытия месторождения, расчет параметров и общих показателей проведения главной откаточной выработки. Исходные данные выдаются преподавателем.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры горного дела (протокол №7 от 17.04.19 г) и рекомендованы для издания в УГГУ.

© Уральский государственный горный университет 2019 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ	4
2. СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	6
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ	6
3.1. Подсчет запасов	6
3.2. Определение годовой производительности и срока существования предприятия	9
3.3. Система разработки	16
3.4. Выбор способа вскрытия	17
3.5. Выбор схемы подготовки шахтного поля	25
3.6. Расчет проходки горной выработки	28
4. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ	38
5.СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	44

ВВЕДЕНИЕ

Цель выполнения контрольной работы состоит в том, чтобы:

- способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентом в процессе изучения курса "Подземная геотехнология".

- научить студента правильно применять приобретенные знания для комплексного решения инженерно-технических задач, связанных с подземной разработкой месторождений в конкретных горнотехнических условиях.

- способствовать закреплению навыков работы студентов с учебной и справочной литературой.

Контрольная работа выполняется по разработке месторождения применительно к условиям, содержащимся в задании.

Варианты задания представляются в виде заполненного стандартного бланка, в котором отражены горнотехнические условия разработки месторождения. В задании указывается место расположения обогатительной фабрики, приводятся сведения о рельефе поверхности, наличие на поверхности в зоне влияния горных работ охраняемых природных объектов или сооружений, даются указания о наличии участка некондиционных полезных ископаемых и т.д. В текстовой части задания приводятся сведения о величине углов сдвижения пород, крепости и устойчивости полезного ископаемого и пород, мощности ПИ, а также некоторые дополнительные данные, характеризующие индивидуальные особенности условий разработки, которые необходимо учитывать при выполнении работы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

Основанием для выполнения контрольной работы является задание на проектирование, выдаваемое студенту. Работа выполняется в сроки, установленные учебным планом.

Контрольная работа состоит из чертежа и пояснительной записки к нему. В записке приводятся необходимые описания, обоснования и расчеты. Законченная работа должна быть подписана студентом и сдана руководителю на проверку.

1.1. Оформление графической части работы

Графическая часть выполняется на листе формата А1 (594х841 мм); а схемы, рисунки и графики прилагаемых к записке, на листах формата А4 (210х297 мм).

При размещении на листе нескольких чертежей его поле разбивается на зоны согласно ГОСТ 2.104-68.

Графика выполняется в системе автоматизированного проектирования AutoCAD.

Оформление чертежа (масштабы, толщина линий, шрифты, разрезы и т.д.) должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.301-68-2.303-68; ГОСТ 2.104-68. Основная подпись (угловой штамп) помещаются в правом нижнем углу листа. Графы ее и спецификация заполняются в соответствии с ГОСТ 2.104-68 (3).

1.2. Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист, являющийся первым листом документа, выполняется на листе формата А4 (3);
- задание на проектирование, которое прилагается в записке после титульного листа;
- текст с расчетами, обоснованиями и схемами;
- заключение (выводы);
- список литературы.

Пояснительная записка выполняется машинописным текстом на бумаге формата А4 (210х297 мм). Оформление текста пояснительной записки производится в соответствии с действующими стандартами (3).

1.3. Задание на проектирование

Основанием для выполнения контрольной работы является задание на проектирование, выдаваемое студенту преподавателем.

В задании указывается:

мощность рудного тела (нормальная), угол падения, длина месторождения по простиранию, глубина залегания, толща покрывающих пород, мощность наносов, углы сдвижения пород, рекомендуемая система разработки.

Задание может быть выдано также в виде разрезов месторождения, выполненных в масштабе. В этом случае недостающие линейные и угловые размеры могут быть взяты непосредственно из чертежа.

2. СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Графическая часть работы включает:

- схемы вскрытия и подготовки шахтного поля;
- общий вид системы разработки;
- поперечное сечение главных вскрывающих выработок и паспорт буро-взрывных работ.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- подсчет запасов;
- определение годовой производительности и срока существования предприятия;
- корректировка годовой производительности и срока существования предприятия;
- выбор технологии, механизации и организации очистных работ и определение числа очистных забоев;
- обоснование способа вскрытия шахтного поля;
- выбор типа главной вскрывающей выработки;
- выбор места заложения вскрывающих выработок;
- обоснование схемы подготовки шахтного поля;
- расчет проведения горизонтальной горной выработки;
- список использованной литературы.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ

3.1. Подсчет запасов

Раздел начинается с подсчета геологических запасов полезного ископаемого в шахтном поле [1]. Эти запасы подсчитываются с использованием графических и цифровых данных, представленных в задании, по формуле:

$$Qg = m/\sin\alpha * L*(Hr - h_{pp}) * \gamma, \text{ т}, \quad (3.1)$$

где, Qg - геологические запасы, т;

m - нормальная мощность месторождения, м;

α - угол падения месторождения, град;

L - длина месторождения по простиранию, м;

Hr - разведанная глубина месторождения, м;

h_{pp} - мощность покрывающих пород, м;

γ - плотность руды, т/м^3.

Такой метод подсчета геологических запасов называется способом среднего арифметического, он наиболее приемлем для месторождений с выдержанными элементами залегания.

В других случаях определение объема руды, заключенного в рудном теле, можно также осуществить любым доступным способом, например, с помощью планиметра, методом сечений и т.д. с использованием графических материалов задания и содержащихся в задании дополнительных сведений о мощности рудных тел, их количеству и т.д.

При отсутствии в задании каких-либо дополнительных сведений, ограничивающих запасы, которые подлежат отработке, можно считать, что геологические запасы равны балансовым

$$Qg = Qb \qquad (3.2)$$

При наличии в задании дополнительных условий, ограничивающих подлежащие выемке запасы, вследствие их низкого качества установленным кондициям, или из-за необходимости оставления части запасов в различного рода не кондиционных участках месторождения, подсчитываются балансовые запасы:

$$Qb = Qg - Qn, \text{ т}, \quad \text{где} \qquad (3.3),$$

Qb - балансовые запасы, т;

Qn - некондиционные (забалансовые) запасы, т.

Затем подсчитываются промышленные запасы руды, т.е. запасы, подлежащие отработке:

$$Qpr = Qb - Q\ охр.\ цел., \text{ т, где} \qquad (3.4)$$

$Q\ охр.\ цел.$- запасы, оставляемые в охранном целике.

Эксплуатационные запасы рудной массы определяются с учетом потерь и разубоживания руды при добыче, которые зависят от технологии производства очистных работ. В связи с этим, расче-

ту величины эксплуатационных запасов должен предшествовать предварительный выбор системы разработки.

Выбор системы разработки необходимо произвести, руководствуясь геологическими условиями (главным образом, - условиями залегания месторождения) с учетом оговоренных в задании горнотехнических факторов.

Если в условиях, соответствующих заданию, технически возможно применение нескольких различных систем разработки, то необходимо назвать эти системы и методом логического обоснования, т.е. путем общей оценки достоинств и недостатков этих систем [3], выбрать ту из них, которая способна обеспечить в рассматриваемых условиях наиболее высокие технико-экономические показатели.

Ориентировочными значениями потерь (*П*) и засорения (разубоживания *R*) для выбранной системы можно задаться, руководствуясь данными табл.3.1.

Таблица 3.1

Ориентировочные значения потерь и засорения (разубоживания) руды при различных системах разработки

№ п/п	Наименование системы и вариантов	Потери %	Засорение %
1	2	3	4
1	Сплошные системы разработки с естественным поддержанием выработанного пространства	5 - 10	4 – 5 до 50-60 *
2	Камерно-столбовые системы разработки	15 - 25	4 – 5 до 50-60 *
3	Потолкоуступная с распорной крепью	4 - 10	2 – 5 до 50-60 *
4	Камерные системы разработки с этажной и подэтажной отбойкой	1 0-15	5-10
5	С магазинированием руды и мелкошпуровой отбойкой	3-5 до 10	3-5 до 50-60 *
6	С магазинированием руды и отбойкой глубокими скважинами	15-20	15-20
7	Система этажного обрушения	10-15	10-20
8	Система подэтажного обрушения	10-15	10-20
9	С закладкой и отбойкой руды горизонтальны-	0,5-4,0	2-3

	ми слоями		
10	С раздельной выемкой и закладкой подрываемыми вмещающими породами	0,5-4,0	10-15 до 50-60 *
11	Сплошная система с креплением и последующим обрушением кровли	2-5	4-5 до 50-60 *
12	Система слоевого обрушения	2-5	4-5

* - при отработке тонких жил

Величина эксплуатационных запасов рудной массы определяется из выражения

$$Qэ = Qpr(1- Kp) / (1-K_R), \text{ т}, \quad \text{где} \quad (3.5),$$

Kp - коэффициент эксплуатационных потерь при добыче, ($Kp = П/100$);

K_R - коэффициент разубоживания, ($K_R = R/100$).

3.2. Определение годовой производительности и срока существования предприятия

При наклонном или крутом залегании рудных тел годовая производительность рудника [3] по его горным возможностям может быть определена из выражения

$$A = V * Sэ\ \gamma * (1-Kp)/(1-K_R) * \gamma * K_1 * K_2 * K_3, \text{ т/год}, \quad \text{где} \quad (3.6)$$

A - годовая производительность, т/год;

V - годовое понижение горных работ, м/год;

Sэ - горизонтальная эксплуатация площадь рудной залежи в шахтном поле, м ;

γ - плотность руды, т/м ;

K_p - коэффициент эксплуатационных потерь, доли ед.

K_R - коэффициент разубоживания, доли ед.;

K_1, K_2, K_3 - поправочные коэффициенты на угол падения, мощность рудного тела и применяемую систему разработки.

Величина годового понижения показывает, на сколько метров опустятся горные работы в среднем по всей горизонтальной эксплуатационной площади шахтного поля в течение одного года.

Эта величина может определяется двумя способами: первый – из таблиц, в зависимости от горизонтальной площади месторождения

и числа одновременно отрабатываемых этажей. Для месторождений цветных металлов (МЦМ) среднее годовое понижение горных работ может быть принято из таблицы 3.2 в зависимости от горизонтальной площади шахтного поля.

Таблица 3.2

Годовое понижение горных работ для месторождений цветных металлов

№ п/п	Площадь рудных тел, *Sэ*, тыс. м^2	Величина годового понижения, *V*, м / год
1	до 4	33 - 26
2	4 - 6	30 – 23
3	6 - 12	25 – 17
4	12 - 20	22 - 13
5	более 20	15 - 9

Для месторождений черных металлов (МЧМ) среднее годовое понижение может быть принято из табл. 3.3 также в зависимости от горизонтальной площади шахтного поля.

Таблица 3.3

Годовое понижение горных работ для месторождений черных металлов

№ п/п	Горизонтальная площадь шахтного поля (*Sэ*), тыс.м^2	Годовое понижение, *V*, м/год
1	10 - 20	30 - 25
2	20 - 50	25 - 30
3	50 - 100	20 - 15
4	100 - 200	15 - 12
5	200-400	12 - 8

Горизонтальная площадь находится из выражения

$$Sэ = m / Sin\ \alpha * L,\ м^2 \qquad (3.7)$$

Коэффициент эксплуатационных потерь полезного ископаемого, выраженный в долях единицы, зависит от применяемой системы разработки.

Коэффициент засорения (разубоживания) также зависит от применяемой системы разработки.

Поправочные коэффициенты в выражении (3.6) находятся из таблиц 3.4, 3.5, 3.6.

Таблица 3.4

Поправочный коэффициент на угол падения.

№ п/п	Угол падения, α	Значение K_1
1	90	1,2
2	60	1,0
3	45	0,9
4	30	0,8

Таблица 3.5

Поправочный коэффициент на мощность месторождения.

№ п/п	Мощность месторождения, м	Значение K_2
1	до 5	1,25
2	5-15	1,0
3	15-25	0,8
4	> 25	0,6

Таблица 3.6

Поправочный коэффициент K_3 к величине годового понижения горных работ в зависимости от применяемых систем разработки.

№ п/п	Система разработки	K_3
1	Камерные, камерно-столбовые, с магазинированием руды, с обрушением руды и вмещающих пород (без профилактического заиливания)	1.0
2	С обрушением и профилактическим заиливанием	0.9
3	Камерные, сплошные и столбовые с закладкой	0.85
4	Системы слоевого обрушения	0.80
5	Горизонтальные слои с закладкой	0.75

Размеры шахтного поля, средняя мощность рудных тел и объемная плотность руды принимаются в расчетах в соответствии с заданием.

Второй способ нахождения годового понижения, для сравнения можно воспользоваться данными таблицы 3.7 и 3.8. Для определения величины годового понижения горных работ по данным таблицы 3.7 устанавливается категория шахтного поля. Затем, в соответствии с размерами шахтного поля и условиями разработки, по таблицы 3.8 принимается ориентировочное значение среднегодового понижения горных работ.

Таблица 3.7

Классификация шахтных полей по их размерам и запасам содержащихся в них полезных ископаемых

№ п/п	Характеристика шахтных полей по размерам	МПИ тонкие и средней мощности с длиной поля, м	Мощные МПИ (более 15-20 м) с дли- ной поля, м
1	Очень большие	свыше 1500	свыше1000
2	Большие	1000-1500	600-1200
3	Средних размеров	600-1000	300-600
4	Небольшие	менее 600	менее 300

Таблица 3.8

Среднегодовое понижение горных работ в зависимости от размеров шахтного поля

№ п/п	Характеристика шахтных полей по размерам	Среднегодовое понижение V, м/год
1	Очень большие	12-20
2	Большие	15-30
3	Средних размеров	20-40
4	Небольшие	20-50

Содержащиеся в этой таблице данные характеризуют отработку месторождений, представленных рудными телами средней мощности при средних значениях угла падения. Поэтому, принимаемые из таблицы значения годового понижения горных работ также необходимо откорректировать путем введения соответствующих коэффициентов на мощность рудных тел и угол их падения.

Срок существования рудника складывается из срока ввода рудника в эксплуатацию (t_1); срока отработки месторождения с производительностью "*А*" (t_2) и срока затухания горных работ на руднике (t_3).

$$T = t_1 + t_2 + t_3 \text{, лет} \qquad (3.8)$$

По нормам технологического проектирования t_1 -3 года.

t_2 - время работы рудника с проектной (расчетной) производительностью "*А*", лет.

$$t_2 = Qpr * (1 - Kp) / A * (1-K_R) \text{ , лет} \qquad (3.9)$$

где *Qpr* - промышленные запасы шахтного поля (1,5), т;

А - годовая производительность (3,6), т/год.

t_3 - время затухания горных работ. По нормам технологического проектирования 3-5 лет.

Для определения годовой производительности предприятия, разрабатывающего пологие или горизонтально залегающие рудные тела, можно воспользоваться выражением

$$Агод = Qэ / t_2, \text{ т/год, где (3.10)}$$

t_2 - расчетный срок существования предприятия, лет;

$$t_2 = T - t_1 - t_3, \text{ лет, где} \qquad (3.11)$$

Т - полный срок существования рудника, лет.

Полный срок существования предприятия в известной степени зависит от запасов месторождения и условий разработки. При установленных запасах и известных условиях эксплуатации полный срок службы предприятия может быть определен путем использования данных табл.3.9, составленной на основе статистической обработки фактических материалов.

Зная срок существования предприятия уже легко можно определить его годовую производительность, воспользовавшись формулой (3.10).

3.2.1. *Проверка и корректировка годовой производительности*

Для оценки достоверности принятых решений и выполненных расчетов предлагаются диаграммы, представленные на рис. 3.1 и 3.2.

Зная эксплуатационные запасы месторождения, из диаграммы можно определить минимальную и максимальную экономически целесообразную годовую производительность рудника.

Таблица 3.9

Срок существования горнодобывающих предприятий в зависимости от запасов полезного ископаемого и условий эксплуатации месторождения

Небольшая глубина и легкие условия разработки		Большая глубина и трудные условия разработки	
Запасы рудной массы, тыс.т.	Срок существ. предпр., лет	Запасы рудной массы, тыс.т.	Срок существ. предпр., лет
400-1000	8-10	600-1500	12-15
1000-2400	10-12	1500-3600	15-18
2400-7500	12-15	4000-12500	20-25
7500-20000	15-20	12500-30000	25-30
20000-25000	20-25	30000-40000	30-40

Если полученная расчетом (3.6) годовая производительность рудника
будет находится между *Amin* и *Amax,* полученных из диаграммы, то годовое понижение V выбрано верно. Если же расчетное значение годовой производительности не попадает в "вилку" *Amin - Amax*, то необходимо изменить годовое понижение (*V*).

Диаграмма на рис. 3.1 разработана для небольших глубин распространения месторождений (до 400-600 м). Диаграмма рис. 3.2 - для месторождений с глубиной более 600 м.

На диаграммах по величине эксплуатационных запасов находятся точки пересечения с линиями *Tmax, Amin* и *Tmin, Amax*.

Из точек пересечения проводятся перпендикуляры на ось абсцисс для нахождения *Amin* и *Tmax* значений производительности рудника. В случае несовпадения А из (3.6) и из диаграмм (2.2;2.3) требуется вновь определить годовое понижение горных работ.

Из (3.6) получим значение *V*.

$$V = A(1-K_R)/(Sэ(1-Kp)\,K_1 K_2 K_3\,),\ \text{т/год} \qquad (3.12)$$

Таким образом, необходимо несколько раз определить годовую производительность по разным методикам, включая диаграммы на рис. 3.1 или 3.2.

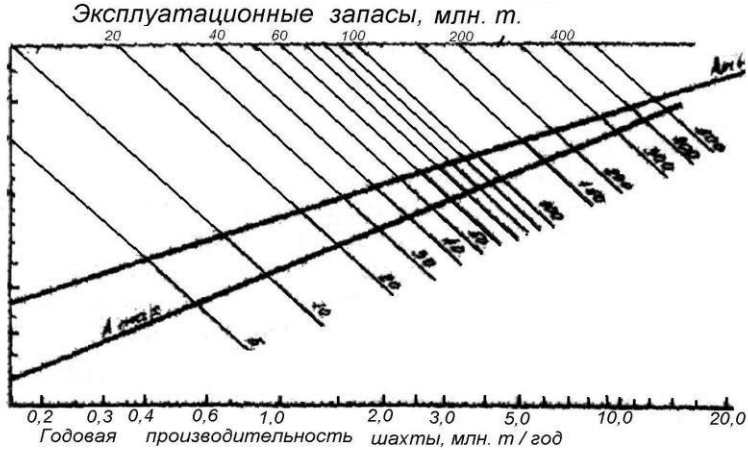


Рис. 3.1. Диаграмма для определения годовой производительности рудника (глубины до 600 м).

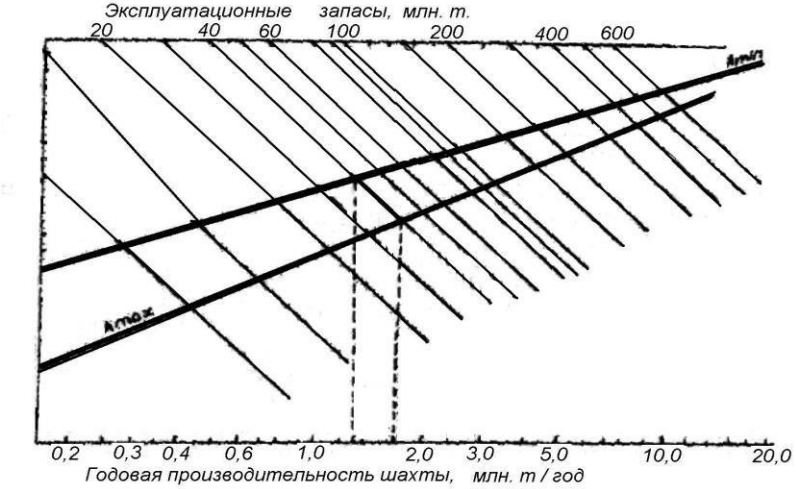


Рис. 3.2. Диаграмма для определения годовой производительности рудника (глубины более 600 м)

Возможно, определить среднюю из них, «затвердить» ее в проекте и по принятой в проекте годовой производительности найти срок отработки месторождения.

3.3. Система разработки

Описание системы разработки.
В учебной или справочной литературе находится класс или группа, к которым относится заданная система разработки.

Анализируются все варианты этой системы разработки. Выбирается вариант в наибольшей степени соответствующий параметрам месторождения (мощность и угол падения).

Приводится общее описание системы разработки, условия применения, выбираются основные параметры (длина блока, высота этажа, ширина междукамерных целиков, длина камеры, толщина днища, потолочины, высота подэтажей), подготовительно-нарезные работы, отбойка руды, выпуск и доставка руды, проветривание блока, мероприятия по технике безопасности, достоинства и недостатки системы, приводятся основные технико-экономические показатели по принятой системе разработки, на основании горно-технической литературы.

В виде эскиза показывается схема расположения шпуров или скважин с указанием расстояния между шпурами или скважинами, их рядами или веерами.

На основании опыта работы предприятий, описаний в учебной и специальной горнотехнической литературе, выбираются средства механизации подготовительных и очистных работ.

Дается описание основных технологических операций очистной выемки по стадиям работ - подсечка, образование отрезной щели, отработка основных запасов блока, погашение целиков, и проветривания очистных работ.

Таблица 3.10

Вертикальная высота этажа для основных систем разработки месторождений

Система разработки	Высота этажа, м
Камерно-столбовая и система разработки и	

со сплошной выемкой	
Потолкоуступная система разработки с распорным креплением	30-60
Камерные системы разработки с подэтажной и этажной отбойкой руды	50-100
С магазинированием руды	40-75
С закладкой и отбойкой руды горизонтальными слоями	30-50
Система слоевого обрушения	30-60
Система подэтажного обрушения	40-75
Система этажного принудительного обрушения	40-100

С учетом конструктивных особенностей принятого варианта системы разработки и средств механизации погрузочно-доставочных работ устанавливается возможное число действующих в блоке забоев, рассчитывается производительность блока и определяется необходимое количество действующих блоков для обеспечения расчетной производительности предприятия.

Эскизно в 2-3 проекциях вычерчивается принятый вариант системы разработки с указанием пунктов погрузки руды и направления движения воздушной струи по основным выработкам блока. Указываются размеры конструктивных основных элементов системы разработки.

3.4. Обоснование и выбор способа вскрытия

При выполнении этого раздела основной задачей исполнителя является выбор наиболее рационального способа вскрытия, который обеспечил бы безопасность работ, наибольшую экономичность по капитальным затратам, эксплуатационным расходам и степени использования запасов месторождения, необходимую интенсивность вскрытия месторождения, необходимого в техническом отношении удобства при эксплуатации.

Выбор наиболее рационального способа вскрытия должен производится на основе отбора вариантов вскрытия, технически приемлемых для месторождения с параметрами, установленными заданием, с учетом топографических, горнотехнических и других, отмеченных в задании условий. Выбранные два варианта вскрытия

сравниваются по технико-экономическим параметрам с использованием укрупненных экономических показателей.

Выбор способа вскрытия складывается из выбора отдельных его элементов, основными из которых являются: тип основной вскрывающей выработки, тип и количество вспомогательных вскрывающих выработок, место заложения основных и вспомогательных вскрывающих выработок по отношению к рудному телу (по линии простирания и вкрест простирания), высота этажа и тип этажных вскрывающих выработок.

С учетом геологических и горнотехнических условий выбираются основные элементы вскрытия и, таким образом, устанавливается способ вскрытия, технически приемлемый в условиях проектируемого месторождения. Если таких способов окажется несколько, то производится их технико-экономическое сравнение на основе укрупненных экономических показателей с целью выбора наиболее экономичного.

При выборе типа основной вскрывающей выработки необходимо учитывать рельеф поверхности, угол падения и склонения месторождения, свойства пород и глубину разработки. При углах падения 15-75° месторождения могут вскрываться как вертикальными, так и наклонными шахтными стволами. При углах падения до 15° длина наклонных стволов чрезмерно велика, а при углах падения более 75 длина квершлагов при вертикальных стволах незначительна, поэтому в интервалах углов падения 0-15° и 75-90° в большинстве случаев целесообразно применение вертикальных шахтных стволов. Вскрытие наклонными стволами может быть целесообразным при углах падения рудного тела в пределах от 15-20° до 50 градусов.

Влияние угла склонения месторождения по простиранию сказывается при расположении ствола на фланге месторождения. При небольшом угле склонения (до 15-30°) следует применять вертикальные стволы, а при значительном склонении (45° и более) - наклонные [1,2].

Вскрытие штольней целесообразно применять в условиях гористой местности при таком расположении рудных тел относительно поверхности, которое допускает расположение штольни ниже всего месторождения или значительной по объему его части, а также в тех случаях, когда вскрытие штольней обеспечивает зна-

чительное уменьшение длины квершлагов по сравнению со вскрытием шахтным стволом.

3.4.1. *Выбор места заложения вскрывающих выработок*

Количество и взаимное расположение главных и вспомогательных вскрывающих выработок определяется размерами шахтного поля, производственной мощностью предприятия и схемой проветривания.

Шахтное поле вскрывается обычно одним главным шахтным стволом или главной вскрывающей штольней и одной или несколькими вспомогательными вскрывающими выработками, предназначенными для вентиляции, вспомогательного подъема, в качестве запасного выхода на поверхность, а также для ускорения подготовки этажей или шахтного поля в целом [1].

Взаимное расположение главных и вспомогательных стволов определяется, прежде всего, принятой схемой проветривания. При диагональной схеме проветривания главный ствол располагают в центральной части шахтного поля, а вспомогательные стволы - на флангах, или же - главный и вспомогательный стволы располагаются на разных флангах [5].

Условия применения центральной схемы расположения главного и вспомогательного шахтных стволов предопределяются ее достоинствами, которые состоят в минимальном числе вспомогательных стволов (что особенно важно при большой глубине разработки), компактности расположения поверхностных сооружений, возможности оставления у обоих стволов общего охранного целика, если стволы заложены в висячем боку, легкости соединения главного и вспомогательного шахтных стволов, что позволяет ускорить начало очистных работ, удобстве углубки стволов. экономичности способа вскрытия. Вместе с тем центральное расположение стволов имеет и много недостатков, главнейшим из которых - сложные условия проветривания. Поэтому при больших размерах шахтного поля и сложных условиях проветривания предпочтительнее фланговое расположение вспомогательных стволов с диагональной схемой проветривания.

Центральное расположение главного и вспомогательного стволов применяется в тех случаях, когда вышеперечисленные факторы имеют первостепенное значение для обеспечения При не-

большой глубине шахт и невысокой их производительности часто оказывается целесообразным вместо вентиляционного ствола на флангах шахтного поля проходить вентиляционные шурфы, оборудованные при необходимости ходовым отделением. Эти шурфы проходят до верхнего вентиляционного штрека: с нижележащими штреками последние соединяются восстающими, проводимыми по мере подготовки новых рабочих горизонтов.

В отдельных случаях, при очень высокой производительности предприятий, специфически сложных условиях разработки или в связи с особенностями технологии производства очистных работ может возникнуть необходимость в проведении шахтных стволов специального назначения: вентиляционных, водоотливных, закладочных и т.п.

Главный и вспомогательные шахтные стволы закладывают на поверхности за границей зоны сдвижения пород. В тех случаях, когда по каким-либо причинам заложение шахтного ствола за пределами зоны сдвижения оказывается невозможным, возле шахтного ствола оставляют предохранительный целик.

Если содержащиеся в задании условия позволяют выбрать способ вскрытия с расположением шахтных стволов за пределами зоны сдвижения пород, задача исполнителя состоит в определении расположения зоны сдвижения и ее границ и установлении места возможного заложения шахтных стволов с учетом размеров бермы безопасности [1,5].

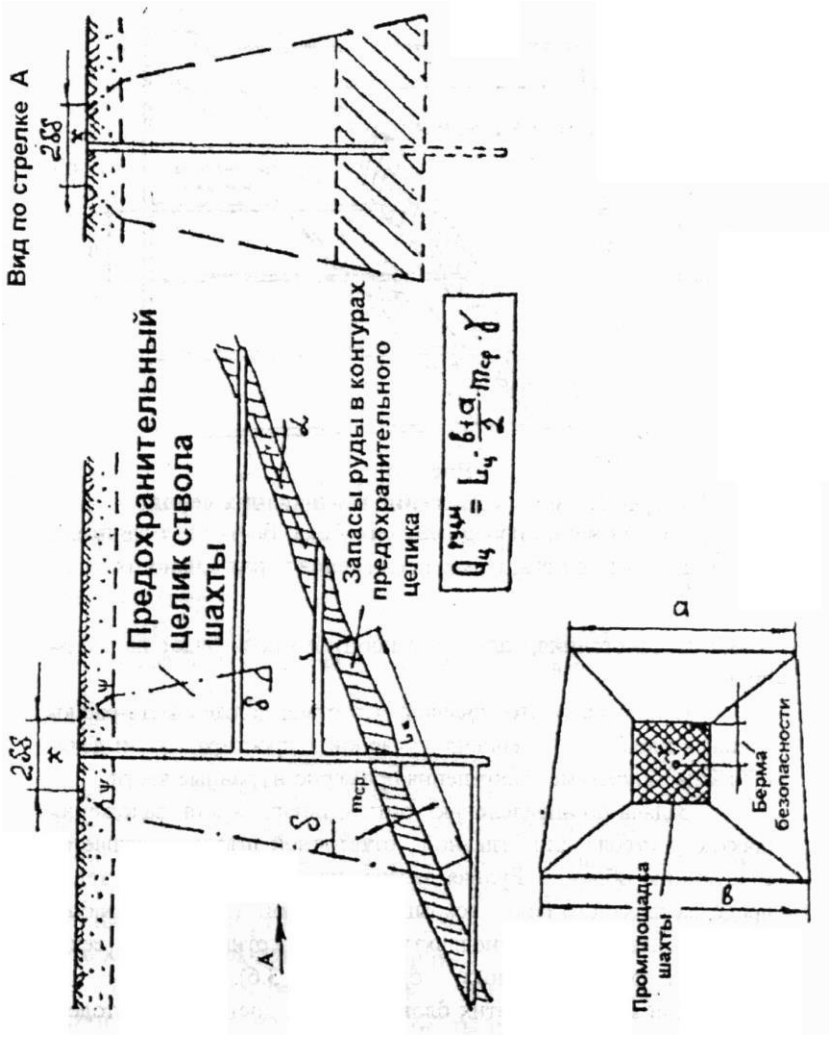


Рис. 3.4. Построение охранного целика

При необходимости оставления предохранительных целиков производится (рис. 3.4) построение этих целиков графическим методом [2,5] и подсчитываются запасы руды, попадающие в контуры целика.

Положение главного рудоподъемного ствола или главной откаточной штольни в направлении простирания необходимо определять с учетом следующих основных факторов: безопасности и удобства расположения устья вскрывающих выработок и поверхности сооружений; расходов на подземный и поверхностный транспорт руды, а также с учетом особых условий местного характера, указанных в задании.

Оптимальное расположение основной вскрывающей выработки из условия минимальной работы транспорта обеспечивается, если общая работа по транспортировке полезного ископаемого по откаточным выработкам, выраженная произведением грузов на расстояния, для всего шахтного поля будет наименьшей.

Практически это означает, что ствол должен быть расположен в плоскости, перпендикулярной к простиранию решается следующим образом. Рудная залежь или группа рудных тел в пределах шахтного поля, вскрываемых одной главной выработкой, разбивается по длине шахтного поля вертикальными сечениями на группу условных блоков.

Для каждого из этих блоков любым доступным методом ориентировочно подсчитываются содержащиеся в них промышленные запасы руды Q1, Q2, Q3, ..., Qi, ..., Qn. Общие запасы месторождения при этом составят Q. Затем, путем суммирования запасов слева направо устанавливается положение такого блока, прибавление запасов которого Qi к сумме запасов блоков левого фланга Q даст величину, большую половины общих промышленных запасов шахтного поля, место этого блока в шахтном поле и определит примерное положение вертикальной плоскости, расположение в которой главной вскрывающей выработки (ствола или штольни) обеспечит минимальную работу, а следовательно и минимальные затраты на подземный транспорт [1,2,4].

Оптимальное расположение вскрывающей выработки определится тем более точно, чем чаще расположены сечения, разделяющие шахтное поле на блоки. Решение будет достаточно точным, если расстояние между сечениями, т.е. длину блоков по простиранию принять равной 50-100 м.

Содержащиеся в задании дополнительные сведения, отражающие специфику местных условий (рельеф местности, застроенность поверхности дорогостоящими сооружениями, расположение

вблизи месторождения рек и озер, а также наличие в лежачем или висячем боках месторождения сильно
обводненных пород, карстовых пустот или плывунов) могут обусловить невозможность или техническую нецелесообразность заложения главных вскрывающей выработки в месте, оптимальном с точки зрения обеспечения минимума работы подземного транспорта. В этом случае необходимо выбрать новое место заложения ствола или главной откаточной штольни с учетом особых местных условий, считаясь однако с тем, чтобы увеличение затрат на подземный транспорт или стоимости проведения капитальных выработок было по возможности минимальным.

Описанные выше действия позволяют определить место заложения шахтного ствола или штольни, когда переработка (обогащение) добытой руды будет производится на фабрике, расположенной в непосредственной близости от промплощадки шахтного ствола, т.е. когда затраты на транспортировку руды на поверхности отсутствуют или незначительны по величине.

Однако, в целом ряде случаев добытую руду приходится транспортировать по поверхности до фабрики, промплощадка которой расположена на значительном расстоянии от промплощадки шахты. В этом случае затраты на поверхностный транспорт могут быть весьма значительными и это обстоятельство необходимо учитывать при определении места заложения главной вскрывающей выработки.

С учетом выбранной высоты этажа определяется время на вскрытие и подготовку нового горизонта:

$$t_{в.п} = (Н_э S \gamma (1 - К_п)) / (А_{год} \omega_{в.п.} (1-К_R)), \quad (3.23)$$

где S - горизонтальная площадь месторождения, м;

ω - коэффициент опережения, учитывающий обеспечение условий для своевременного вскрытия и подготовки этажа при заданной производственной мощности шахты.

Значение коэффициента опережения принимают в зависимости от сложности геологических и горно-технических условий разработки. Он изменяется в пределах от 1,1-1,2 до 2,0-2,5.

Наиболее высокие значения коэффициента принимают в особо неблагоприятных условиях.

Вследствие стремления как можно быстрее приступить к эксплуатации месторождения, стволом, проводимым с поверхно-

сти, вскрывают обычно один - два верхних этажа. Вскрытие нижележащих этажей при этом осуществляется путем последовательной углубки ствола с этажа на этаж.

Однако в последние годы, всвязи с увеличением скорости проходки шахтных стволов и значительного сокращения сроков отработки этажей вследствие интенсификации горных работ, часто оказывается целесообразным проходить стволы сразу на несколько этажей или даже на всю разведочную глубину месторождения [1]. Ориентировочно можно считать нормальной проходку ствола на глубину, обеспечивающую работу рудника без углубки в течение 12-15 лет.

Стволы глубиной до 400-500 м при расположении их в достаточно устойчивых породах, целесообразно проходить сразу на всю глубину.

При вскрытии шахтных полей со значительной их длиной по простиранию и большой рудной площадью сбойку ствола с месторождением осуществляют обычно на каждом этаже и околоствольные дворы с полным комплектом выработок также проходят на каждом этаже. В тех же случаях, когда запасы руды в этажах невелики, а годовая производительность шахты значительна, проходить на каждом этаже околоствольные выработки и длинные квершлаги часто оказывается экономически невыгодным и технически трудно осуществимым из-за ограниченных сроков вскрытия и подготовки. Если при этом не представляется возможным из-за технических, геологических, горнотехнических или других причин увеличить высоту этажа, то целесообразно квершлаги с полным комплектом околоствольных выработок проходить через несколько этажей, а на промежуточных горизонтах либо вообще не проходить квершлагов, либо проходить их небольшим сечением с минимальным числом наиболее необходимых выработок в околоствольном дворе. Подъем руды при такой схеме вскрытия этажей будет осуществляться с промежуточных рабочих горизонтов через капитальные рудоспуски.

Для решения вопроса о целесообразности применения той или иной схемы вскрытия этажей в условиях, соответствующих заданию, необходимо по формуле (2.11) рассчитать время подготовки или вскрытия и подготовки нового горизонта и путем построения календарного графика вскрытия и подготовки этажа с исполь-

зованием средних значений скорости проведения и оборудования горных выработок и учетом объемов работ, соответствующих геологическим, горнотехническим условиям месторождения и мощности предприятия, установить техническую возможность выполнения этих работ в установленные сроки.

Если в результате сравнения расчетных величин окажется, что $t_0\,\omega_п < t_{вп}$, - принимается решение о применении концентрационных горизонтов (при сложной схеме подготовки этажа, больших размерах и запасах шахтного поля) или применении вскрытия групповыми квершлагами [1].

При выборе способа вскрытия может случится, что в рассматриваемых условиях технически возможно применение нескольких вариантов вскрытия, при этом трудно какому-либо из них отдать предпочтение. В этом случае выбор наиболее целесообразного из вариантов производится путем их технико-экономического сравнения, которое необходимо производить в следующем порядке. Для каждого из конкурирующих вариантов определяются величины капитальных затрат и эксплуатационных расходов, зависящих от схемы вскрытия. В общем случае это:

- капитальные затраты на проведение вскрывающих и околоствольных выработок, на устройство надшахтных и других технических сооружений на поверхности и связанное с ними оборудование;

- эксплуатационные расходы на поддержание вскрывающих выработок, подземную откатку и поверхностный транспорт, подъем, водоотлив и пр.;

- экономический ущерб от оставления руды в охранных целиках.

Экономические расчеты по сравниваемым способам или вариантам вскрытия необходимо производить на одни и те же балансовые запасы и полный срок существования предприятия.

При этом в сравнительном расчете принимают участие лишь те статьи затрат, по которым рассматриваемые варианты отличаются друг от друга.

3.5. Выбор схемы подготовки шахтного поля

Выбор способа подготовки месторождения состоит в определении типа, числа подготовительных выработок откаточного горизонта, а также построения схемы из взаимного расположения в увязке с контурами рудного тела [2].

Подготовка горизонтально залегающих месторождений производится главными штреками или главными и панельными штреками. Их количество и схема взаимного расположения определяется с учетом конструктивных параметров принятого варианта системы разработки, способа доставки руды, ее погрузки и транспортировки.

При сложной гипсометрии почвы подготовительные откаточные выработки необходимо располагать в подстилающих породах (полевые штреки). При выдержанном контакте рудной залежи с породами почвы панельные и главный откаточные штреки проводят по руде у контакта с подстилающими породами.

Подготовка наклонных и крутопадающих месторождений осуществляется этажными штреками или этажными штреками и ортами. При этом подготовку маломощных рудных тел целесообразно производить одним штреком, проводимым по рудному телу одновременно используя его в качестве разведочной выработки, при средней мощности рудного тела его подготовку следует производить штреком в контакте с породами лежачего бока. От этого правила отступают при весьма сложном извилистом характере контакта, наличии возле контакта зоны ослабленных неустойчивых пород. В таких условиях штреки необходимо проводить либо по руде в контурах рудного тела, либо полевыми - в породах лежачего бока.

Подготовка мощных наклонных и крутопадающих рудных тел осуществляется комбинированным способом - штреками и ортами. Вообще необходимость применения комбинированной схемы подготовки определяется условиями залегания рудного тела прежде всего - мощностью и углом падения, - и конструкцией днища выемочных блоков. Орты проводят в том случае, когда комбинация этих условий не позволяет осуществить выпуск - доставку руды к откаточному штреку [3].

В зависимости от способа выпуска, доставки и погрузки руды, свойственного выбранному варианту системы разработки, а так же в зависимости от организации работы подземного транспорта, при подготовке мощных наклонных и крутопадающих рудных тел может быть применена либо комбинированная схема подготовки с произведением откаточного штрека со стороны лежачего бока и тупиковых ортов-заездов по рудному телу, либо кольцевая схема подготовки со штреками в висячем и лежачем боках и сквозными откаточными ортами, количество которых и расстояние между которыми определяется конструктивными параметрами системы разработки с расположением доставочных выработок в днище выемочных блоков.

Для определения количества подготовительных выработок на откаточном горизонте и их взаимного расположения необходимо выбрать вариант подготовки днища выемочного блока в наиболее полной мере соответствующего геологическим и горнотехническим условиям задания, а также с учетом возможности применения высокопроизводительного погрузочно-доставочного оборудования.

Затем, руководствуясь данными горнотехнической литературы [1,3,4,7] выбрать основные конструктивные параметры принятого варианта системы разработки (размеры блока или панели, расстояние между откаточными штреками или ортами и т.д.), на основании этих данных вычертить схему расположения подготовительных выработок на откаточном горизонте в пределах шахтного поля в увязке с контурами рудных тел. Образец схемы расположения подготовительных выработок откаточного горизонта показан на рис. 3.9.

В заключительной части раздела производится расчет удельного объема подготовительных выработок откаточного горизонта в расчете на 1000 т. добычи и устанавливаются объем руды (в тыс. т.) и количество блоков, соответствующие установленным нормам обеспеченности предприятия подготовленными и готовыми к выемке запасами.

При определении количества подготовленных и готовых к выемке запасов месторождения необходимо руководствоваться данными табл. 3.19.

Расчет величины подготовительных и готовых к выемке запасов производится по формулам

$$Q_{подг} = (N_{подг} А_{год}) / 12, \text{ т} \qquad (3.38)$$

и $Q_{гот} = (N_{гот} А_{год}) / 12$, т (3.39)

где $N_{подг}$ и $N_{гот}$ - норма обеспеченности соответственно подготовленными и готовыми к выемке запасами, мес.;

Таблица 3.19

Нормы обеспеченности подготовленными и готовыми к выемке запасами руды (в месяцах).

Тип месторождения	Подготовлен. запасы	Готовые к выемке
Крутопадающие пластообразные залежи мощные и весьма мощные (от 5-10 до 90-200 м.).	24-54	4-8
Крутопадающие пластообразные залежи маломощные и мощные (от 1 до 5-6 м.)	12	6
Крутопадающие линзы мощные и весьма мощные (от 2-6 до 40-90 м.).	12-36	6-12
Крутопадающие маломощные жилы (до 2 м.).	9-16	4-8
Наклонные и пологопадающие пластообразные залежи и мощные линзы от 2-3 до 10-12 м.	8-24	6-12
Горизонтальные залегающие гнезда мощностью до 2-3 м. и на некоторых участках до 4-5 м.	6-10	3-4

Число подготовленных блоков определяется из выражения

$N_{подг.} = (N_{подг.} А_{год} (1-Кр)) / 12 V_{бл} Кн$, шт., (3.40)

в том числе готовых к выемке

$N_{гот} = (N_{гот} А_{год} (1-Кр)) / 12 V_{бл} Кн$, шт., (3.41)

где $V_{бл}$ - средний объем блока, м.

3.6. Расчет проходки горной выработки.

Задача этого раздела работы состоит в выполнении технического расчета проходки горизонтальной горной выработки (откаточного штрека, или квершлага) с построением графика цикличной организации работ.

Работу над разделом следует начинать с определения формы и площади поперечного сечения выработки. Форма поперечного сечения выработки, как известно, зависит от материала и конструкции крепи, которые в свою очередь зависят от крепости и устойчиво сти окружающих пород, срока службы выработки. Поэтому при выборе материала к конструкции крепи необходимо руководствоваться характеристикой пород, приведенной в задании, а также сроком службы выработки, которая с учетом последующего использования ее в качестве вентиляционной, при отработке нижнего этажа соответствует двойному сроку отработки этажа.

При наличии крепких устойчивых пород выработку можно оставить без крепления. В средних условиях, при относительно небольшом сроке службы выработки необходимо применять деревянную крепь. При недостаточной устойчивости пород, сложных условиях выработки и большом сроке службы выработки следует принимать металлическую арочную крепь, монолитную бетонную, или сборную железобетонную (рис. 3.10).

Форму поперечного сечения выработки, проведенной без крепления, следует принимать сводчатую с полуциркульным или коробовым сводом (в зависимости от ширины выработки). Для выработок с креплением форму поперечного сечения выбирают в соответствии с типом крепи, при деревянной крепи – трапециевидную, при арочной металлической - сводчатую.

При определении площади поперечного сечения выработки необходимо руководствоваться типом и габаритными размерами транспортного оборудования, величиной зазоров, регламентируемых правилами безопасности, а также допустимой скоростью движения по выработке воздушной струи.

При выборе типа и габаритных размеров транспортного оборудования можно использовать данные, представленные в табл. 3.20 и 3.21. При этом необходимо иметь в виду, что аккумуляторные электровозы в условиях рудных шахт применяются, главным образом, при малых объемах перевозок и незначительной длине откатки. Транспортные выработки при этом обычно имеют один рельсовый путь с шириной колеи 600 мм. При значительном объеме перевозок выработки обычно проводятся двухпутевыми.

Из этого правила могут стать исключением однопутевые орты-заезды и откаточные штреки, расположенные в висячем боку

рудной залежи при кольцевой схеме подготовки и одностороннем движении транспорта по этим выработкам.

После определения основных размеров поперечного сечения выработки, пользуясь графическими и аналитическими зависимостями между отдельными ее конструктивными параметрами, определяют все остальные, важные для последующих расчетов размеры поперечного сечения и конструктивных элементов выработки [3].

Таблица 3.20

Таблица для выбора подвижного состава

Производительность рудника тыс.т/год	Подвижной состав	
	Электровозы	Вагонетки
30 -300	К3-1; К5-1	ВГ-07; ВГ-1,2; УВО-0,5; УВО-0,8; УВГ-0,7
300-600	2К10-1	ВГ-2,2;ВГ-1,2; УВГ-2,2
600-1200	К5-2; 2К10-2	ВГ-1,2; ВГ-2,2
1500-3000	2К14-2; К20-2	ВГ-4,0 У
3000-5000	К28-2	ВГ-8,0

Таблица 3.21

Данные для определения габаритов подземного транспортного оборудования

Вагонетки			Электровозы		
Тип куз.,	Ширина, мм	Высота от головки рельс, мм	Тип куз.	Ширина, мм	Высота от головки рельс, мм
ВГ-0,7-600*	850	1250	4КР-600	1300	1515
ВГ-1,2-750	1000	1300	7КР1У-900	1332	1500
ВГ-2,2-750	1200	1300	10КР2-900	1348	1500

ВГ-4,0-900 1320 1550 14КР2-900 1350 1650

ВГ-8,0-900 1350 1550 К10-900 1350 1650
УВО-0,5-600 870 1200 К14-900 1350 1650

УВО-0.8-600 1000 1250 КТ28-900 1350 1650
УВО-1,0-750 1190 1250

УВБ-2,5-900 1340 1400

* - первая цифра - емкость вагонетки, вторая - ширина колеи.

Установленная расчетная площадь поперечного сечения выработки проверяется по скорости движения воздушной струи. Минимальная площадь, удовлетворяющая требованиям правил безопасности по максимально допустимой скорости движения воздуха определяется из выражения

$$Sсв = (Ав\ q\ Кн) / (N\ Vв\ 60),\ м^2\ ,\ (3.42)$$

где Ав - среднегодовой объем добычи, транспортируемой по выработке, т.;

q - количество свежего воздуха, проходящего по выработке на 1 т.добычи, $м^3$ / мин.;

Кн - коэффициент неравномерности добычи;

N - число рабочих дней в году;

Vв - допустимая скорость движения воздуха, м/сек.;

Величину q для рудных шахт в обычных условиях следует принимать равной 1,0 $м^3$ /мин., коэффициент неравномерности добычи - 1,3-1,45.

Если в результате проверочного расчета по формуле (3.42) площадь поперечного сечения окажется большей, чем установленная по габаритам транспортного оборудования с учетом безопасных зазоров, то для последующих расчетов принимается большая площадь, при этом линейные размеры поперечного сечения выработки соответствующим образом корректируются.

Размеры крепи можно принимать без расчета ее по величине горного давления, руководствуясь практическими соображениями или литературными данными.

На основании результатов расчета площади поперечного сечения выработки в свету и выбранных размеров крепи определя-

ется площадь поперечного сечения выработки в свету, вчерне и в проходке

$$S_{пр} = (1{,}03 - 1{,}06)\ S_{вч},\ м^2 \qquad (3.43)$$

Вычерчивается общий вид подготовительной выработки в ее поперечном сечении (рис. 3.11).

В пояснительной записке приводятся основные паспортные данные выработки: площадь поперечного сечения в свету, вчерне и в проходке, ее габаритные размеры (ширина и высота, тип крепи, расход крепежного материала на 1 пог.м. выработки).

На основании литературных данных, а также сведений, полученных при изучении курса "Основы горного дела", выбирается основное проходческое оборудование - буровое и погрузочное. Приводится тип выбранного оборудования и его основные технические данные: для перфораторов - вес,
число ударов поршня, ударная мощность, расход воздуха, скорость бурения; для погрузочных машин - емкость ковша, ширина фронта погрузки, габаритные размеры, производительность погрузки.

Число шпуров в забое можно определить по формуле Н.М.Покровского:

$$N = (q\ S_{вп}) / \gamma,\quad шт., \qquad (3.44)$$

где q - удельный расход В.В., кг/м^3 ;

γ - количество В.В. на 1 пог.м. шпура, кг.

Удельный расход В.В. можно принимать, руководствуясь следующими практическими данными: при взрывании по крепким породам с f - 10-20 q - 1,0-1,5 кг/ м^3, в породах средней крепости с f - 5-10 q - 0,5-1,0 кг/м^3, в породах мягких q = 0,2-0,4 кг/м^3.

Количество В.В. на 1 пог.м. шпура следует принимать равным 0,6-0,8 кг, или можно определить по формуле:

$$\gamma = 0{,}25\ \alpha\ \rho\ \pi\ d^2,\ кг/м^3, \quad где \qquad (3.45)$$

α - коэффициент заполнения шпуров (ориентировочно 0,7 - 0,85),

ρ - плотность ВВ, кг/м^3,

d - диаметр патронов ВВ.

Глубину шпуров можно ориентировочно определить по формуле

$$l = (0,5 - 0,8)B, \text{ м} \qquad (3.46)$$

где В - ширина выработки в проходке, м.,

или выбрать, руководствуясь данными представленными в табл. 3.22.

Таблица 3.22

Ориентировочные значения глубины шпуров при проведении горизонтальных выработок

Коэффициент крепости пород	Глубина шпуров (м) при площади поперечного сечения выработки	
	до 6,5 м	более 6,5 м
3-4	2,6-3,5	3,0-4,3
5-7	2,2-2,9	2,4-3,5
8-10	1,5-2,2	1,8-2,4
11-12	1,2-1,8	1,8-1,9
более 12	0,9-1,1	1,0-1,2

Выбирается тип вруба, глубина врубовых шпуров принимается на 15-20% большей, чем глубина рядовых шпуров. Далее производится расчет общего объема буровых работ на цикл.

На основании выбранных и определенных расчетом параметров составляется паспорт буровзрывных работ - вычерчивается в трех проекциях схема расположения шпуров в забое (рис. 3.12), а в пояснительной записке приводятся основные данные по буровзрывным работам: площадь забоя, количество шпуров, тип вруба, длина шпуров врубовых и отбойных, коэффициент использования шпуров (принимается на основании практики горных работ в соответствующих условиях), общий объем буровых работ на цикл, количество В.В. на взрыв, объем отбиваемой взрывам породы, удельный расход ВВ (фактический).

Определяется состав и последовательность выполнения основных технологических операций проходческого цикла, - бурения, уборки породы, крепления, заряжения и взрывания, проветривания. В случае, если горнотехническое условие проходки предопределя-

ют необходимость возведения временной крепи с последующей ее заменой постоянной крепью, то расчет производится только по работам, связанным с сооружением временной крепи, т.е. включенным в состав основного проходческого цикла.

Далее рассчитывается трудоемкость технологических операций основного цикла работ:

$$Тб = Qб / Нб, \text{ чел. см}, \quad (3.47)$$

$$Ту = Qу / Ну, \text{ чел. см}, \quad (3.48)$$

$$Тк = Qк / Нк, \text{ чел. см}, \quad (3.49)$$

$$Тз = Qз / Нз, \text{ чел. см}, \quad (3.50)$$

где Тб, Ту, Тк, Тз - трудоемкость работ соответственно по бурению шпуров, уборке породы, возведению крепи, заряжению шпуров, чел.-см.;

Qб, Qу, Qк, Qз - соответствующие объемы работ;

Нб, Ну, Нк, Нз - нормы выработки на соответствующие работы.

Нормы выработки на бурение шпуров переносными перфораторами принимается в расчете в соответствии с данными табл. 3.23 с учетом поправочных коэффициентов на диаметр шпуров и их глубину приведенных в табл. 3.24 и 3.25, [10]. При использовании для бурения буровых кареток норму выработки на бурение шпуров необходимо определять по технической характеристике буровых агрегатов с учетом крепости пород и чистого времени бурения 55-70% общей продолжительности работ на бурение шпуров.

Норма выработки на крепление принимается по данным табл. 3.26; на уборку породы - по данным табл. 3.27. Если при погрузке породы используется погрузочная машина, существенно отличающаяся по производительности от машин типа ППН-1с, то норму выработки на погрузку необходимо принимать исходя из ее технической производительности и чистого времени погрузки в объеме 60-70% общей продолжительности работ по погрузке породы.

Таблица 3.23

Нормы выработки на бурение шпуров переносными перфораторами, м/см

Типы перфораторов	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова				
	4-6	7-9	10-14	15-18	19-20
Легкие весом до 18 кг и мощн. до 1,5 л.с.	51	38	25 55	19	17
Средние весом 18--24 кг. и мощн. 1,4-2,2 л.с.	65	48	31	25	21
Тяжелые весом более 24 кг и мощн. более 2,2-3 л.с.	73	54	36	23	26
Тяжелые весом более 24 кг и мощн. более 3 л.с.	81	62	42	33	28
Легкие весом до 30 кг и мощн. до 3 л.с.	65	47	32	27	22
Средние весом до 45 кг и мощн. более 3 л.с.	74	53	37	29	26

Таблица 3.24

Значения поправочного коэффициента к нормам выработки на бурение шпуров в зависимости от диаметра шпуров.

Диаметр шпуров, мм	32	36	80	43	46
Значения поправочного коэффициента	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8

Таблица 3.25

Значения поправочного коэффициента к нормам выработки на бурение шпуров в зависимости от глубины шпуров

Глубина шпуров, м	1,5	2,5	4,0
Значения поправочного коэффициента	1,0	0,85	0,8

Таблица 3.26

Нормы выработки на крепление горизонтальных выработок деревянной и металлической арочной крепью, рам./см

Тип крепи	Площадь поперечного сечения выработки, $м^2$						
	до 4,0	4,0- 6,1- 8,1- 10,1- 12,1- 14,1 и -6,0 -8,0 -10,0 -12,0 -14,0 более					
Крепление деревянной крепью всплошную вразбежку	4,4	3,92	3,46	3,8	2,7	2,6	2,6
	4,25	3,80	3,35	2,96	2,6	2,96	2,0
Вразбежку с затяжкой	3,85	3,44	3,04	2,68	2,36	2,68	1,81

Установка металлической рамы из спецпрофиля СП-18	0,455
" СП-28	0,660
Затяжка кровли и боков для СП-18 и СП-28	0,263
Установка рам СП-18 с затяжкой боков и кровли при расстоянии между рамами, м. 1,0	0,835
0,75	0,770
0,50	0,715

Норму выработки на заряжение шпуров обычным способом можно определить из расчета нормы времени 4 мин. на заряжение

рабочим одного шпура. При использовании механических зарядчиков норма выработки на заряжение устанавливается с учетом технической производительности зарядчика и чистого времени их работы - 60% от общей продолжительности заряжения.

Таблица 3.27

Норма выработки на погрузку породы погрузочными машинами (на звено рабочих в составе 2-х человек), $м^3$

Виды работы	Емкость вагонетки до 1 $м^3$	Емкость вагонетки свыше 1 $м^3$
Погрузка в вагонетку (откатка ручная до 50 м), машиной ППН-1с	12-14	13-16
Погрузка в вагонетку (откатка ручная от 50 до 100 м) машиной ППН-1с	10-12	11-14
Погрузка в вагонетку (откатка электровозом) машиной ППН-1с	14-16	15-18

При использовании погрузочно-доставочных машин типа ПД-2, ПД-3, ПД-5 и т.д., или погрузочно-транспортных типа ПТ-2, ПТ-4 и др. нормы выработки увеличиваются в 2-2,5 раза по сравнению с вышеуказанными.

Далее определяется общая трудоемкость работ основного проходческого цикла

$$Тц = Тб + Ту + Тк + Тз \qquad (3.51)$$

и на основании результатов расчета устанавливается численный состав звена проходчиков и продолжительность цикла - $t_ц$. Время цикла необходимо принимать кратным смене, или целое число циклов в смену. При этом должно выдерживаться условие

$$Тц / n\ 7 + tпр > t\ цикла \qquad (3.52)$$

где n - число рабочих в звене, занятых выполнением работ в течении смены, чел.

7 час. - продолжительность рабочей смены.

Затем рассчитывается коэффициент перевыполнения норм выработки

$$Кп.н. = (7\ Тц) / n(тц - tпр), \qquad (3.53)$$

где tпр - время проветривания (учитывается в расчете в том случае, если проветривание забоя после взрыва проводится в рабочее время, принимается равным 30 мин.. и определяются затраты времени на выполнение отдельных технологических операций

$$t_б = (7Т_б) / n_б \text{ Кп.н., час} \quad (3.54)$$

$$t_у = (7\ Т_у) / n_у \text{ Кп.н., час} \quad (3.55)$$

$$t_к = (7\ Т_к) / n_к \text{ Кп.н., час} \quad (3.56)$$

$$t_з = (7\ Т_з) / n_з \text{ Кп.н., час} , \quad (3.57)$$

где nб, nу, nк, nз - число рабочих, занятых на выполнении соответствующих работ.

С использованием расчетных данных строится график циклической организации работ при проведении горной выработки.

В пояснительной записке приводится описание организации работ при выполнении технологических операций основного проходческого цикла, а также порядок производства вспомогательных работ (укладка рельсовых путей, подвеска вентиляционных рукавов, прокладка трубопроводов и т.д.).

3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ

Как уже указывалось выше, графическая часть работы выполняется в карандаше на листе ватмана с размерами 594х841 мм, а также в виде эскизов и схем, помещенных в пояснительной записке. Допускается выполнение графической части курсовой работы в туши.

На основном листе размещаются схемы вскрытия и подготовки месторождения, система разработки, а также общий вид подготовительной выработки в поперечном разрезе и схема расположения шпуров в забое.

Схема вскрытия месторождения выполняется на базе графической части задания в масштабе 1:5000. Вычерчиваются три разреза - продольная проекция шахтного поля на вертикальную плоскость, разрез вкрест простирания месторождения в плоскости расположения главной вскрывающей выработки и план откаточного горизонта.

На схеме вскрытия должно быть представлено расположение главных и вспомогательных вскрывающих выработок, деление месторождения на этажи или панели и расположение главных подготовительных выработок (штреков), показаны границы зоны сдвижения, при наличии концентрационных горизонтов - расположение капитальных рудоспусков; указаны размеры предохранительных берм (берм безопасности), высотные отметки главных откаточных горизонтов и устье вскрывающих выработок, разведанная глубина, при выдержанных элементах залегания рудных тел - средний угол падения и средняя мощность, значения углов сдвижения в коренных породах и наносах.

На плане откаточного горизонта, располагаемом под продольной проекцией шахтного поля на вертикальную плоскость, показывается расположение главных и вспомогательных вскрывающих выработок со схематичным изображением околоствольных дворов, расположение подготовительных выработок откаточного горизонта в увязке с контурами рудного тела, размерами капитальных рудоспусков и отводящих вентиляционных выработок.

Вычерчиваются границы предохранительных целиков, шахтного поля и предельные границы зоны сдвижения горных пород при выходе ее на поверхность.

На схеме подготовки показывается расстояние между ортами (при комбинированной схеме подготовки) и размеры шахтного поля (при крутом или наклонном падении рудных тел - только длина шахтного поля).

На всех вышеописанных проекциях стрелками показывается направление движения воздушной вентиляционной струи. Направление движения струи свежего воздуха показывается красной стрелкой, загрязненного - синей.

В правой нижней четверти листа над штампом размещается общий вид подготовительной выработки в поперечном разрезе и схема расположения шпуров в масштабе 1:50.

На общем виде подготовительной выработки показывается крепление, устройство откаточных путей, водоотливной канавки, габариты транспортного оборудования, подвеска контактного провода и осветительных приборов, размещение вентиляционных водяных и воздушных трубопроводов, силовых и осветительных кабелей

[8]. Указываются основные размеры: ширина и высота выработки в свету и в проходке, габариты транспортного оборудования и ширина безопасных размеров между подвижными составами и подвижным составом и стенками выработки, ширина колей, высота от головки рельс до контактного провода, ширина прохода на высоте 1,8 м. от головки рельс.

На схеме расположения шпуров показываются габаритные размеры забоя, длина и углы наклона шпуров, на основной проекции тонкой штрих пунктирной линией выделяется группа врубовых шпуров, цифрами у устья шпуров показывается очередность их взрывания.

Все чертежные работы выполняются в соответствии с требованиями ГОСТов и рекомендаций, изложенных в работе [9].

В правом нижнем углу чертежа размещается штамп, размеры которого в порядок заполнения граф должны соответствовать образцу. Все подписи в штампе, а также все надписи и текстовые пояснения на чертеже и эскизах должны быть выполнены топографическим

шрифтом (*курсив*). Высота букв выбирается в соответствии со значимостью текста и должна соответствовать стандарту: 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 7,0. мм.

В тексте пояснительной записки в обязательном порядке должны быть представлены: схема к определению места заложения главной вскрывающей выработки, эскиз принятого варианта системы разработки в трех проекциях с нанесением основных размеров ее конструктивных элементов, указанием направления движения вентиляционной струи в основных рабочих выработках выемочного блока и необходимыми объяснительными подписями; график цикличной организации работ при проведении подготовительной выработки, Схема расположения шпуров или скважин в очистном забое с указанием размеров длины шпуров или скважин расстояние между ними в ряду или расстояния между концами скважин в веере, а также расстояние между рядами или веерами скважин.

4. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах белой писчей бумаги размером 297х210 мм и включает: титульный лист (выполняется на обложке ватмана), задание на курсовую работу с графическим приложением, оглавление, расчетно-пояснительная часть с необходимыми по тексту эскизами, схемами и таблицами, список использованной литературы.

Титульный лист выполняется с применением стандартного чертежного (вертикального или наклонного) или топографического шрифта при строгом соответствии порядка размещения, содержания текста подписей и высоты букв шрифта. Допускается цветное художественное оформление шрифта в строке "пояснительная записка", а также написание текста " к курсовому проекту по Основам горного дела" цветной тушью (красной, синей, зеленой или коричневой) с измененной толщиной обводки.

Все остальные подписи и рамка титульного листа выполняются черной тушью.

Оглавление включает в себя перечень основных разделов записки с указанием номера страницы размещения раздела в тексте. Перед наименованием раздела в оглавлении и тексте записки ставится порядковый номер раздела арабскими цифрами.

Перед словом "Введение" и наименование раздела "Рекомендуемая литература" номер не ставится.

Текст расчетно-пояснительной записки размещается на странице с оставлением полей размером: слева и сверху - 25 мм, справа - 5-10 мм, снизу - 20 мм. Номер страницы проставляют на верхнем поле по средней линии листа, отступив 5 мм от среза. Нумерация страниц пояснительной записки - сквозная, начиная с оглавления и включая таблицы схемы и эскизы, выполненные на отдельных листах.

Наименование разделов в тексте пояснительной записки пишется топографическим шрифтом с высотой букв 3,5 мм тушью или чернилами. При большом объеме текста заголовка, не размещаемого в одной строке, он записывается в 2-3 симметричных строках. Наименование разделов подчеркивается одной сплошной чертой.

При большом объеме расчетов и пояснительного текста по разделу целесообразно разделить его на подразделы. В этом случае в начале подраздела посередине строки произвольным шрифтом с двойной обводкой букв записывается подзаголовок; ниже, отступив 1,5 см излагается текст подраздела. Нумеровать подчеркивать подзаголовки не следует.

Порядковый номер подразделов пишется следующим образом: сначала ставится порядковый номер раздела, затем - точка и после точки - собственно номер подраздела. Например, третий подраздел второго раздела записывается так: 2.3. Текст пояснительной записки должен быть написан сжато, четко, без общего рода рассуждений, аккуратно, без помарок и исправлений.

Расчеты представляются в виде формулы с последующей подстановкой в нее цифровых значений с указанием конечного результата расчета, т.е. без промежуточных расчетных стадий. Например:

$$q = \sum(l_{п.в.} (1 - K_R) 1000) / (S H \gamma (1 - Кп)) =$$
$$= (1200 (1 - 0,15) 1000) / 10500\ 50\ 2,6 (1 -0,1) =$$
$$= 0,83 \text{ пог.м./1000т}$$

Ниже формулы приводится расшифровка буквенных обозначений.

При заимствовании каких-либо данных литературы в тексте записки делается ссылка на использованный литературный источник. Ссылка выполняется в виде квадратных скобок с помещением в них порядкового номера литературного источника, под которым он значится в списке использованной литературы.

Ссылка на таблицы, схемы или эскизы в тексте записки производится в форме "см. рис.", "табл." или "продолжение (показано, приведено) в табл. (или на рис.)" с указанием номера соответствующей таблицы или рисунка. Рисунки и таблицы помещаются в тексте сразу же после ссылки на них; Если же это невозможно из-за недостатка места, то - в начале новой страницы. Перед таблицей с правой стороны пишется слово "Таблица" с соответствующим номером, ниже на всю ширину строки - полное наименование таблицы. При большом объеме текста названия он размещается в нескольких симметрично расположенных строках.

Графы таблицы вычерчиваются тушью, чернилами или карандашом под линейку.

Текст пояснительной записки рекомендуется излагать в следующей последовательности.

Раздел 1. Подсчет запасов: подсчет геологических запасов, построение охранных целиков и подсчет промышленных запасов, предварительный выбор системы разработки и расчет эксплуатационных запасов рудной массы.

Раздел 2. Определение годовой производительности и срока существования предприятия.

Раздел 3. Система разработки: выбор варианта системы разработки и основных ее конструктивных параметров, выбор технологической схемы и средств механизации очистных работ, определение производительности блока, числа действующих очистных забоев для обеспечения годовой производительности предприятия, расчет объема подготовительных и готовых к выемке запасов.

Раздел 4. Выбор способа вскрытия: рассмотрение технически возможных вариантов вскрытия шахтного поля и выбор конкурирующих вариантов, определение типа, количества и взаимного расположения вскрывающих выработок, выбор высоты этажа, определение места заложения главной вскрывающей выработки, технико-экономическое сравнение конкурирующих вариантов или расчетов стоимости выбранного варианта по основным статьям затрат.

Раздел 5. Выбор схемы подготовки шахтного поля: анализ варианта системы разработки и основных ее конструктивных параметров; определение типа, количества и взаимного расположения подготовительных выработок в шахтном поле, расчет удельного объема подготовительных работ на откаточном горизонте.

Раздел 6. Расчет проходки горной выработки: определение формы и размеров поперечного сечения выработки, типа и размеров крепи, выбор типа проходческого оборудования, расчет параметров буровзрывных работ, определение трудоемкости и времени выполнения основных технологических операций, продолжительности цикла и численного состава бригады проходчиков, построение графика цикличной организации работ.

Основные технико-экономические показатели.

В заключительной части пояснительной записки приводится список использованной литературы. Отступив 2-3 см от заключительного абзаца основной расчетно-пояснительной части записки

слева пишут слово "Литература" и ниже в последовательности и с нумерацией, соответствующей очередности ссылок в тексте, приводится перечень литературных источников. По каждому из них записывается: автор, инициалы автора, наименование работы, издательство, место и год издания.

Переписанный начисто материал вместе с заданием вкладывается в обложку с титульным листом и скрепляется металлическими скрепками в трех местах на расстоянии 10 мм от левого края титульного листа. На титульном листе рядом с фамилией исполнителя ставится его подпись и дата сдачи курсового проекта руководителю.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский. Разработка рудных и нерудных месторождений. - М.: Недра, 1983.
2. Справочник по горнорудному делу (Под редакцией В.А.Гребенюка и др.) - М.: Недра, 1983.
3. Справочник по горнорудному делу. ГНТИ литературы по горному делу, том 2, М., 1961.
4. Г.Н. Попов. Технология и комплексная механизация разработки рудных месторождений, Недра, 1970.
5. С.С.Борисов. Горное дело. Недра,1987.
6. Н.И.Мельников. Проведение и крепление горных выработок. М.: 1969.
7. Г.Г. Ломоносов и др. Горно-инженерная графика. М., Недра, 1976.
8. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки. - Санкт-Петербург: Гипроруда, 1993.
9. Горно-графическая документация

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Кокарев К.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Горного дела	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Валиев Н.Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 16.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Печатается по решению учебно-методической комиссии
Горно-технологического факультета

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Подземная геотехнология»

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 Горное дело как руководство для организации самостоятельной работы при выполнении практических работ, подготовки и написании рефератов, по изучению теоретических основ дисциплин, аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, написании курсовых работ (проектов).

Составлено в соответствие с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 21.05.04 Горное дело.

Введение

Самостоятельная работа студентов является одной из основных форм внеаудиторной работы при реализации учебных планов и программ.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления ученика, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Этапы самостоятельной работы:

- осознание учебной задачи, которая решается с помощью данной самостоятельной работы;
- ознакомление с инструкцией о её выполнении;
- осуществление процесса выполнения работы;
- самоанализ, самоконтроль;
- проверка работ студента, выделение и разбор типичных преимуществ и ошибок.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы на очном отделении составляет до 50% от количества аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, на заочном отделении количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Формы самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины.

видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.
- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление

плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

1. Методические рекомендации

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа обучающегося предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

При изучении дисциплины обучающиеся выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические / семинарские занятия.

1.1. Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от

обучающегося требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая обучающемуся понять глубинные процессы развития изучаемого предмета как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность обучающегося. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

1.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям (семинарам)

Подготовку к каждому практическому занятию обучающийся должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности обучающегося свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение

рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме.

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности обучающихся по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения обучающихся. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим обучающимся. В целях контроля подготовленности обучающихся и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе семинарских занятий может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

При подготовке к семинару обучающиеся имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем обучающиеся вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

1.3. Методические рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод

выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого обучающийся знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информации может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

– сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;

– обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;

– фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;

– готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;

– работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;

– пользоваться реферативными и справочными материалами;

– контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;

– обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим обучающимся.

– пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);

– использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;

– повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;

– обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);

– использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

1.4. Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачета

Подготовка к зачету способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к зачету, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На зачете обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

Подготовка к зачету включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные преподавателем правовые акты, основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

– внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

– внимательно прочитать рекомендованную литературу;

– составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

1.1. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, обучающийся ликвидирует

имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

Подготовка к экзамену включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к экзамену обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

– внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

– внимательно прочитать рекомендованную литературу;

– составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

1.5. Методические рекомендации по подготовке доклада

Написание доклада является:

– одной из форм обучения, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы обучающихся;

– одной из форм научной работы обучающихся, целью которой является расширение их научного кругозора, ознакомление с методологией научного поиска.

Доклад, как форма обучения - это краткий обзор доступных публикаций по заданной теме.

Темы докладов определяются преподавателем и содержатся в программе курса.

Преподаватель рекомендует литературу, которая может быть использована для написания доклада.

Целью написания докладов является:

– привитие обучающимся навыков библиографического поиска необходимой литературы (на бумажных носителях, в электронном виде);

– привитие обучающимся навыков компактного изложения мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу в письменной форме, научно грамотным языком и в хорошем стиле;

– приобретение обучающимися навыка грамотного оформления ссылок на используемые источники, правильного цитирования авторского текста; – с максимальной полнотой использовать литературу по выбранной теме (как рекомендуемую, так и самостоятельно подобранную) для правильного понимания авторской позиции;

Алгоритм создания доклада:

1 этап – определение темы доклада

2 этап – определение цели доклада

3 этап − подробное раскрытие информации

4 этап − формулирование основных тезисов и выводов.

Требования к содержанию доклада:

– -материал, использованный в докладе, должен относиться строго к выбранной теме;

– -необходимо изложить основные аспекты проблемы не только грамотно, но и в соответствии с той или иной логикой (хронологической, тематической, событийной и др.)

– -при изложении следует сгруппировать идеи разных авторов по общности точек зрения или по научным школам;

Объем работы должен быть, как правило, не менее 5-10 страниц. Работа должна выполняться через одинарный интервал 14 шрифтом, размеры оставляемых полей: левое - 25 мм, правое -15 мм, нижнее -20 мм, верхнее -20 мм. Страницы должны быть пронумерованы.

Требования к выступлениям студентов

Одним из условий, обеспечивающих успех семинарских занятий, является совокупность определенных конкретных требований к выступлениям, докладам, рефератам студентов. Эти требования должны быть достаточно четкими и в то же время не настолько регламентированными, чтобы сковывать творческую мысль, насаждать схематизм.

Перечень требований к любому выступлению студента примерно таков:

- связь выступления с предшествующей темой или вопросом;
- раскрытие сущности проблемы;
- методологическое значение для научной, профессиональной и практической деятельности.

Важнейшие требования к выступлениям студентов – самостоятельность в подборе фактического материала и аналитическом отношении к нему, умение рассматривать примеры и факты во взаимосвязи и взаимообусловленности, отбирать наиболее существенные из них.

Приводимые участником семинара примеры и факты должны быть существенными, по возможности перекликаться с профилем обучения. Примеры из области наук, близких к будущей специальности студента, из сферы познания, обучения поощряются руководителем семинара. Выступление студента должно соответствовать требованиям логики. Четкое вычленение излагаемой проблемы, ее точная формулировка, неукоснительная последовательность аргументации именно данной проблемы, без неоправданных отступлений от нее в процессе обоснования, безусловная доказательность, непротиворечивость и полнота аргументации, правильное и содержательное использование понятий и терминов.

Обсуждение докладов и выступлений

Порядок ведения семинара может быть самым разнообразным, в зависимости от его формы и тех целей, которые перед ним ставятся.

Обычно имеет место следующая последовательность:

а) выступление (доклад) по основному вопросу;

б) вопросы к выступающему;

в) обсуждение содержания доклада, его теоретических и методических достоинств и недостатков, дополнения и замечания по нему;
г) заключительное слово докладчика;
д) заключение преподавателя.

Разумеется, это лишь общая схема, которая может включать в себя развертывание дискуссии по возникшему вопросу и другие элементы.

При реферативно-докладной форме семинара первыми получают слово ранее намеченные докладчики, а при развернутой беседе - желающие выступить. Принцип добровольности выступления сочетается с вызовом студентов. Остальным желающим выступить по основному вопросу, чтобы не погасить у них интереса к семинару, можно посоветовать быть готовыми для анализа выступлений товарищей по группе, для дополнений и замечаний.

Желательно, чтобы студент излагал материал свободно.

Преподавателю, по возможности не следует прерывать выступление студента своими замечаниями и комментариями. Допустима тактичная поправка неправильно произнесенного слова, ошибочного ударения и т. п. Если далее выступающий допустил ошибки, гораздо лучше, если не сам преподаватель, а другие участники семинара первыми сделают ему соответствующее замечание.

Обстановка в аудитории во время выступления докладчика находится постоянно в сфере внимания руководителя семинара. Добиваясь внимательного и аналитического отношения студентов к выступлениям товарищей, руководитель семинара заранее ставит их в известность, что содержательный анализ выступления, доклада или реферата он оценивает так же высоко, как и выступление с хорошим докладом.

Вопросы к докладчику задают прежде всего студенты, а не преподаватель, в чем их следует поощрять. Необходимо требовать, чтобы вопросы, задаваемые студентам, были существенны, связаны с темой, точно сформулированы. Вопросам преподавателя обычно присущи следующее требования:

- ясность и четкость формулировок, определенность границ, весомость смысловой нагрузки;
- уместность постановки вопроса в данный момент, острота его звучания в сложившейся ситуации, пробуждающая живой интерес студенческой аудитории;
- вопросы должны быть посильными для студентов.

По своему характеру вопросы бывают уточняющими, наводящими, встречными; другая категория вопросов, например, казусных, может содержать предпосылки различных суждений, быть примером или положением, включающим кажущееся или действительное противоречие.

Уточняющие вопросы имеют своей целью заставить студента яснее высказать мысль, четко и определенно сформулировать ее, чтобы установить, оговорился ли он или имеет место неверное толкование проблемы. Ответ позволяет преподавателю принять правильное решение: исправленная оговорка снимает вопрос, ошибочное мнение выносится на обсуждение участников семинара, но без подчеркивания его ошибочности.

Наводящие или направляющие вопросы имеют своей задачей ввести полемику в нужное русло, помешать нежелательным отклонениям от сути

проблемы. Важно, чтобы такие вопросы приоткрывали новые сферы приложения высказанных положений, расширяли мыслительный горизонт студентов. Наводящие вопросы на вузовском семинаре являются редкостью и ставятся лишь в исключительных случаях.

Встречные вопросы содержат требования дополнительной аргументации, а также формально-логического анализа выступления или его отдельных положений. Цель таких вопросов — формирование у студентов умения всесторонне и глубоко обосновывать выдвигаемые положения, способности обнаруживать логические ошибки, обусловившие неубедительность или сомнительность вывода.

Казусные вопросы предлагаются студенту или всей группе в тех случаях, когда в выступлении, докладе проблема освещена в общем-то верно, но слишком схематично, все кажется ясным и простым (хотя подлинная глубина проблемы не раскрыта) и в аудитории образуется «вакуум интересов». Возникает необходимость показать, что в изложенной проблеме не все так просто, как это может показаться. По возможности, опираясь на знания, уже известные студентам, преподаватель найдет более сложный аспект проблемы и вынесет его на обсуждение в виде вопроса. Цель таких вопросов в том, чтобы сложное, противоречивое явление реальной действительности, содержащее в себе предпосылки для различных суждений, было осмыслено студентами в свете обсужденной теоретической проблемы, чтобы студент научился мыслить шире и глубже.

Вопрос может быть поставлен в чисто теоретическом плане, но могут быть упомянуты и конкретные случаи, события, по возможности близкие или хорошо известные участникам семинара, и предоставлена возможность самим комментировать их в плане теоретической проблемы, обсуждаемой на семинаре.

Вопросы, преследующие создание «ситуации затруднений», обычно представляют собой две-три противоречащих друг другу формулировки, из которых необходимо обнаружить и обосновать истинную, или же берется высказывание какого-либо автора (без указания его фамилии) для анализа. В основном характер таких вопросов совпадает с постановкой задач на самостоятельность мышления.

1.6. Методические рекомендации по составлению глоссария

1. Внимательно прочитайте и ознакомьтесь с текстом. Вы встретите в нем много различных терминов, которые имеются по данной теме.

2. После того, как вы определили наиболее часто встречающиеся термины, вы должны составить из них список. Слова в этом списке должны быть расположены в строго алфавитном порядке, так как глоссарий представляет собой не что иное, как словарь специализированных терминов.

3. После этого начинается работа по составлению статей глоссария. Статья глоссария - это определение термина. Она состоит из двух частей: 1. точная формулировка термина в именительном падеже; 2. содержательная часть, объемно раскрывающая смысл данного термина.

При составлении глоссария важно придерживаться следующих правил:

- стремитесь к максимальной точности и достоверности информации;
- старайтесь указывать корректные научные термины и избегать всякого рода жаргонизмов. В случае употребления такового, давайте ему краткое и понятное пояснение;
- излагая несколько точек зрения в статье по поводу спорного вопроса, не принимайте ни одну из указанных позиций. Глоссарий - это всего лишь констатация имеющихся фактов;
- также не забывайте приводить в пример контекст, в котором может употреблять данный термин;
- при желании в глоссарий можно включить не только отельные слова и термины, но и целые фразы.

1.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы для освоения дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий, она в значительной мере определяет успех обучения в университете. Самостоятельная работа способствует приобретению глубоких и прочных знаний по изучаемым дисциплинам, вырабатывает умение ориентироваться в огромном потоке информации и дает навыки работы с учебной и научной литературой. Самостоятельная работа приучает делать обобщения и выводы, вырабатывает умение логично излагать изучаемый материал, формирует творческий подход, способствует использованию полученных знаний для разнообразных практических задач, развивает самостоятельность в принятии решений. Необходимо помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с начала семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, чтобы заставить себя работать с полной отдачей. Необходимо помнить, что время учебы крайне ограничено, его нельзя растрачивать понапрасну. Следует осознать, что, если не использовать для занятий всего лишь один вечер в неделю, то за год их наберется не менее 40, т.е. полтора учебных месяца окажутся потерянными. Успеху в самостоятельной работе способствует соблюдение некоторых правил. Прежде всего, следует приучить себя начинать работу немедленно, как только сели за стол. Надо работать сосредоточенно и все доводить до конца. Необходимо определить реальный объем работы и продумать последовательный план ее выполнения. Работать следует не спеша, но аккуратно, точно. Излишняя поспешность влияет на качество самостоятельной работы.

Необходимо самостоятельно планировать свое рабочее время, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала. Важно полнее осознать цели своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

В процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с литературой. Без навыка правильного использования источников будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

Работу с книгой следует начать с беглого ознакомления, чтобы решить, есть ли там материал, необходимый для самостоятельной работы. В первую очередь, ознакомиться с титульной страницей, на которой указаны автор, название и год издания. На обороте титульной страницы обычно помещена аннотация, в которой дается сжатая характеристика книги с указанием, для какого круга читателей она предназначена. Особое внимание следует обратить на оглавление, так как оно раскрывает содержание книги. Предисловие позволит узнать, с какой целью книга написана, каким вопросам посвящена. В заключение книги подводятся итоги, делаются выводы. Чтение книги может быть сплошным и выборочным (чтение отдельных глав или разделов). Чтение должно быть вдумчивым, внимательным, при чтении не следует торопиться. При чтении могут встретиться непонятные слова, термины и определения. В этих случаях следует обратиться к справочнику или соответствующему словарю. Не следует при чтении пропускать сноски и примечания, т.к. в них разъясняются отдельные места, дополняются сжато изложенные в тексте положения. При чтении необходимо выделить основную мысль, представить прочитанное как единое целое. Это легче сделать, если при чтении каждого параграфа (раздела) самому себе ответить на вопросы, о чем говорится в данной части текста, чем сказанное подтверждается или поясняется.

Заключительным этапом изучения книги, статьи является запись, конспектирование прочитанного. Конспект - это сжатое логически связанное изложение прочитанного. В конспекте помещаются не только главные положения книги, но и аргументы (цифры, примеры, таблицы и т.д.). Конспект позволяет быстро восстановить в памяти содержание прочитанной книги. Кроме того, процесс конспектирования организует мысль, побуждает читающего к обдумыванию, к активному мышлению, улучшает качество усвоения и запоминания. Запись способствует выработке ясно, четко и лаконично формулировать и излагать мысль. Запись следует вести сжато и обязательно своими словами. Помимо сказанного следует иметь в виду, что научиться извлекать из книги все полезное, овладеть рациональными методами чтения и конспектирования можно только на основании практического опыта регулярной работы с книгой.

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа обучающегося предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

1.8.Методические рекомендации по созданию презентации

Алгоритм создания презентации:

1 этап – определение цели презентации

2 этап – подробное раскрытие информации,

3 этап − основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный. Предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;

- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;

- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

Роль студента:

• изучить материалы темы, выделяя главное и второстепенное;
• установить логическую связь между элементами темы;
• представить характеристику элементов в краткой форме;
• выбрать опорные сигналы для акцентирования главной информации и отобразить в структуре работы;
• оформить работу и предоставить к установленному сроку.

Требования к оформлению и представлению презентации:

1. Читабельность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.

2. Тщательно структурированная информация.

3. Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.

4. Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.

5. Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.

6. Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.

7. Графика должна органично дополнять текст.

8. Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

Не рекомендуется:

- перегружать слайд текстовой информацией;
- использовать блоки сплошного текста;
- в нумерованных и маркированных списках использовать уровень вложения глубже двух;
- использовать переносы слов;
- использовать наклонное и вертикальное расположение подписей и текстовых блоков;
- текст слайда не должен повторять текст, который преподаватель произносит вслух (зрители прочитают его быстрее, чем расскажет преподаватель, и потеряют

интерес к его словам).

Рекомендуется:

- сжатость и краткость изложения, максимальная информативность текста: короткие тезисы, даты, имена, термины — главные моменты опорного конспекта;
- использование коротких слов и предложений, минимум предлогов, наречий, прилагательных;
- использование нумерованных и маркированных списков вместо сплошного текста;
- использование табличного (матричного) формата предъявления материала, который позволяет представить материал в компактной форме и наглядно показать связи между различными понятиями;
- выполнение общих правил оформления текста;
- тщательное выравнивание текста, буквиц, маркеров списков;
- горизонтальное расположение текстовой информации, в т.ч. и в таблицах;
- каждому положению, идее должен быть отведен отдельный абзац текста;
- основную идею абзаца располагать в самом начале — в первой строке абзаца (это связано с тем, что лучше всего запоминаются первая и последняя мысли абзаца);
- идеально, если на слайде только заголовок, изображение (фотография, рисунок, диаграмма, схема, таблица и т.п.) и подпись к ней.

1.9. Методические рекомендации по выполнению рефератов

Реферат предусматривает углубленное изучение дисциплины, способствует развитию навыков самостоятельной работы с литературными источниками.

Реферат – краткое изложение в письменном виде содержания научного труда по предоставленной теме. Это самостоятельная научно-исследовательская работа, где студент раскрывает суть исследуемой проблемы с элементами анализа по теме реферата. Приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на проблемы темы реферата. Содержание реферата должно быть логичным, изложение материала носить проблемно-тематический характер.

Требования к оформлению реферата:

Объем реферата может колебаться в пределах 15-20 печатных страниц. Основные разделы: оглавление (план), введение, основное содержание, заключение, список литературы.

Текст реферата должен содержать следующие разделы:

- титульный лист с указанием: названия ВУЗа, кафедры, темы реферата, ФИО автора и ФИО преподавателя – куратора.
- введение, актуальность темы.
- основной раздел.
- заключение (анализ результатов литературного поиска); выводы.
- библиографическое описание, в том числе и интернет-источников, оформленное по ГОСТ 7.1 – 2003; 7.80 – 2000.
- список литературных источников должен иметь не менее 10 библиографических названий, включая сетевые ресурсы.

Текстовая часть реферата оформляется на листе следующего формата:
- отступ сверху – 2 см; отступ слева – 3 см; отступ справа – 1,5 см; отступ снизу – 2,5 см;
- шрифт текста: Times New Roman, высота шрифта – 14, пробел – 1,5;
- нумерация страниц – снизу листа. На первой странице номер не ставится.

Реферат должен быть выполнен грамотно с соблюдением культуры изложения. Обязательно должны иметься ссылки на используемую литературу, включая периодическую литературу за последние 5 лет).

Критерии оценки реферата:

- актуальность темы исследования;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала;
- правильность и полнота разработки поставленных вопросов;
- значимость выводов для дальнейшей практической деятельности;
- правильность и полнота использования литературы;
- соответствие оформления реферата стандарту;
- качество сообщения и ответов на вопросы при защите реферата.

1.10 Методические указания к выполнению контрольной работы

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями в области подземной разработки месторождений. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Контрольные выполняются студентами самостоятельно. Тема контрольной работы известна и проводится она по сравнительно недавно изученному материалу.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений, чётко и логично излагать свои мысли. Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения

соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Канков Е.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Шахтного строительства
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Волков М.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 5-19/20 от 12.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 4
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 5
3. Контрольные работы 9
3.1. Контрольная работа №1. Определение размеров и выбор формы горной выработки 9
3.2. Контрольная работа №2. Определение объемов горнопроходческих (горностроительных) работ 10
3.3.Контрольная работа №3. Определение продолжительности выполнения основных горно-проходческих операций и составление графика цикличной организации работ 11
Рекомендуемая литература 12

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы - 89 часов, заочной – 155 часов.

По курсу «Строительная геотехнология» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; подготовка и защита контрольных работ. Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и упражнения предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «*Строительная геотехнология*». Она содержит названия 6 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре шахтного строительства имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения [3]. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема №1. Обобщенная классификация комплексов горных выработок и подземных сооружений.

Определения понятий «горная выработка», «комплекс горных выработок», «строительная геотехнология». Классификация комплексов горных выработок. (§ 9, С. 153-154).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под комплексом горных выработок?
2. Что изучает научная дисциплина «строительная геотехнология»?
3. По каким признакам классифицируются горные комплексы, не связанные с добычей полезных ископаемых?

Тема №2. Городские подземные комплексы

Общие сведения о видах городских подземных комплексах (метрополитены, коллекторные сети и т.д.). Состав и структура городских подземных комплексов, нормативные требования, предъявляемые к ним. (§ 10, С. 154-265).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. На какие группы делятся городские подземные?
2. Дайте определение тоннелю и развязке.
3. Перечислите основные элементы тоннеля.
4. По каким признакам классифицируются городские транспортные тоннели?
5. Какие существуют виды трассировок тоннелей?
6. Какие факторы формируют приток воды в городские подземные комплексы?
7. Перечислите способы гидроизоляции городских подземных комплексов?
8. Что понимается под вскрытием тоннелей? Какие существуют схемы вскрытия тоннелей?
9. Дайте определение «подземный гараж», «подземная парковка».
10. По каким признакам классифицируются подземные гаражи и автостоянки?
11. Какие требования предъявляют к системе вентиляции подземных гаражей и автостоянок?
12. Каким образом производится определение ширины пешеходных тоннелей и подуличных переходов?
13. Назовите способы перемещения пешеходов в подуличных переходах.
14. Дайте определение «коллектор» и «коллекторная сеть».
15. Назовите основные типы коллекторов.
16. Назовите системы канализации и способы транспортировки стоков.

17. Что называется метрополитеном? Назовите виды и основные характеристики метрополитена.

18. Перечислите состав метрополитена.

19. По каким параметрам определяются размеры станций метрополитена?

20. По каким признакам классифицируются станций метрополитена?

21. Опишите внутренние конструкции станций метрополитена.

22. По каким признакам разделяются тоннели метрополитена?

23. Опишите эскалаторные и лифтовые комплексы станций метрополитена. Какие из них по вашему мнению наиболее предпочтительней?

24. Какие вспомогательные службы обеспечивают безопасную эксплуатацию метрополитена?

25. Перечислите приоритетные направления комплексного использования городского подземного пространства.

26. Назовите группы городских подземных сооружений промышленного назначения.

Тема №3. Магистральные внегородские тоннели

Общие сведения о видах магистральных внегородских тоннелях. Классификация магистральные внегородские тоннели, нормативные требования, предъявляемые к ним. (§ 11, С. 265-274).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Каково назначение магистральных внегородских тоннелей?

2. Для каких видов транспорта строят магистральные внегородские тоннели?

3. Перечислите основные отличия магистральных внегородских тоннелей от городских.

4. По каким норма проектируют железнодорожные тоннели?

5. Какие тоннели называются подводными? Какими способами может вестись их строительство?

Тема №4. Подземные энергетические комплексы

Общие сведения о видах подземных энергетических комплексах. (§ 12, С. 274-281).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие существуют виды подземных энергетических комплексов?

2. Что является причиной подземного размещения энергетических комплексов?

3. Расшифруйте аббревиатуры ГАЭС, ВГАЭС и назовите назначение.

4. Назовите назначение и классификацию гидротехнических тоннелей?

Тема №5. Подземные склады и хранилища, заводы и оборонительные сооружения

Общие сведения о подземных складах и хранилищах, заводах и оборонительных сооружениях. Состав, структура и компоновочные решения. (§ 13, С. 282-289).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Где могут быть размещены подземные склады и хранилища?
2. Какие условия необходимы для размещения отходов атомных электростанций?
3. Перечислите типы хранилищ для хранения нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов.
4. Какие элементы должны входить в состав подземных заводов?
5. Перечислите направления использования подземного пространства в оборонительных целях.

Тема №6. Способы строительства горнотехнических объектов

Общие сведения о способах строительства горнотехнических объектов. Технологические схемы проведения и строительства подземных вертикальных, горизонтальных и наклонных выработок. Специальные способы строительства горных выработок. Основные и вспомогательные горнопроходческие процессы и операции. Горнопроходческие машины и оборудование. Общие сведения об организации горнопроходческих работ. (§ 20, 21, С. 409-516).

Дополнительная литература: [2-5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется способом строительства?
2. По каким признакам разделяются способы строительства горнотехнических объектов?
3. Что такое ПОС? Что в нем рассматривается?
4. Кто разрабатывает ПОС? Как определяется объем и состав ПОС?
5. Что такое ППР? Кто разрабатывает ППР?
6. Что называется циклом?
7. Что такое «уходка»? Каким образом она определяется?
8. Назовите основные способы разрушения горных пород.
9. Опишите схемы проветривания забоев при строительстве горных выработок.
10. Какие лесные материалы применяют для крепления горных выработок?
11. Что такое бетон, как он готовится, какие марки бетона существуют?
12. В каком виде для крепления применяется металл и сборный железобетон?
13. Какие существуют способы и схемы проходки вертикальных шахтных стволов?

14. Назовите основные операции проходческого цикла и опишите, как они осуществляются.

15. Какие виды крепи вертикальных шахтных стволов существуют и как ее возводят?

16. Что такое армировка ствола?

17. Назовите специальные способы проходки вертикальных шахтных стволов и условия, в которых они применяются.

18. Опишите способ применения забивной крепи.

19. Что такое опускная крепь?

20. Как осуществляется проходка вертикальных шахтных стволов с замораживанием пород?

21. Что такое тампонирование горных пород?

22. Как производится понижение уровня грунтовых вод при специальных способах проведения стволов?

23. Что такое углубка действующих вертикальных шахтных стволов?

24. Опишите способы углубки стволов сверху вниз.

25. Опишите способы углубки стволов снизу вверх.

26. Как определяются форма и размеры поперечного сечения квершлагов?

27. Из каких операций состоит проходческий цикл при проходке квершлагов?

28. Как производится уборка взорванной породы и какие погрузочные машины при этом используются?

29. Опишите основные виды деревянной, металлической и каменной крепей горизонтальных выработок.

30. Опишите способы проходки штреков по тонким пластам узким и широким забоем.

31. Опишите способы проходки восстающих выработок.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании вычисления.

2. В соответствии с заданием определяют параметры горной выработки.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и расчетов на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формул в общем виде, их числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Контрольная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ВЫБОР ФОРМЫ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Цель работы – овладение методикой выбора формы и размеров горной выработки с учетом горно-геологический и горно-технологических факторов.

Определяемые в работе, размеры выработок определяются в соответствии существующим нормативным требованиями к проектированию подземных горных выработок.

Теоретическая основа дается в учебнике §1.1, 1.2 [5].

Методика работ

1. По исходным данным определяем основные параметры проектируемой горной выработки (удароопасность массива горных пород, срок службы горной выработки). По данным параметрам выбираем наиболее подходящую форму горной выработки.

2. По габаритам заданного оборудования и в соответствии с существующими требованиями к технологическим зазорам (основные требования приведены в §1.2 [5]) определяем минимальные размеры ваработки и определяем площадь выработки «в свету».

3. По формуле 1.1 [5] производим проверку полученной площадь выработки «в свету» на скорость движения воздуха. При не выполнении условия прозводим изменении принятых размеров.

Задание:

1. Определить минимальные размеры горизонтальной горной выработки, обеспечивающие размещение заданного подземного транспорта, а также движение требуемого количества воздуха по данной горной выработке.

Контрольная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ (ГОРНОСТРОИТЕЛЬНЫХ) РАБОТ

Цель работы – овладение методикой определения объёмов работ, выполняемых при строительстве горных выработок буро-взрывным способом.

При определении объёмов работ необходимо правильно выбирать значения различных коэффициентов (К.И.Ш., К.И.С., коэффициент разрыхления), зависящие от физико-механических свойств горных пород.

Теоретическая основа

§13 [5].

Методика эксперимента

1. Определить состав горно-проходческих работ выполняемых в цикле. При выборе необходимо учитывать технологию и время выполнения отдельных операций.

2. В зависимости от принятого состава работ выбрать методику определения объемов работ, которая зависит от вида работы и способа учёта их производительности (единицы измерения).

3. Произвести подсчет объёмов выполняемых работ.

Задание:

1. Определить необходимый состав горно-проходческих работ, необходимых для продвигания забоя горной выработки.

2. Определить численное значение объемов горно-проходческих работ.

Контрольная работа №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ГОРНО-ПРОХОДЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА ЦИКЛИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Цель работы – определить трудоемкость и продолжительность отдельных горно-проходческих операций и всего цикла в целом, необходимого численного состава звена для выполнения данных операций. На основании полученных данных произвести построение графика цикличной организации работ.

Определение трудоёмкости горно-проходческих операций производится в соответствии с действующими нормами времени.

Теоретическая основа

§13 [5].

Методика эксперимента

1. Определяем максимально допустимую продолжительность цикла и принимаем продолжительность рассчитываемого цикла, которое не должно превышать максимально допустимое.

2. Определяем трудоемкость всех отдельных горно-проходческих операций, входящих в состав цикла, и суммарную трудоемкость цикла.

3. Рассчитываем требуемый численный состав звена, исходя из рассчитанной трудоемкости цикла и принятой его продолжительности.

4. Производим определение коэффициента переработки рабочих и определяем расчетное время выполнения каждой операции цикла.

5. Определяем продолжительность вспомогательных операций цикла и производим определение чистого времени выполнения каждой операции цикла.

6. Производим построение графика выполнения работ горно-проходческого цикла.

Задание:

1. Определить трудоемкость отдельных горно-проходческих операций и суммарную трудоемкость цикла.

2. Определить численный состав звена и продолжительность горно-проходческих операций цикла.

3. Построить циклограмму горно-проходческих работ.

Рекомендуемая литература

1. Половов Б.Д., Химич А.А., Валиев Н.Г. Основы горного дела: общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии: учебник для вузов / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. горный ун-т». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. 789 с.

2. Основы горного дела : учебное пособие / Б. Д. Половов ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Ч. 2. - Екатеринбург : УГГУ, 2005. - 212 с.

3. Килячков А.П. Технология горного производства. – М.: Недра, 1992. – 414 с.

4. Покровский Н.М. Комплексы подземных горных выработок и сооружений. -М.: Недра, 1987. - 247 с.

5. Шахтное и подземное строительство. Проведение горизонтальных и наклонных выработок: Учебное пособие / М.В. Корнилков, В.Е. Боликов, Ю.Н. Осколков, Б.Д. Половов, О.Г. Латышев, Ю.К. Краев, А.Г. Петрушин, Д.А. Черев, М.Н. Волков. Под общ. ред. М.В. Корнилкова.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 188 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.22 ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4
Маркшейдерское дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хамидулин И. Х., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«____» _____ 2019 г.
Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
для студентов
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 7
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ 8
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ 12
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ 16
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ 19
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ 21
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 26
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 29
ПРИЛОЖЕНИЕ А 30
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 31

ВВЕДЕНИЕ

Цель практических занятий – развитие навыков проведения лабораторных опытов и помощь в закреплении теоретических знаний по дисциплине.

Практические работы выполняются побригадно, а отчёт по работе каждый студент составляет самостоятельно. Отчёт по работе должен содержать изложение последовательности выполнения работы с необходимыми расчётами (таблица 1.1), схемой подготовки проб, схемой устройства для проведения опытов, эскизами основных узлов, таблицами результатов опытов, графиками, математическими зависимостями и выводами по проделанной работе.

Таблица 1.1 – Расчётные выражения для определения показателей обогащения

№ п/п	Показатель	Расчётные выражения	
		два продукта разделения	***n* продуктов разделения**
1	Баланс по материалу	$Q = C + T$ $100 = \gamma_{\hat{e}} + \gamma_{\tilde{o}}$	$Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i$ $100 = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i$
2	Баланс по ценному компоненту	$Q \cdot \alpha = C \cdot \beta + T \cdot \vartheta$ $100 \cdot \alpha = \gamma_{\hat{e}} \cdot \beta + \gamma_{\tilde{o}} \cdot \vartheta$ $100 = \varepsilon_{\hat{e}} + \varepsilon_{\tilde{o}}$	$100 \cdot \alpha = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot \beta_i$
3	Массовая доля ценного компонента	$\alpha = (P_{\alpha} / Q) \cdot 100, \ \%$ $\beta = (P_{\beta} / \tilde{N}) \cdot 100, \ \%$ $\vartheta = (P_{\vartheta} / T) \cdot 100, \ \%$	$\beta_i = \frac{P_i}{Q_i} \cdot 100, \ \%$
4	Выход продукта	$\gamma_{\hat{e}} = (C/Q) \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100, \ \%$ $\gamma_{\tilde{o}} = (T/Q) \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100, \ \%$	$\gamma_i = \frac{Q_i}{Q} \cdot 100, \ \%$
5	Извлечение ценного компонента в продукт	$\varepsilon_{\hat{e}} = \frac{C \cdot \beta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta) \cdot \beta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100, \ \%$ $\varepsilon_{\tilde{o}} = \frac{T \cdot \vartheta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha) \cdot \vartheta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100, \ \%$	$\varepsilon_i = \gamma_i \cdot \frac{\beta_i}{\alpha}$

где Q, C, T – массы исходного материала, концентрата и хвостов, соответственно; $\gamma_к$; $\gamma_х$ – выход концентрата и хвостов, соответственно; α, β, ϑ – массовые доли компонента соответственно в исходном материале, в кон-

центрате, хвостах; Q_i, γ_i, – масса и выход i-ого продукта; P_α, P_β, P_ϑ, P_i – масса ценного компонента в исходном материале, концентрате, хвостах, в i-ом продукте разделения; $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в концентрат и в хвосты, соответственно.

На титульном листе отчёта должны быть указаны название работы, шифр группы, фамилия исполнителя. Отчёт должен быть подписан студентом.

Защиту отчёта проводят после его проверки преподавателем. При защите необходимо знать цель работы, устройство и назначение применяемых аппаратов, способы управления и органы управления, методику проведения работы, формулы (таблица 1.1), использованные для расчётов, а также уметь объяснять полученные результаты и закономерности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Цель:

- изучить конструкции щековой и валковой дробилок;
- изучить способ дробления исходного продукта;
- определить степень дробления;
- определить фактическую производительность щековой и валковой дробилок.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала (крупность 150-0 мм);
- дробилка щековая;
- дробилка валковая;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу материала.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию дробилки и определить конструктивные и механические параметры.
4. Определить средний максимальный кусок до дробления.
5. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через ще-

ковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.

6. Определить средний максимальный кусок после дробления.
7. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через валковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.
8. Определить средний максимальный кусок после дробления.
9. Убрать рабочее место в лаборатории.
10. Обработать результаты работы.
11. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 1

Для определения среднего максимального куска руды, как до, так и после дробления, отбирают 3 максимальных куска (визуально) и производят замер каждого из них в трёх направлениях. Для удобства рекомендуется использовать ёмкость с прямым углом, в уголок которой следует поместить кусок и обмерить.

Величину (мм) максимального куска D определяют по формуле среднеарифметического:

$$D = \frac{L + B + H}{3},$$

где L – длина куска, мм;

B – ширина куска, мм;

H – высота куска, мм.

Средний максимальный размер куска определяют по формуле:

$$D_{\max}^{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}.$$

Аналогично рассчитывают средний максимальный кусок для дроблёного материала $d_{\max}^{\text{ñð}}$.

Степень дробления находят по формуле:

$$i_{ср} = \frac{D_{\max}^{\text{ср}}}{d_{\max}^{\text{ср}}},$$

где $D_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды до дробления, мм;

$d_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды после дробления, мм.

Фактическую производительность Q определяют по формуле:

$$Q = 3{,}6\frac{q}{t},\ \text{т/ч},$$

где q – количество дробленой руды, кг;

t – время дробления, с.

В выводах по работе следует отразить результаты определения степеней дробления и производительности дробилок.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2
ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу самоцентрирующегося инерционного грохота;
- изучить способ изменения режима работы грохота;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба после дробления в валковой дробилке;
- грохот самоцентрирующийся;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию грохота и определить конструктивные и механические параметры.
4. Засыпать пробу в приёмный бункер при закрытом затворе.
5. Включить грохот. Открыть затвор бункера для подачи материала на просеивающую поверхность. Продолжительность грохочения оценивать с точностью до десятых долей секунды: начало – в момент попадания первых зёрен на просеивающую поверхность; окончание – в момент выхода из бункера основной массы материала. В течение опыта необходимо следить за тем, чтобы материал не зависал в бункере. Очистить бункер.
6. Выключить грохот и зачистить поддон, перезапустить грохот несколько раз («пуск-остановка» – два-три раза) до полной очистки.

7. Взвесить надрешётный и подрешётный продукты.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы, определить эффективность грохочения.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 2

Определение эффективности грохочения.

Существуют несколько методов определения эффективности грохочения, характеризующих полноту перехода частиц менее размера отверстия просеивающей поверхности в подрешётный продукт.

Наиболее общим является метод, рассматривающий эффективность грохочения как отношение массы подрешетного материала ко всей массе материала такой же крупности, содержащейся в руде, поступающей на грохот

$$E_1 = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100, \%,$$

где Q_1 – масса подрешётного материала (крупность материала $-a+0$ мм), кг;

Q_2 – масса материала той же крупности в исходном материале, поступающем на грохочение (крупность материала $-a+0$ мм), кг;

a – размер отверстий просеивающей поверхности грохота, мм.

Однако, на производстве практически трудно взвешивать подрешётный продукт. Для определения эффективности грохочения отбирают пробы исходной руды и надрешётного продукта, определяют в них содержание класса крупности $-d_c+0$ мм. Эффективность грохочения рассчитывают по формуле:

$$E_2 = \frac{\alpha - \vartheta}{\alpha \cdot (100 - \vartheta)} \cdot 10^4, \%$$

где α – массовая доля зерен минус a в исходном продукте, %;

ϑ – массовая доля зерен минус a в верхнем продукте, %.

В выводах по работе следует привести результаты расчёта эффективности грохочения по двум формулам и сравнить их.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3
СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ

1. Цель:

- изучить методику проведения ситового анализа;

- определить гранулометрический состав продукта;
- изучить конструкцию и работу вибровстряхивателя;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала крупностью –1+0 мм;
- набор стандартных лабораторных сит;
- вибровстряхиватель;
- весы электронные.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию стандартных сит и вибровстряхивателя.
4. Собрать комплект сит и поместить пробу на верхнее сито.
5. Провести ситовый анализ в течение времени, заданного преподавателем.
6. Определить массы полученных классов крупности: содержимое каждого сита перенести на листы бумаги и подписать классы; взвесить полученные классы крупности.
7. Убрать рабочее место в лаборатории.
8. Обработать результаты работы: рассчитать частный и суммарный выходы классов крупности в процентах от исходной навески, построить частную и суммарную гранулометрические характеристики.
9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 3

При проведении исследования на обогатимость полезных ископаемых весьма важной операцией является ситовый анализ.

Для производства ситовых анализов используют набор лабораторных стандартных сит. Конструкция стандартных сит представляет собой круглые ободы диаметром 150-300 мм, высотой от 25 до 50 мм, со вставленными в эти ободы ситами. Набор сит собирают в комплект с крышкой и поддоном.

Размеры отверстий смежных сит должны изменяться плавно, с определенной закономерностью. Почти во всех стандартных ситах это осуществляется применением постоянного множителя – модуля ситовой шкалы. Последовательный ряд размеров отверстий сит составляет геометрическую прогрессию – шкалу классификации.

Практическую работу выполняют на наборе сит с модулем 2.

За основание в наборе сит принято сито 200 меш, где 200 – число отверстий на одном линейном дюйме сетки. Размер отверстия этого сита равен 0,071 мм. На основание последовательно устанавливают сита с размерами отверстий 0,16 мм, 0,315 мм, 0,63 мм, 1,25 мм, 2,5 мм. Нижнее сито устанавливают в поддон такого же диаметра.

На верхнее сито загружают пробу материала в количестве 100-150 г, плотно закрывают крышкой, комплект сит устанавливают на вибровстряхиватель и закрепляют.

Продолжительность ситового анализа для данной пробы определяют экспериментально.

Первоначально продолжительность встряхивания принимается равной 10 минутам, после чего содержимое каждого сита переносят на листы бумаги и классы подписывают.

Качество рассева проверяют по классу минус 0,071 мм. Для этой цели класс крупности –0,16+0,071 мм взвешивают, переносят снова на сито 0,071 мм и подвергают ручному рассеву в течение 1 мин.

Если в результате контрольного рассева выход класса крупности минус 0,071 мм меньше 1 % от первоначальной массы класса крупности –0,16+0,071 мм, то рассев можно считать оконченным, каждый класс крупности взвешивают, и рассчитывают выходы классов крупности.

Если выход класса крупности минус 0,071 мм при контрольном рассеве более 1 %, то все классы крупности подвергают повторному рассеву в течение 5 мин.

После дополнительного просеивания снова повторяют контрольный ручной рассев, как это было описано выше, и так до тех пор, пока при контрольном рассеве выход класса крупности минус 0,071 мм не окажется менее 1 %. После этого все полученные классы крупности взвешивают, и результаты ситового анализа заносят в таблицу 3.1.

Расчёты частных выходов осуществляют по формуле выхода из таблицы 1.1.

По данным таблицы 3.1 строят кривые ситового анализа (гранулометрические характеристики) по частным и суммарным выходам. При этом по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит в миллиметрах, а по оси ординат – суммарные и частные выходы классов крупности в процентах.

Пример представления результатов ситового анализа приведён в таблице 3.2 и на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты ситового анализа

Классы крупности, мм	**Выход**			
	Частный		**Суммарный**	
	г	**%**	**«по плюсу»**	**«по минусу»**
+2,5 –2,5+1,25 –1,25+0,63 –0,63+0,315 –0,315+0,16 –0,16+0,071 –0,071+0			 100,0	100,0
Итого		100,0		

Таблица 3.2 – Результаты ситового анализа дроблёной руды

Класс крупности, мм	**Выход, %**			
	Частный		**Суммарный**	
	г	**%**	**«по плюсу»**	**«по минусу»**
+2,5	15,0	8,33	8,33	100,00
–2,5+1,25	12,0	6,67	15,00	91,67
–1,25+0,63	20,0	11,11	26,11	85,00
–0,63+0,315	25,0	13,89	40,00	73,89
–0,315+0,16	35,0	19,44	59,44	60,00
–0,16+0,071	55,0	30,56	90,00	40,56
–0,071+0	18,0	10,00	100,00	10,00
Итого:	180,0	100,00	-	-

Суммарный выход «по плюсу» показывает, какой процент из всей исходной пробы остался бы на данном сите, если бы в данном наборе сит оно было верхним. Расчёт суммарного выхода «по плюсу» осуществляют сверху вниз.

Суммарный выход по «минусу» показывает, какой процент из всей исходной пробы прошел бы через данное сито, если бы в данном наборе сит оно было нижним. Расчёт суммарного выхода по «минусу» осуществляют снизу вверх.

По форме кривой делают вывод о преобладании в пробе крупных или мелких классов.

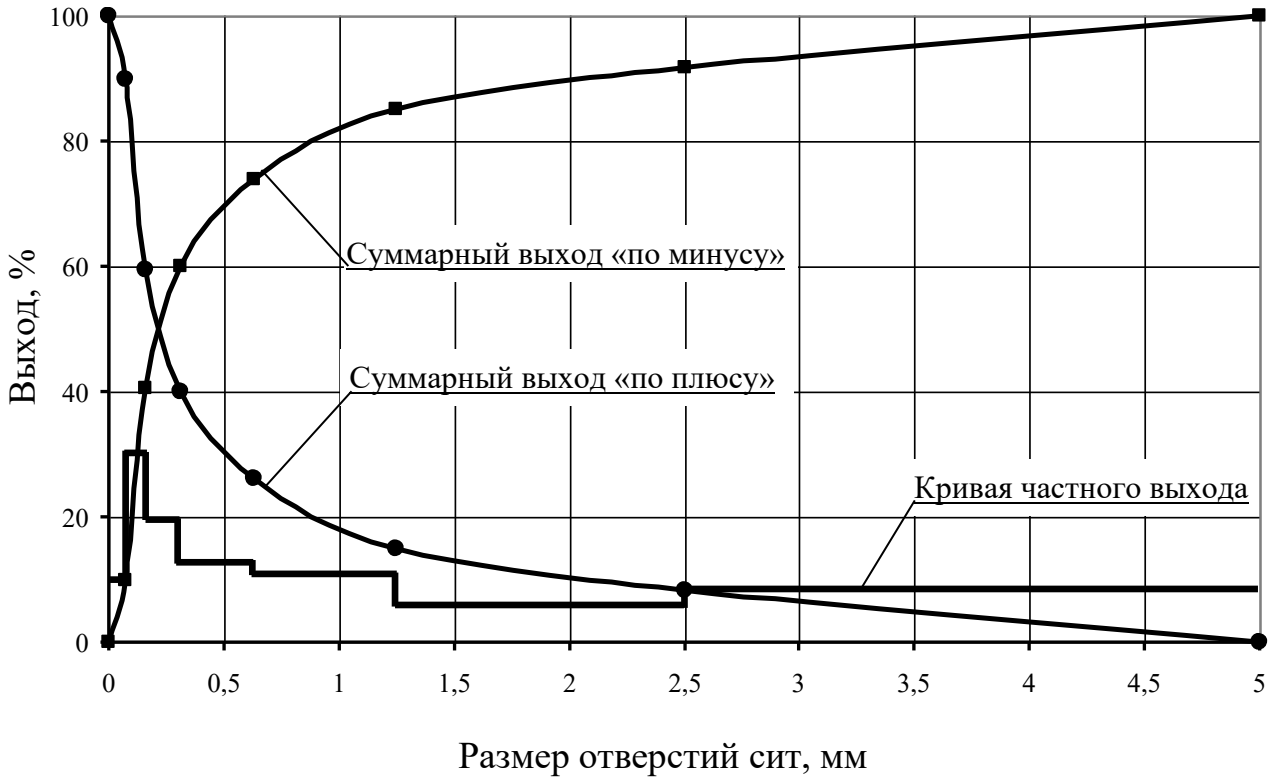


Рисунок 3.1 – Частная и суммарные гранулометрические характеристики

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4
ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ

Гравитационные процессы обогащения основаны на различии в закономерностях движения различных минералов в той или иной среде под действием сил тяжести или инерционных сил. В большинстве случаев различие в закономерностях движения минералов в среде обусловлено разностью в плотности минералов, но нужно понимать, что это различие может быть обусловлено при разной плотности минералов различными размерами минеральных частиц или различной их формой.

К гравитационным процессам относят: обогащение отсадкой, обогащение на концентрационных столах, в винтовых и центробежных сепараторах, на шлюзах, обогащение в тяжёлых средах, классификация и другие. Гравитационные процессы, в зависимости от среды, в которой происходит обогащение, подразделяют на гидравлические (среда – вода) и пневматические (среда – воздух).

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу поршневой отсадочной машины;
- освоить регулировку процесса отсадки;

- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (каменный уголь);
- машина отсадочная поршневая;
- совки;
- весы технические.

Процесс разделения минералов по плотности в вертикальном потоке воды, переменном по направлению и амплитуде, называется ***отсадкой***.

Практическую работу выполняют на гидравлической поршневой двухкамерной отсадочной машине с неподвижным решетом и с боковой разгрузкой тяжёлых фракций (рисунок 4.1).

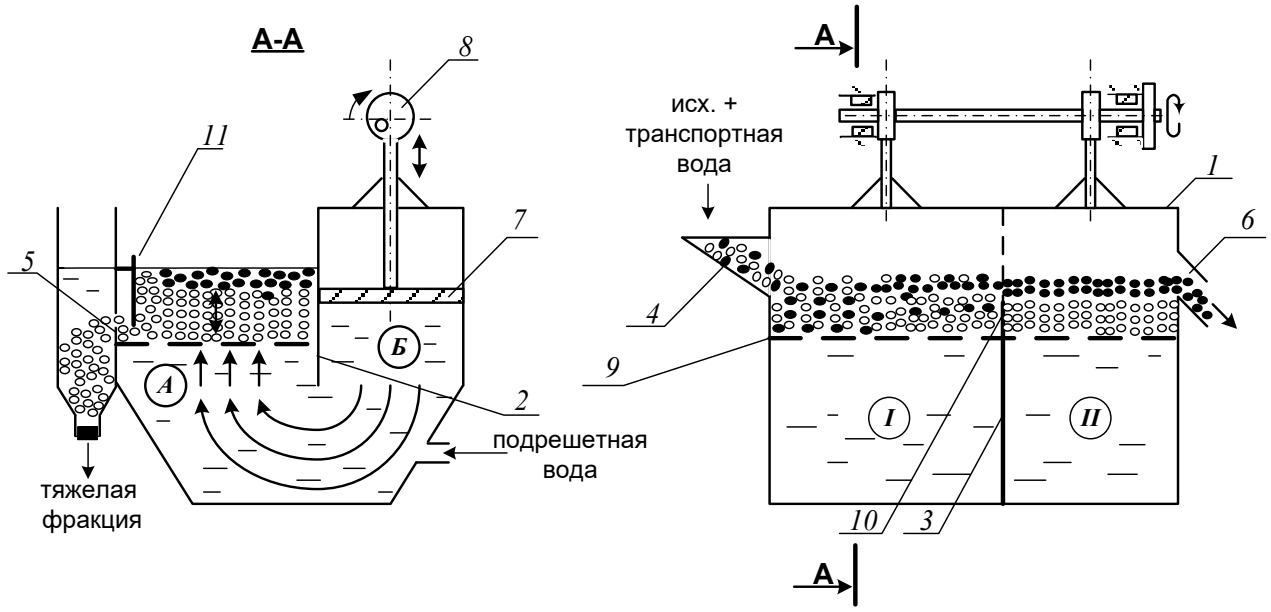


Рисунок 4.1 – Поршневая отсадочная машина

Машина состоит из корпуса 1, который продольной перегородкой 2, не доходящей до дна, разделён на два отделения: отсадочное А и поршневое Б, в котором расположены поршни 7, приводимые в движение эксцентриковым приводом 8.

Корпус машины разделён в поперечном направлении перегородкой 3 на два самостоятельных отделения. В отделении *I* со стороны загрузочной коробки 4 во время работы происходит накопление тяжёлой фракции (породы); в отделении *II* – сростков тяжёлого и лёгкого минералов (промежуточного продукта), а лёгкая фракция через сливной порог 6 выносится водой.

Расслоение обогащаемого материала отсадочной постели по плотности происходит в машине под действием вертикальных пульсаций подрешётной воды. При движении воды вверх зёрна меньшей плотности поднимаются выше, чем зёрна большей плотности (более тяжёлые). При движении потока воды вниз, наоборот, зёрна большей плотности оседают быстрее лёгких зерен. Так происходит постепенное расслоение материала, находящегося в машине, по плотностям.

Движение каждого минерального зерна и всей отсадочной постели вдоль машины по отсадочному решету 9 происходит за счёт транспортной воды и избытка подрешётной воды.

В начале работы, спустя некоторое время после начала загрузки исходного продукта в отделении *I* накапливается слой материала – отсадочная постель. Когда общая высота слоя материала будет больше высоты порога 10, разделяющего отсадочное решето в поперечном направлении, лёгкая фракция и часть тяжёлой фракции будут переходить во второе отделение машины *II*. Во втором отделении слой материала, накапливаясь и продвигаясь вдоль машины, достигает сливного порога 6, по которому лёгкие минералы вместе с водой скатываются, разгружаясь из машины.

Чтобы зёрна, имеющие большую плотность, не разгружались через сливной порог 6 при накоплении их в отделении *II* примерно до половины высоты сливного порога, открывают заслонки 11 в обоих отделениях, приподнимая их на такую высоту, чтобы в щели под заслонкой проходили зёрна тяжёлого минерала, но не уходили зёрна лёгкого минерала.

Разгрузку тяжёлой фракции в отделении *I* регулируют заслонкой 11 таким образом, чтобы получать в разгрузке только тяжёлые зерна (породу), а в отделении *II* – разгружать породу и сростки так, чтобы в слив уходил чистый уголь без частиц породы.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры поршневой отсадочной машины.
3. Провести обогащение каменного угля с получением трёх продуктов: лёгкой фракции (уголь), тяжёлой фракции (породы) и промежуточной фракции (промпродукта).
4. Открыть краны на трубопроводах, подающих транспортную и подрешётную воду и заполнить машину водой. Под разгрузочный порог подставить приёмник лёгкой фракции (коробка с

перфорированным дном).

5. Когда вода начнёт переливаться через порог 6, включить привод поршней машины. После этого начать загружать обогащаемый материал в приёмную коробку 4 вручную совками и продолжать загрузку до конца опыта.
6. При работе отсадочной машины необходимо следить за накоплением материала в отделениях *I*, *II*. Когда слой тяжёлых (породных) частиц достигнет примерно половины высоты сливного порога 6 во втором отделении, открыть заслонки 11, регулируя высоту их подъема, как указывалось выше. С этого момента начинается разгрузка породной и промпродуктовой фракции в боковые карманы.
7. В ходе работы необходимо следить за тем, чтобы отсадочная постель хорошо разрыхлялась в восходящем потоке воды и была подвижной – перемещалась импульсами вдоль машины. Последнее достигается одним или сочетанием следующих факторов оперативной регулировки:
   - изменением количества подаваемой подрешётной воды;
   - изменением количества загружаемого в машину обогащаемого продукта;
   - изменением величины разгрузочных щелей.

   Следует знать, что кроме этих факторов регулирования работы машины можно осуществлять изменением числа ходов поршней в минуту и величиной хода поршней (размахом колебаний). Значение этих факторов подбирают и устанавливают при настройке машины для обогащения того или иного исходного материала заранее, а при работе машины менять эти факторы не представляется возможным.
8. При работе машины необходимо следить за наполнением приёмников тяжёлой и промпродуктовой фракций, расположенных сбоку машины. Когда слой материала в приёмниках достигнет уровня разгрузочных щелей, опыт прекращают в такой последовательности:
   - прекратить загрузку материала в машину;
   - отключить привод машины;
   - прекратить подачу воды в машину.
9. Полученные продукты обогащения разгрузить, произвести обезвоживание дренированием и взвесить. Рассчитать выходы продуктов разделения.

10. Убрать рабочее место в лаборатории.
11. Обработать результаты работы.
12. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 4

Массовые доли золы в продуктах задаёт преподаватель, остальные показатели рассчитывают по уравнению баланса и по известным формулам. Результаты расчета представляют в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты обогащения угля на поршневой отсадочной машине

Продукты обогащения	**Выход**		**Массовая доля золы, A^d, %**	**Извлечение золы, %**
	кг	%		
Концентрат				
Промпродукт				
Хвосты (порода)				
Итого:		100,0	$A^d_{исх}$	100,0

В выводах по работе следует описать личные наблюдения за возможностью регулирования процесса отсадки в машине, сравнить качество полученных продуктов разделения на основании их визуальной оценки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5
ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Обогащение мелких классов крупности (менее 3-4 мм) оловянных, вольфрамовых, марганцевых и им подобных руд и углей осуществляют на сотрясательных концентрационных столах.

1. Цель:

- изучить конструкцию сотрясательного концентрационного стола;
- освоить регулировку процесса разделения на деке концентрационного стола при визуальном наблюдении за процессом разделения;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба измельчённой руды массой 5-7 кг;
- стол сотрясательный концентрационный СК-1;

- совки;
- весы технические.

Стол (рисунок 5.1) состоит из деки 1 с рифлями 2, привода деки 3, механизма изменения угла наклона деки 4, питающего жёлоба 5, жёлоба для подачи смывной воды 6.

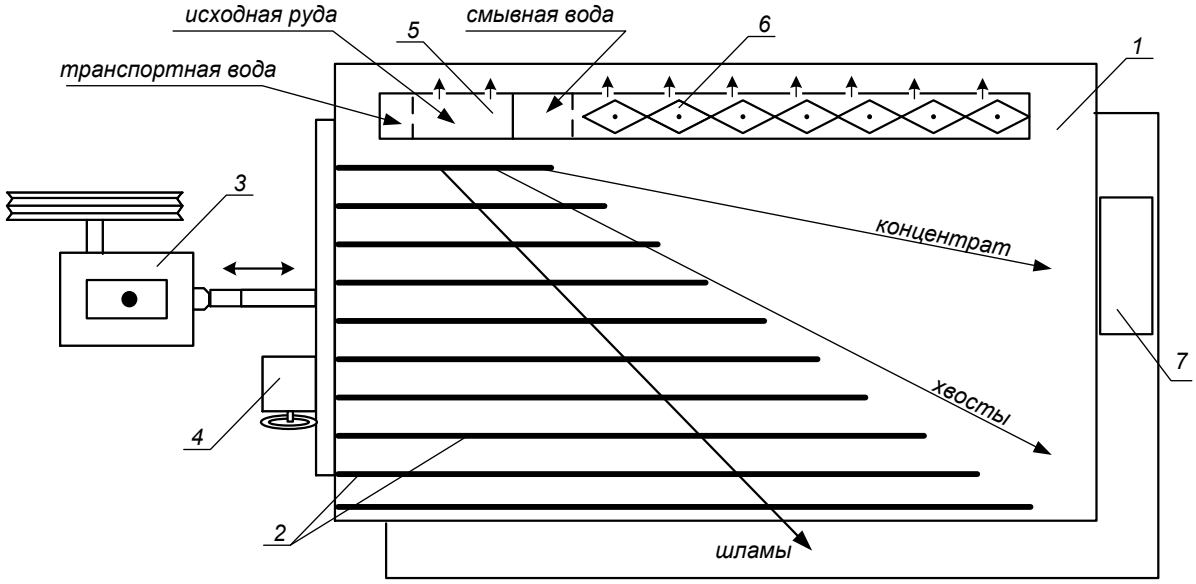


Рисунок 5.1 – Схема концентрационного стола

Разделение минералов по плотности на деке стола происходит за счёт различия в направлении движения лёгких и тяжёлых частиц по деке стола при одновременном действии на частицы минералов сил инерции, силы тяжести и гидродинамического напора смывной воды.

Вследствие сегрегации частиц в пространстве между рифлями тяжёлые частицы имеют больший контакт с декой и за счёт возвратно-поступательных движений деки продвигаются преимущественно вдоль неё. Лёгкие частицы, занимая верхний слой, испытывают большее воздействие потока смывной воды и движутся преимущественно поперек деки стола. На деке стола образуется «веер» частиц, располагающихся сверху-вниз по схеме: мелкие тяжёлые частицы → крупные тяжёлые, мелкие лёгкие → крупные лёгкие → шламы.

Частицы различных по плотности минералов, как правило, отличаются по цвету или блеску, что существенно упрощает наблюдение за образованием и распределением веера продуктов на деке стола.

Изменяя скорость смывного потока воды, можно «расширить» или «сузить» веер на гладкой поверхности деки (за рифлями).

Скорость смывного потока воды регулируют двумя факторами: расходом смывной воды и углом поперечного наклона деки стола.

Качество концентрата зависит от того, какую часть веера (верхнюю) направить в приёмник концентрата. Регулирование количества отсекаемого концентрата из веера частиц осуществляют передвижным жёлобом или перемещением приёмника концентрата вдоль среза деки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры сотрясательного концентрационного стола;
3. Включить привод стола. Открыть краны на трубопроводе, подающем воду в питающий жёлоб и в жёлоб смывной воды. Отрегулировать равномерность потока смывной воды по деке стола поворотом резиновых флажков в жёлобе.
4. Настроить процесс разделения. Для этого в приёмный жёлоб загрузить несколько совков исходной руды, которая смывается водой на деку стола. Наблюдая за образованием веера частиц на деке стола, продолжать периодически загружать руду в приемный жёлоб. Отрегулировать ширину и чёткость веера частиц изменением расхода смывной воды и изменением угла наклона деки с помощью штурвала механизма 4 (рисунок 5.1). При получении чёткого веера частиц на деке стола регулирование стола прекратить.
5. Пробу постепенно совком загрузить в приёмный жёлоб. При этом необходимо наблюдать за веером частиц и при необходимости отрегулировать его. Кроме того, нужно следить за шириной части веера частиц, отсекаемой в приёмник концентрата с тем, чтобы забирать в приёмник концентрата постоянную ширину полосы концентрата. При необходимости приёмник можно передвигать.
6. После окончания загрузки руды выждать, пока вся руда не пройдёт по деке и не разгрузится в соответствующие приёмники.
7. Из полученного концентрата слить воду и взвесить его. Определить массу концентрата с учётом его влажности.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 5

Массы продуктов разделения и рассчитанные технологические показатели обогащения на концентрационном столе занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты обогащения на концентрационном столе

Продукты обогащения	**Выход**		**Массовая доля извлекаемого компонента, %**	**Извлечение компонента, %**
	кг	**%**		
Концентрат				
Хвосты (порода)				
Исходная руда		100,0		100,0

Все расчёты осуществляют по известным формулам.

По результатам опыта делают выводы, в которых следует отразить личные наблюдения за процессом разделения минералов на деке стола и за возможностью регулирования процесса разделения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6
ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ

Фракционный анализ угля – это разделение угля по плотности на фракции, осуществляемое в тяжёлых средах с заданными плотностями тяжёлых сред. В качестве тяжёлых сред в лабораторных условиях применяют чаще всего водные растворы хлористого цинка ($ZnCl_2$).

1. Цель:

- изучить методику определения фракционного состава угля;
- изучить методику построения кривых обогатимости угля;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (каменный уголь) массой 5-10 кг;
- набор бачков с раствором хлористого цинка различной плотности;
- дешламационный бачок с сетчатым дном;
- бачки для ссыпания фракций различной плотности;
- сетчатый черпак для снятия всплывших фракций;
- совки;
- ареометр для проверки плотности растворов хлористого цинка;

- кружка для проверки плотности раствора хлористого цинка;
- резиновые перчатки для каждого члена бригады;
- весы технические.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Взвесить пробу.
3. Пробу засыпать в дешламатор (бачок с сетчатым дном) и подвергнуть дешламации орошением сильной струей воды или многократным опусканием и встряхиванием дешламатора с навеской угля в бачок с водой.
4. Дать воде стечь из дешламатора, после чего опустить дешламатор с исследуемой навеской в бачок с раствором хлористого цинка с наименьшей плотностью.
5. Всплывшую часть исследуемой навески снять сетчатым черпаком, давая стечь в бачок раствору хлористого цинка, и ссыпать в бачок с сетчатым дном, прополоскать чистой водой, высушить до воздушно-сухого состояния, взвесить и записать массу каждой фракции в рабочую тетрадь. После этого определить процентный выход её от исходной пробы. Плотность данной фракции будет меньше плотности раствора, в котором она всплыла.
6. Потонувшую часть навески, оставшуюся на дне первого дешламатора, вместе с дешламатором вынуть из первого бачка, дать стечь раствору (в тот же бачок) и перенести в бачок с раствором последующей плотности. Со всплывшей и потонувшей частью поступают так же, как и в предыдущем случае. Плотность зёрен всплывшей части будет лежать в пределах плотности смежных растворов.
7. Повторить пункты 5 и 6 необходимое количество раз.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 6

На основании результатов фракционного анализа и результатов анализа каждой фракции на определение массовой доли золы (негорючей массы) строятся кривые обогатимости угля.

Кривые обогатимости угля позволяют решать различные задачи, связанные с выбором и расчётом технологических схем обогащения,

а также рассчитать теоретические (наилучшие) результаты процесса обогащения.

В данной работе фракционный состав угля определяют студенты, а зольность каждой фракции задает преподаватель.

Результаты расслойки пробы угля заносят в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Фракционный состав угля

Плотность фракций, кг/м³	**Исходный уголь**			**Всплывшая фракция**		**Потонувшая фракция**	
	Выход		**Зольность A^d, %**	**Выход γ_i, %**	**Зольность A_i^d, %**	**Выход γ_i, %**	**Зольность A_i^d, %**
	кг	**%**					
< 1300						100,0	
1300-1400							
1400-1500							
1500-1600							
1600-1700							
> 1700				100,0			
Итого:		100,0		-	-	-	-

Извлечение золы в каждую фракцию рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot A_i^d}{A^d},$$

где γ_i – выход фракции, %;

A^d – массовая доля золы (зольность) в исходном угле, %;

A_i^d – массовая доля золы (зольность) во фракции, %;

ε_i – извлечение золы во фракцию, %.

По данным фракционного состава угля строят кривые обогатимости угля, а также определяют категорию обогатимости угля.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7
КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ

Флотационный метод обогащения основан на различии в смачиваемости водой поверхности ценных минералов и минералов пустой породы.

Для создания гидрофобности (несмачиваемости) поверхности ценных минералов тонкоизмельченной руды, находящейся в водной среде, добавляют реагенты-собиратели. Благодаря гидрофобности, ценные минералы прикрепляются к пузырькам воздуха и поднимаются вместе с ними на поверхность пульпы, образуя минерализованный

пенный слой, который удаляют из камеры флотомашины. Минералы пустой породы смачиваются водой и остаются в объёме пульпы.

Флотационный метод широко применяют для обогащения сульфидных руд цветных металлов. В этом случае наиболее распространенными реагентами-собирателями являются ксантогенаты. Расход ксантогенатов при флотации сульфидных руд обычно не превышает 100 г/т. В процесс эти реагенты подают в виде водных растворов.

Для создания на поверхностях сульфидных минералов необходимой для закрепления ксантогенатов окисленной пленки в операцию измельчения руды подают реагент-регулятор среды, в качестве которого обычно используют известь или соду. Расходы их, в зависимости от вещественного состава полезного ископаемого, могут изменяться от 200 до 1500 г/т.

Для повышения механической прочности пузырьков воздуха, в результате которого улучшаются условия прилипания к ним ценных минералов, и увеличивается устойчивость флотационной пены, используют реагенты-пенообразователи. Одним из наиболее распространенных в настоящее время пенообразователей является реагент Т-92. Его расходы обычно колеблются от 20 до 100 г/т руды.

Кроме вышеперечисленных типов флотационных реагентов при селективной флотации руд используют реагенты-активаторы и подавители, которые усиливают или ослабляют действие собирателей.

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу лабораторной флотационной машины;
- изучить способы изменения режима работы флотомашины;
- освоить методику определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (250 г сульфидной руды класса крупности –3+0 мм);
- мельница стрежневая;
- рольганги;
- машина флотационная лабораторная механического типа конструкции Механобр;
- реагенты флотационные (сода или известь, бутиловый ксантогенат, Т-92);
- чашки фарфоровые;
- чашки металлические для сбора продуктов;

- промывалки;
- посуда химическая;
- бумага фильтровальная;
- весы электронные.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры лабораторной флотационной машины (рисунок 7.1).
3. Изучить схему флотационного опыта (рисунок 7.2).
4. Очистить стержневую мельницу, в которой будет проводиться измельчение руды, от образовавшейся ржавчины. Для этого поместить в неё 300 г гранита и 300 $см^3$ воды. Масса стержней должна составлять 3000 г. Заполненную мельницу плотно закрыть крышкой с резиновой прокладкой и поместить на рольганги, включив их на 5-10 минут.
5. Подготовить пробу, 250 $см^3$ воды и навеску реагента: соды или извести (вид реагента и его расход задаёт преподаватель).
6. Остановить рольганги, вылить содержимое мельницы, промыть водой её внутреннюю поверхность и стержни.
7. В промытую мельницу с загруженными в неё стержнями сначала поместить отмеренное количество воды, затем пробу сульфидной руды и навеску реагента – регулятора среды. Измельчать в течение времени, указанного преподавателем, обычно 10-15 минут.
8. За период измельчения необходимо подготовить реагенты: собиратель и пенообразователь. Их расходы задаёт преподаватель в г/т руды. Необходимо самостоятельно определить объёмы растворов реагентов, подаваемых в процесс флотации.
9. По истечении заданной продолжительности измельчения снять мельницу с рольгангов, перенести её содержимое с помощью промывалки в камеру флотомашины. При этом нужно следить за тем, чтобы количество добавляемой воды было минимальным. В свободную от пульпы мельницу загрузить стержни, залить воду до бортика и поставить на место хранения.
10. Закрепить камеру 2 на корпусе флотомашины 1, залить в случае необходимости воду и включить двигатель. Через 2 минуты перемешивания в камеру 2 добавить необходимый объём раствора ксантогената и после минутного перемешивания в пульпу ввести пенообразователь.

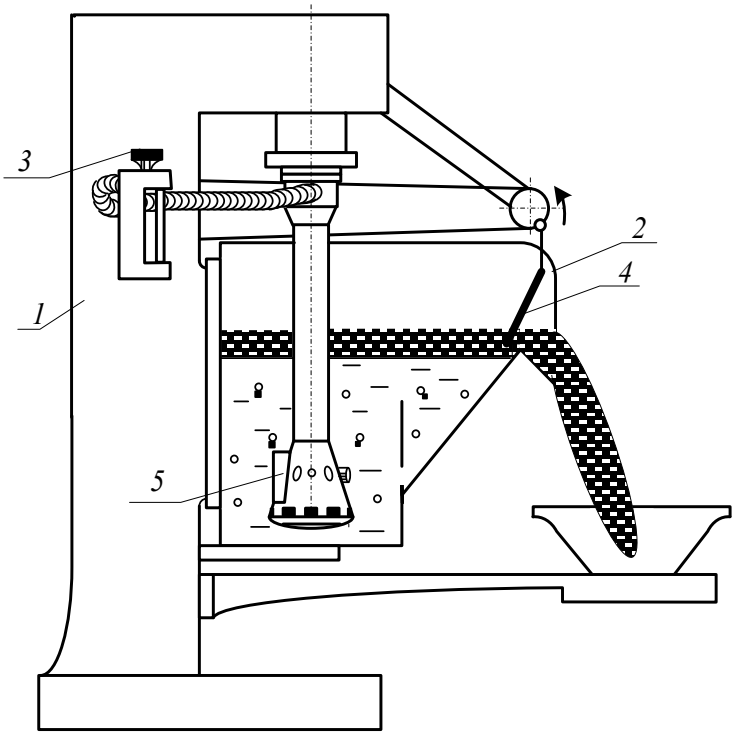


Рисунок 7.1 – Лабораторная флотационная машина

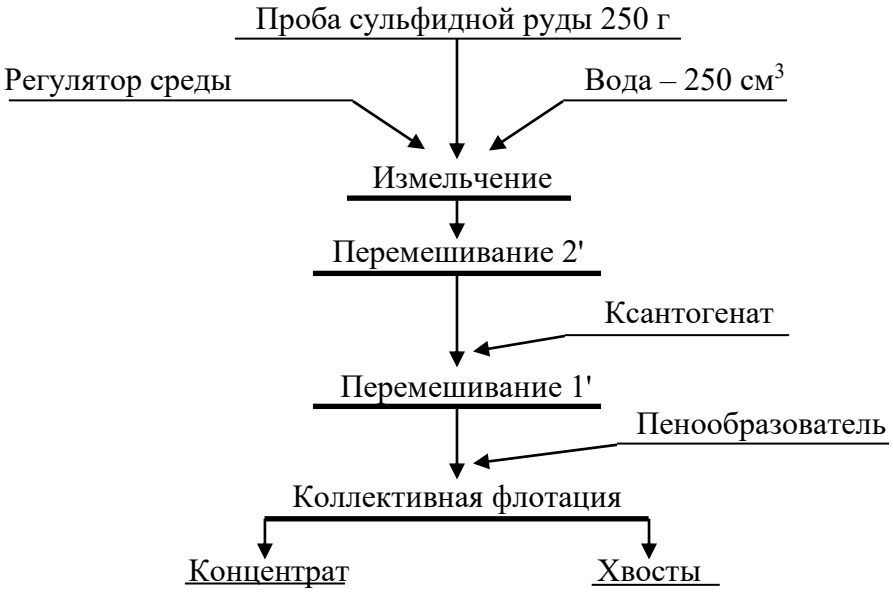


Рисунок 7.2 – Схема флотационного опыта

11. Осторожно повернуть вентиль воздушного крана 3, обеспечив этим засасывание воздуха в камеру для создания на её поверхности слоя минерализованной пены.
12. Включить пеносъёмник 4. В момент снятия первой порции пены зафиксировать время начала флотации. По мере снижения уровня пульпы в камере флотомашины добавлять воду из про-

мывалки, обмывая при этом её стенки и пеносъёмник от налипших минеральных частиц. Периодически следует отбирать пробу от пенного продукта в фарфоровую чашку. Постепенно нагруженность пены снижается, меняется и её цвет. Конец флотации фиксируется по отсутствию сульфидных минеральных частиц в фарфоровой чашке.

13. Закрыть воздушный кран 3, остановить пеносъёмник 4, выключить двигатель флотомашины. Пенный продукт отфильтровать на вакуум-фильтре и взвесить. Камерный продукт (хвосты) вылить в канаву.
14. Пустую камеру заполнить водой, закрепить на корпусе флотомашины и включить двигатель. Промыть машину в течение 2-3 минут. Затем ополоснуть из промывалки блок аэратора 5. Чистую камеру и блок аэратора протереть чистой тряпкой.
15. Убрать рабочее место в лаборатории.
16. Обработать результаты работы.
17. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 7

Методика определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента.

Например, заданный расход бутилового ксантогената составляет 100 г/т руды. Составим и решим пропорцию:

10^6 г (1 т) руды – 100 г ксантогената

250 г руды – X г ксантогената

$$X = \frac{100\text{ã} \cdot 250\ \text{ã}}{10^6\ \text{ã}} = \frac{2{,}5\ \text{ã}}{10^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{ã}$$

Следует учесть, что ксантогенат используют во флотации в виде 1 % растворов, то есть в 100 $см^3$ раствора содержится 1 г ксантогената.

Составив пропорцию и решив её, определим объём раствора, который следует подать в камеру флотомашины:

100 $см^3$ раствора – 1 г ксантогената

V $см^3$ раствора – $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ г ксантогената

$$V = \frac{100\text{ñì}^{\ 3} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{ã}}{1\ \text{ã}} = 2{,}5\ \text{ñì}^{\ 3}$$

Результаты расчёта показателей флотации занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Показатели коллективной флотации

Наименование продуктов обогащения	Выход		Массовая доля сульфидных минералов, %	Извлечение сульфидных минералов, %
	г	%		
Концентрат				
Хвосты				
Исходная руда		100,0		100,0

Массовую долю сульфидов в продуктах обогащения (β, ϑ) или в исходной руде (α) и в одном из продуктов задаёт преподаватель.

В конце отчёта по выполненной работе делается вывод, в котором анализируются полученным результатам и намечаются способы их повышения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8
МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практическую работу по магнитной сепарации выполняют на лабораторном магнитном сепараторе для слабомагнитных руд. Результаты разделения минералов по их магнитной восприимчивости зависят от вещественного состава руды, крупности обогащаемого материала, напряжённости магнитного поля, производительности, высоты рабочей зоны и положения разделительного шибера. При выполнении работы потребуется получить зависимости выходных показателей качества процесса от указанных выше переменных факторов.

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу роликового магнитного сепаратора;
- изучить влияние некоторых факторов на процесс магнитной сепарации;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала (200-500 г руды класса крупности -3+0 мм);
- сепаратор магнитный роликовый;
- весы электронные;
- чашки лабораторные;
- щётка для чистки сепаратора.

Магнитный сепаратор (рисунок 8.1) состоит из основания 1 с закреплённым на нём бункером 2 с регулировочным шибером 3. Бункер 2 установлен над вибролотком 4, выполненным из немагнитного материала и которого осуществляется подача материала в рабочую зону магнитной системы, образованной магнитопроводом 5 и профилированным роликом 6. На магнитопроводе установлены катушки электромагнита 7, подключенные к выпрямителю тока 8, содержащего приборы измерения тока 9 и напряжения 10. На лицевой панели выпрямителя установлены переключатели режима работы, выключатель и регулятор нагрузки по току. Регулирование выходов отдельных фракций осуществляется шибером 11, а очистка ролика 6 щёткой 12.

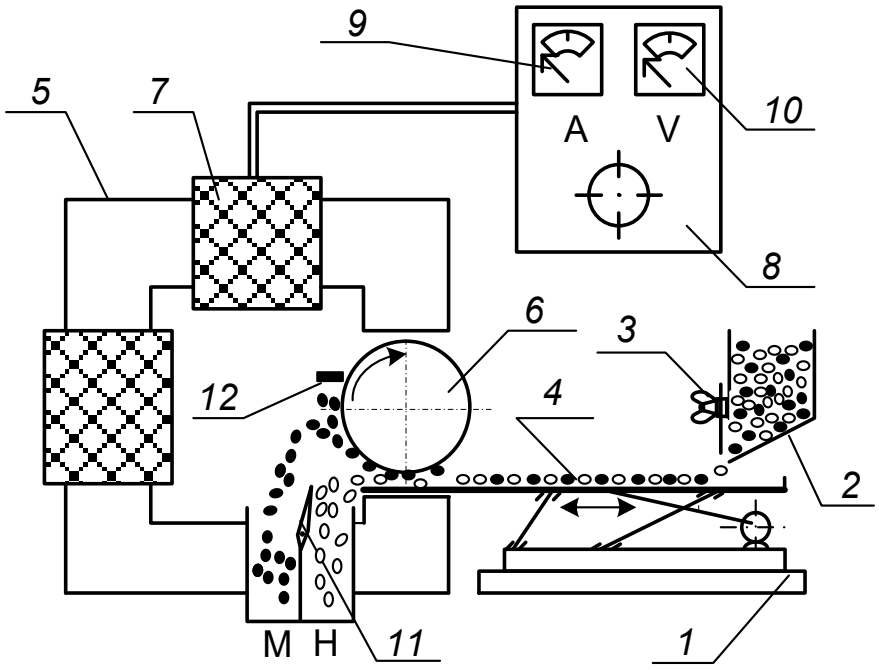


Рисунок 8.1 – Схема магнитного сепаратора

Перед опытом включают выпрямитель 8, устанавливают необходимое значение тока в обмотке электромагнита 7, включают привод вибролотка 4 и ролика 6. Материал из бункера 2 по вибролотку поступает в рабочий зазор, где и происходит разделение частиц по удельной магнитной восприимчивости. Частицы, имеющие большую удельную магнитную восприимчивость, выносятся роликом 6 из рабочего зазора, счищаются щёткой 12 и попадают в приёмник магнитной фракции. Регулирование производительности осуществляют смещением шибера 3. Положение шибера 3 изменяют в пределах от 10 до 30 мм, ток в обмотке электромагнита изменяют от 0 до 8 А.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию и определить конструктивные и механические параметры роликового магнитного сепаратора.
4. Подключить сепаратор и выпрямитель к сети переменного тока.
5. Установить заданные значения настроек сепаратора (положение шибера, сила тока).
6. Загрузить исходный материал в бункер и зафиксировать время начала и конца опыта.
7. Полученные продукты взвесить, выполнить визуальную оценку, провести их анализ.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 8

Полученные результаты разделения магнитной сепарацией занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты магнитной сепарации

№ опыта	Наименование продукта	Выход		Сила тока, А	Положение шибера, мм
		г	%		
1	Магнитный			0,5	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
2	Магнитный			1,0	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
3	Магнитный			2,0	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
4	Магнитный			1,0	10
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
5	Магнитный			1,0	30
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		

Используя данные таблицы 8.1 построить экспериментальные зависимости количественных показателей процесса магнитной сепарации от переменных факторов:

$$\gamma_м = f(I) \text{ для } h = 20 \text{ мм}$$

$$\gamma_м = f(h) \text{ для } I = 1 \text{ А}.$$

где I – сила тока в катушках, А;

h – положение шибера, мм.

Сделать вывод о влиянии силы тока и положения шибера на получаемые технологические показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Комлев, С.Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 5-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 153 с.

2. *Колтунов, А.В.* Дробление, измельчение, грохочение: учебное пособие / А.В. Колтунов, С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 2-е изд., стереотип. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 122 с.

3. *Морозов Ю.П.* Флотационные методы обогащения: конспект лекций / Ю.П. Морозов // Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 155 с.

4. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ОТЧЁТ
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

по дисциплине:
«Обогащение полезных ископаемых»

Руководитель
проф., д.т.н. _____ **Е. Ф. Цыпин**

Студент
группы ОПИ-00 _____ **А. В. Иванов**

Екатеринбург, 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Правила и примеры оформления надписей к таблицам и рисункам

Таблицы следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по центру». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

Таблица 1 – Результаты флотационного обогащения

Наименование продуктов обогащения	**Выход**		**Массовая доля полезного компонента, %**	**Извлечение полезного компонента, %**
	г	**%**		
Концентрат				
Промпродукт				
Хвосты				
Исходная руда		100,0		100,0

Рисунок вставляется после первого упоминания о нём в тексте. В тексте слово «рисунок» пишется полностью с указанием порядкового номера.

Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

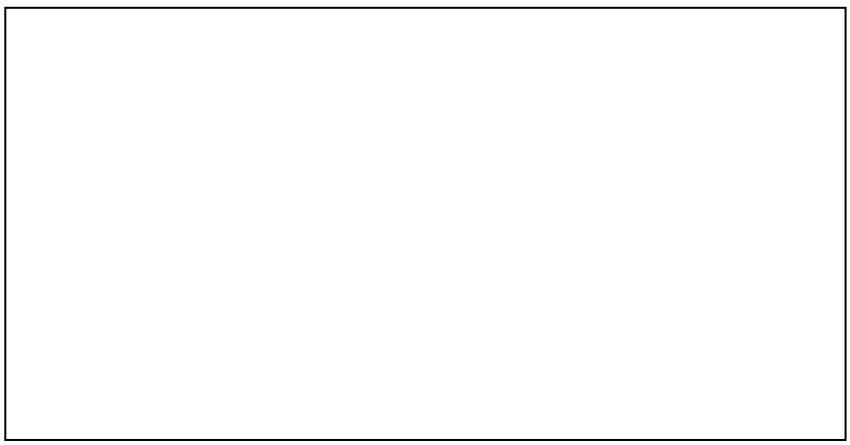


Рисунок 1 – Схема устройства оборудования:
1 – …; 2 – …

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Латышев О. Г., Казак О. О.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к выполнению контрольных работ
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Контрольная работа №1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА НА ЗАДАННУЮ ПРОЧНОСТЬ И УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ

Цель работы – овладение практическими навыками проектирования состава бетона заданных свойств применительно к разным видам конструкций и изделий.

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон компонентами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием). Такое соотношение должно обеспечивать требуемую удобоукладываемость бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента.

Теоретическая основа

[1]: Раздел 3.2. Бетоны и железобетоны

[2]: Лабораторная работа «Проектирование состава бетона на заданную прочность и удобоукладываемость**».**

Порядок расчета:

1. Определение водоцементного отношения;
2. Определение расхода воды;
3. Определение расхода цемента;
4. Определение расхода крупного и мелкого заполнителей;
5. Определение объемной массы бетонной смеси и коэффициента выхода бетона;
6. Определение расхода материалов для пробного замеса.

Расчетные формулы, таблицы и номограммы приведены в материалах соответствующей лабораторной работы.

Контрольная работа №2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ И КЛАССА БЕТОНА

Цель работы – овладение методикой экспериментального определения марки и класса бутона применительно к расчетам эксплуатируемых бетонных изделий.

Марка бетона определяется по округленному в меньшую сторону среднеарифметическому значению его прочности (в кгс/см^2) при испытании кубических образцов бетона в возрасте 28 суток. Класс бетона помимо его прочности учитывает коэффициент вариации значений прочности, зависящий от технологии укладки бетона, условий его эксплуатации в изделии и пр.

Теоретическая основа

[1]: Раздел: 3.2.4. Прочность, марка и класс бетона;

[2]: Лабораторная работа «Определение прочности бетона по контрольным образцам».

Методика эксперимента

1. В соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе производится определение прочности при сжатии и обработка результатов для кубических образцов бетона размером 150 мм в возрасте 7; 14; 28 и 50 суток.

2. Определяется марка бетона. Для тяжелого бетона установлены следующие марки: М: 75; 100; 150; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800.

3. Опытные значения прочности бетона (точки) наносятся на поле графика, определяется и производится построение теоретической кривой твердения бетона:

$$R_n = R_{28} (\lg n / \lg 28), \qquad (2.1)$$

где n – время твердения бетона, сут.

Производится оценка соответствия теоретической кривой опытным значениям прочности бетона.

4. Для каждого возраста бутона определяется его класс по формуле:

$$\text{В} = R_\text{c} (1 – 1{,}64\ \upsilon), \qquad (2.2)$$

где – R_c – средняя прочность бетонных кубиков при коэффициенте вариации υ.

4.1. Определяется класс бетона по данным R_c и υ, полученным в опыте. Опытные точки наносятся на поле графика.

4.2. Определяется и показывается на графике теоретическая кривая уравнения (2.2) при $R_\text{c,}$ вычисленном по формуле (2.1) и $\upsilon = 0{,}135$.

Производится сравнение полученных результатов и делаются выводы о качестве приготовления бетона и условий его работы в конструкции.

Пример распечатки результатов

7 суток			**14 суток**		
Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа	Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа
225	68.4	30.4	225	91.0	40.5
225	57.8	25.7	225	85.8	38.1
225	77.5	34.4	225	82.7	36.7
225	68.1	30.3	225	90.1	40.0
225	61.7	27.4	225	97.0	43.1
225	77.7	34.5	225	85.7	38.1
Среднее		30.5	**Среднее**		39.4
Стандарт		7.43	**Стандарт**		3.32
Квар, %		23.0	**Квар, %**		8.3

28 суток			**50 суток**		
Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа	Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа
225	113.8	50.6	225	135.9	60.4
225	116.0	51.6	225	149.6	66.5
225	116.9	52.0	225	117.9	52.4
225	103.8	46.2	225	122.4	54.4
225	108.8	48.3	225	145.8	64.8
225	115.8	51.4	225	126.3	56.1
Среднее		48.9	**Среднее**		58.7
Стандарт		3.50	**Стандарт**		8.87
Квар, %		7.2	**Квар, %**		15.1



Рис. 1. Изменение прочности бетона со временем твердения



Рис. 2. Теоретические и опытные значения класса бутона

Контрольная работа №3

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИАГРАММ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

Цель работы – изучение строения металлов и сплавов применительно к построению и анализу диаграмм фазового состояния твердых растворов металлов.

При охлаждении расплавов происходит кристаллизация компонентов, в процессе которой образуются твердые сплавы. Один из компонентов, называемым растворителем, сохраняет кристаллическую решетку, а другой внедряется в нее, раздвигая кристаллическую решетку (растворы внедрения) или замещает атомы растворителя в узлах кристаллической решетки (растворы замещения).

Теоретическая основа

[1]: Раздел 6.1. Состав и строение металлов и сплавов;
Раздел 6.2. Диаграммы фазового состояния сплавов.

Методика эксперимента и построения диаграмм состояния

1. Для построения диаграммы фазового состояния твердых растворов производят изучение темпа охлаждения сплава при различных сочетаниях его компонентов. В задании приведены данные по охлаждению компонента *A*, при изменении его содержания в растворе: 100; 80; 60; 40; 20; 0 %.

2. Построить графики темпа охлаждения для различных сочетаний компонентов *A* и *B*.

3. Для каждого сочетания компонентов сплава найти значения температур начала t_{i1} и конца t_{i2} процесса кристаллизации.

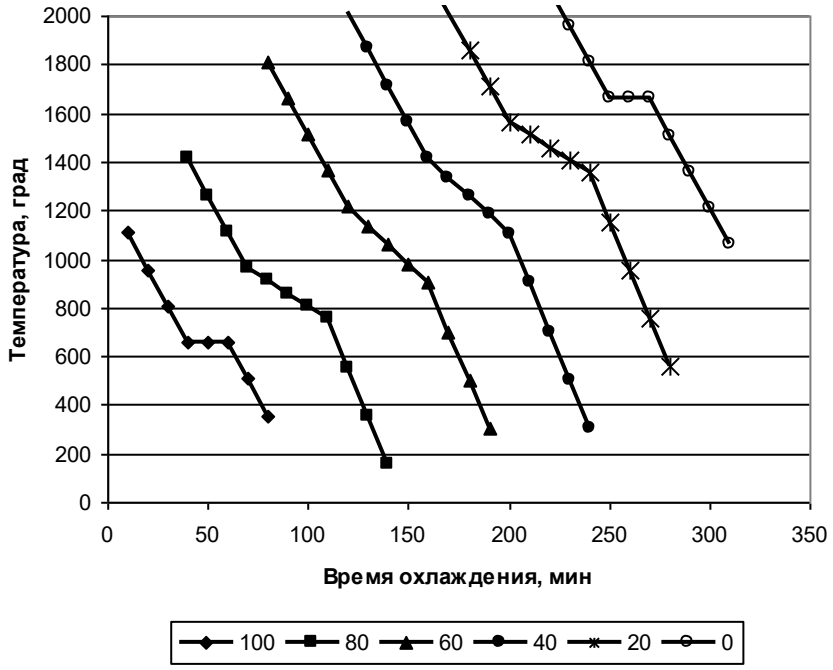
Задание:

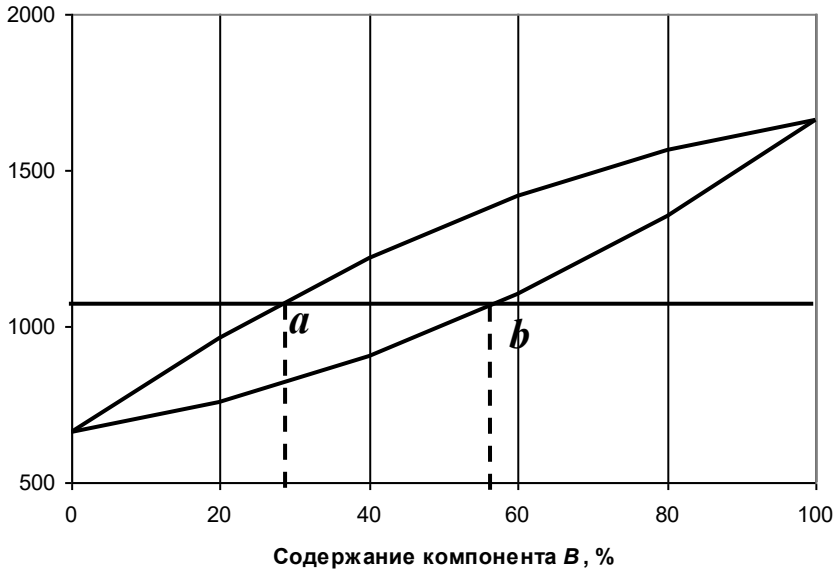
1. По полученным данным построить диаграмму фазового состояния твердого раствора компонентов.

2. Дать анализ диаграммы. Описать смысл линии ликвидуса и солидуса.

3. Провести коноду в средней части диаграммы между температурами плавления компонентов *A* и *B*. Определить состав сплава, соответствующий данной линии.

Пример распечатки результатов


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Температура, град
0
50
100
150
200
250
300
350
Время охлаждения, мин
100
80
60
40
20
0


2000
1500
1000
500
a
b
0
20
40
60
80
100
Содержание компонента B, %

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании построения диаграмм и вычисления характеристик материалов.

2. В соответствии с заданием выполняют анализ полученных результатов.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и таблиц на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формулы в общем виде, ее числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Рекомендуемая литература

1. Латышев О. Г., Анахина О. О. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 300 с.

2. Корнилков М.В., Анохина О.О. Лабораторные методы испытаний строительных материалов. Учебное пособие к лабораторным работам. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 76 с.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



Латышев О. Г., Казак О. О.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине «Материаловедение»
для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ст.преп. Н. В. Колчина

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной и практической работе по дисциплине «Материаловедение» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензент – Лель Ю. И., профессор, доктор технических наук

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Материаловедение: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / О. Г. Латышев, О. О. Казак; Уральский государственный горный университет, кафедра шахтного строительства. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов всех специальностей направления подготовки «Горное дело» по курсу «Материаловедение».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры шахтного строительства «17» апреля 2019 г., протокол № 10 18/19

© Латышев О. Г., Казак О.О.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента	6
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения	7
3. Расчетные работы	12
3.1. Расчетная работа № 1. Определение характеристик бетона и расчет крепи вертикального ствола	12
3.2 Расчетная работа № 2. Проектирование состава бетона на заданную прочность и удобоукладываемость	14
3.3. Расчетная работа № 3. Построение и анализ диаграмм фазового состояния твердых растворов.	25
Рекомендуемая литература	28

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них 116 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Материаловедение» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых лабораторных и практических работ; подготовка к тестированию; написание и защита рефератов по отдельным темам курса. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Материаловедение». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачет. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре шахтного строительства имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения [3]. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Введение. Состав, строение и свойства материалов

Содержание:

Требования к материалам и их классификация; Состав и состояние материалов; Строение веществ; Типы внутренних связей в веществах; Дефекты кристаллического строения; Классификация свойств материалов; Параметры состояния материалов; Напряжения и деформации материалов; Упругие свойства материалов; Прочность. Теория прочности Мора; Паспорт прочности материалов; Теория хрупкого разрушения материалов (теория Гриффитса); Пластические свойства материалов; Долговечность материалов; Технологические свойства материалов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите основные эксплуатационно-технические, экономические и технологические требования к материалам.

2. Охарактеризуйте основные признаки, по которым осуществляется классификация материалов.

3. Укажите общие требования безопасности при применении веществ и материалов.

4. Назовите типичные примеры природных и искусственных материалов.

5. Охарактеризуйте различие газообразного, жидкого и твердого агрегатного состояния вещества с точки зрения энергии взаимодействия частиц.

6. Опишите механизм возникновения поверхностного натяжения жидкости.

7. Что понимается под дисперсными системами и как они подразделяются в зависимости от размеров частиц дисперсной фазы?

8. Чем отличаются истинные растворы от коллоидных растворов (золей)?

9. Охарактеризуйте различие в дисперсных системах, представленных эмульсиями, пенами, суспензиями и аэрозолями.

10. Дайте классификацию дисперсных систем по их агрегатному состоянию.

11. Что называется фазой и фазовыми превращениями?

12. Чем отличаются кристаллические и аморфные вещества? Опишите механизм кристаллизации веществ.

13. Что понимается под анизотропией свойств кристаллов?

14. Опишите механизм взаимодействия частиц в ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллах.

15. Дайте классификацию дефектов кристаллической структуры веществ.

16. Что понимается под термическими флуктуациями энергии и как они связаны с образованием точечных дефектов (атомов внедрения, вакансий)?

17. Опишите основные типы дислокаций и охарактеризуйте их поведение при нагружении кристаллов.

18. Что называется плотностью, объемной и насыпной массой материалов?

19. Что понимается под коэффициентом разрыхления материалов, и от каких факторов он зависит?

20. Что называется и как определяются влажность, водонасыщение и гигроскопичность материалов?

21. Опишите механизм смачивания поверхности материалов.

22. Что характеризует и как определяется коэффициент теплового расширения материалов?

23. Как с помощью круга напряжений Мора определить величину касательных и нормальных напряжений в материале?

24. Какие деформации возникают в материале под действием нормальных и касательных напряжений?

25. Дайте характеристику упругих свойств материалов: модулей упругости, сдвига, пластичности, объемной деформации, коэффициента Пуассона.

26. Охарактеризуйте технические критерии прочности материалов.

27. Что называется паспортом прочности материалов; какую роль играет огибающая предельных кругов напряжений?

28. Каков механизм разрушения твердых материалов с позиции теории хрупкого разрушения (теории трещин Гриффитса)?

29. Опишите механизмы пластического деформирования материалов.

30. Что понимается под твердостью материалов? Укажите методы ее определения.

31. Что понимается под вязкостью и ползучестью материалов?

32. Опишите технологические методы обработки материалов и изделий: литейное производство, обработка материалов давлением и резанием, сварочное производство, абразивные и ультразвуковые методы обработки.

33. Охарактеризуйте потребительские свойства материалов: качество, надежность, безотказность, ремонтопригодность.

34. Что называется морозостойкостью, огнестойкостью и огнеупорностью материалов? Опишите существо методов их определения.

35. Опишите механизмы изнашивания материалов.

36. Что называется и как оценивается износостойкость материалов?

37. Что называется коррозией материалов и как осуществляется повышение коррозионной стойкости материалов?

38. Опишите понятие долговечности материалов.

39. С какой целью и как осуществляется механическое воздействие на материалы?

40. Опишите существо термического и физико-химического воздействия на материалы.

2. Природные материалы

Содержание:

Древесина и древесные материалы; Каменные материалы.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Укажите область применения в горном деле древесины и древесных материалов.

2. Опишите структура древесины (поперечного разреза ствола): кору, камбий, собственно древесину и сердцевину.

3. В чем проявляется увлажнение и высушивание древесины?

4. Охарактеризуйте прочность древесины (при сжатии, растяжении и изгибе) вдоль и перпендикулярно волокнам.

5. Укажите номенклатуру пиломатериалов и изделий из древесины.

6. Опишите пороки древесины.

7. Охарактеризуйте меры защиты древесины от гниения и возгорания.

8. Как разделяются каменные природные материалы по назначению?

9. Охарактеризуйте свойства щебня и гравия.

10. Как определяется прочность щебня (гравия) и как она соотносится с их маркой?

11. Как определяется морозостойкость щебня (гравия)?

12. Как определяется зерновой состав щебня, гравия, песка?

13. Охарактеризуйте методы добычи и обработки природного камня.

3. Материалы на основе вяжущих веществ. Бетоны

Содержание:

Классификация вяжущих веществ; Приготовление и твердение минеральных вяжущих веществ; Цемент, гипс, известь; Бетонные смеси и их свойства; Технология бетона; Свойства бетонов; Железобетон; Строительные растворы.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Проясните классификацию вяжущих веществ по составу и по способу твердения.

2. Охарактеризуйте основные стадии превращения вяжущего в твердое тело: производство клинкера, затворение вяжущего, твердение цементного теста.

3. Опишите основные характеристики и разновидности портландцемента.

4. Опишите основные характеристики глиноземистого цемента.

5. Укажите особенности гипсовых вяжущих веществ.

6. Охарактеризуйте механизм твердения и свойства воздушной и гидравлической извести.

7. Дайте классификацию применяемых в промышленности бетонов.

8. Опишите свойства бетонной смеси: пластичность, тиксотропию, удобоукладываемость, связность.

9. Опишите процедуру подбора состава бетона.

10. Укажите особенности приготовления бетонной смеси ее транспортирования и укладки.

11. Дайте понятия марки и класса бетона.

12. Какие факторы влияют на прочность бетона, и как она изменяется во времени?

13. Охарактеризуйте виды бетонов.

14. Дайте характеристику свойств бетонов: пористости, водопоглощения, водопроницаемости, морозостойкости, деформативности.

15. Что понимается под железобетоном?

16. Как осуществляется контроль качества бетона?

17. Дайте классификацию и опишите назначение строительных растворов.

18. Охарактеризуйте свойства строительных растворов.

19. Опишите силикатные изделия автоклавного твердения, в частности, силикатный кирпич.

20. Как получают материалы и изделия на основе органических вяжущих веществ?

21. Дайте характеристику органических вяжущих: битума, дегтя, каучука.

22. Опишите применение материалов на основе вяжущих веществ в горном деле.

4. Керамические и силикатные материалы

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте классификацию и укажите область применения керамических материалов и изделий.

2. Опишите свойства керамических материалов.

3. Охарактеризуйте состав и свойства глин как сырья для керамических материалов.

4. Опишите технологию изготовления керамики.

5. Металлы и сплавы

Содержание:

Состав и строение металлов и сплавов; Диаграммы фазового состояния; Железоуглеродистые сплавы; Стали и их классификация; Чугуны; Цветные металлы и сплавы; Термическая обработка металлов; Коррозия металлов и сплавов; Методы испытаний металлов и сплавов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что представляют собой твердые растворы металлов?

2. Дайте понятие фазового состава и фазовых превращений в сплавах.

3. Опишите процессы кристаллизации чистого металла, механической смеси компонентов и твердых растворов.

4.Что понимается под эвтектикой?

5. Что называется диаграммой состояния (фазовой диаграммой)?

6. Опишите процедуру построения фазовой диаграммы сплава - твердого раствора.

7. Опишите процедуру построения фазовой диаграммы механической смеси компонентов (эвтектического сплава).

8. Опишите процедуру построения фазовой диаграммы химических соединений.

9. Охарактеризуйте разновидности железоуглеродистых сплавов.

10. Дайте анализ фазовой диаграммы железоуглеродистых сплавов.

11. Дайте анализ структурного состава железоуглеродистых сплавов.

12. Опишите технологию производства чугуна и стали.

13. Охарактеризуйте влияние углерода и других примесей на строение и свойства стали.

14. Опишите последовательность процедуры термической обработки стали.

15. В чем состоит процедура термомеханической и химико-термической обработки стали?

16. Дайте классификацию и маркировку сталей.

17. Опишите разновидности и свойства чугунов.

18. Опишите особенности следующих цветных металлов и их сплавов: титана, алюминия, магния, меди.

19. Дайте характеристику и опишите назначение порошковых металлических материалов.

20. Опишите композиционные материалы с металлической матрицей.

21. Что представляют собой и где используются металлические стекла?

22. Охарактеризуйте методы испытаний металлов и сплавов.

23. Опишите механизм коррозии металлов и меры борьбы с этим явлением.

6. Полимерные и композиционные материалы

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте классификацию и свойства пластмасс.

2. Дайте определение и классификацию композитных материалов.

3. Опишите состав и строение композитных материалов.

4. Опишите композитные материалы на основе полимерных матриц.

5. Опишите технологию нанесения лакокрасочных покрытий.

6. Охарактеризуйте связующие (пленкообразующие) вещества.

7. Опишите разновидности и характеристики красок и лаков.

8. Дайте классификацию и характеристики смазочных материалов.

7. Материалы специального назначения

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите разновидности кровельных материалов.

2. Охарактеризуйте жидкие, пастообразные и твердые гидроизоляционные материалы.

3. Что представляют собой и где используются герметизирующие материалы?

4. Опишите строение и свойства теплоизоляционных материалов.

5. Опишите строение и свойства акустических материалов.

6. Дайте классификацию и характеристики полупроводниковых материалов.

3. РАСЧЕТНЫЕ РАБОТЫ

Расчетная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА И РАСЧЕТ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА

Цель работы – овладение методикой определения характеристик бетона по контрольным образцам и расчет бетонной крепи вертикального ствола.

Краткая теория

Основные характеристики бетона, подготовка образцов к испытаниям, методика их проведения и процедура анализа результатов описаны в Лабораторных работах №4 и №5 соответствующего учебно-методического пособия.

Данная часть работы посвящена обработке результатов испытаний, сгенерированных в статистической модели формирования бетонной смеси (табл. 1).

Таблица 1

Студент:

Определение кубиковой прочности бетона

Размер грани куба, мм 150

Площадь, $см^2$	Нагрузка, кгс	Прочность, $кгс/см^2$	$(Xi - Xcp)^2$
224.9	64301		
224.8	69229		
224.0	65782		
224.9	72257		
224.5	74637		
224.9	72741		
224.5	61191		
224.8	79869		
224.0	50813		
224.2	62195		
Среднее			
Стандарт			
Квар			

РАСЧЕТ БЕТОННОЙ КРЕПИ

Радиус ствола в свету, мм	3700
Нагрузка на крепь, кПа	800

Задание:

1. Вычислить прочность 10 бетонных кубиков (X_i) с учетом масштабного коэффициента α, учитывающего размер образцов.

2. Определить среднее арифметическое прочности бетона:

$$X_{ср} = \Sigma x_i /10. \quad (3.1)$$

3. Заполнить последний столбец и определить сумму квадратов отклонения прочности единичных образцов от общей средней.

4. Рассчитать среднее квадратическое отклонение (стандарт):

$$S = [\Sigma(x_i - X_{ср})^2/10]^{1/2}. \quad (3.2)$$

5. Вычислить коэффициент вариации прочности бетона:

$$\upsilon = S/ X_{ср}. \quad (3.3)$$

6. Определить марку бетона.

7. Вычислить класс бетона по формуле:

$$B = R_c(1-1{,}64\nu) \quad (3.4)$$

8. Произвести расчет толщины бетонной крепи вертикального ствола шахты по формуле:

$$\delta_к = \gamma_b r_0 \left(\left(\frac{R_{пр} / \gamma_m}{R_{пр} / \gamma_m - 2 P_п} \right)^{1/2} - 1 \right), \quad (3.5)$$

где γ_b – коэффициент условий работы крепи, равный 1,25;

r_0 – радиус ствола в свету, мм;

γ_m – коэффициент надежности по материалу (бетону), принимаемый в соответствии с СП 63.13330, равным 1,3;

$R_{пр}$ – расчетное сопротивление бетона сжатию, кПа;

$P_п$ – расчетная нагрузка на крепь, кПа.

9. Принять технологическую толщину крепи из условия - ***проектная толщина крепи принимается с округлением расчётного значения $\delta_к$ в большую сторону кратной 50 мм.***

10. Обобщить результаты и сделать выводы.

Расчетная работа № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА НА ЗАДАННУЮ ПРОЧНОСТЬ И УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ

Цель работы

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон компонентами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием). Такое соотношение должно обеспечивать требуемую удобоукладываемость бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента. Целью работы является изучение методики, получения и закрепления навыков расчета состава бетонной смеси для изготовления бетонов заданной марки и определенного вида конструкции.

Методика расчета

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов по массе на 1 м^3 уложенной и уплотненной бетонной смеси или отношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента, принимаемой за единицу, т.е. *1 : x : y* (цемент : песок : щебень или гравий) при *В/Ц = z*. Например, в первом случае состав бетона: цемента – *280*, песка – *670*, щебня – *1300*, воды – *170* кг/м^3; а во втором случае: *1 : 2,4 : 4,7* при *В/Ц = 0,6*.

ПОРЯДОК РАСЧЕТА СОСТАВА БЕТОНА

Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные:

- заданную марку бетона $R_б$;

- требуемую удобоукладываемость бетонной смеси (*осадка конуса и подвижность*);

- характеристики исходных материалов: активность цемента $R_ц$, наибольший диаметр зерен крупного заполнителя $D_н$, модуль крупности песка $M_к$, насыпную массу γ и истинную плотность ρ компонентов бетонной смеси.

Состав бетона на 1 м^3 рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определение водоцементного отношения

Водоцементное отношение *В/Ц* вычисляют исходя из требуемой марки бетона, активности цемента и с учётом вида и качества составляющих по следующим формулам:

а) для бетонов с водоцементным отношением В/Ц ≥ 0,4

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A \cdot R_ц}{R_б + 0{,}5A \cdot R_ц}; \qquad (3.6)$$

б) для бетонов с водоцементным отношением В/Ц ≤ 0,4

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A_1 \cdot R_ц}{R_б - 0{,}5A_1 \cdot R_ц}, \qquad (3.7)$$

где $R_б$ – марка бетона, МПа;

$R_ц$ – марка или активность цемента, МПа;

A и A_1 – коэффициенты, учитывающие качество материалов заполнителей.

Таблица 3.1

Значения коэффициентов А и $А_1$

Характеристика заполнителей	***А***	***$А_1$***
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые (средние)	0,60	0,40
Пониженные	0,55	0,37

2.Определение расхода воды

Оптимальное количество воды *В*, л/м^3, определяют по таблице 3.8 в зависимости от требуемой удобоукладываемости бетонной смеси, вида крупного заполнителя и наибольшего диаметра зерен крупного заполнителя.

Примечания:

1. Табличные данные применимы для бетонов с расходом цемента не выше 400 кг/м^3.
2. При расходе цемента выше 400 кг/м^3 расход воды увеличивается на 10 л на каждые 100 кг цемента.

3. При применении пуццолановых портландцементов расход воды увеличивается на 15-20 л.
4. При применении мелкого песка расход воды увеличивается на 10 л.

Таблица 3.2

Ориентировочные расходы воды на 1 м^3 бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси		***Наибольший диаметр зерен крупного заполнителя, мм***							
		гравий				***щебень***			
Осадка конуса, см	***Жесткость, с***	***10***	***20***	***40***	***70***	***10***	***20***	***40***	***70***
0	31 и более	150	135	125	120	160	150	135	130
0	21 ÷ 30	160	145	130	125	170	160	145	140
0	11 ÷ 20	165	150	135	130	175	165	150	145
0	5 ÷ 10	175	160	145	140	185	175	160	155
4 и менее	1 ÷ 4	190	175	160	155	200	190	175	170
5 ÷ 9	–	200	185	170	165	210	200	185	180
10 ÷ 15	–	215	205	190	180	225	215	200	190
16 и более	–	225	220	205	195	235	230	215	205

Удобоукладываемость смеси, если она не задана, выбирается в зависимости от вида конструкций и способа их изготовления по таблице 3.3.

Таблица 3.3

Рекомендуемая удобоукладываемость бетонной смеси

Вид конструкций, изделий и метод их изготовления	***Осадка конуса, см***	***Жесткость, с***
Монолитные конструкции		
Подготовка под фундаменты и основания дорог	0-2	30 ÷ 60
Полы, покрытия дорог и аэродромов, массивные неармированные конструкции (фундаменты, подпорные стенки)	2 ÷ 3	25 ÷ 30

Массивные армированные конструкции. Плиты, балки, колонны бетонируемые на месте	2 ÷ 4	15 ÷ 25
Тонкостенные конструкции, сильно насыщенные арматурой	6 ÷ 8	6 ÷ 10
Сборные конструкции		
Изделия, формуемые с немедленной распалубкой	0	80 ÷ 100
Стеновые панели, формуемые в горизонтальном положении с вибропригрузом	0	60 ÷ 80
Изделия, формируемые вибропрокатом	0	50 ÷ 60
Монолитная бетонная крепь подземных выработок		
При ручной укладке	1 ÷ 3	15 ÷ 30
При спуске бетонной смеси по бетонопроводу	6 ÷ 10	5 ÷ 10
При применении пневмоукладчиков	8 ÷ 10	5 ÷ 8

3. Определение расхода цемента

Расход цемента на 1 м^3 бетона определяют по водоцементному отношению и расходу воды согласно следующей формуле

$$Ц = \frac{В}{(В/Ц)} \tag{3.8}$$

Расход цемента уточняется в зависимости от крупности зерен крупного заполнителя и сопоставляется с данными таблицы 3.10. Если расчетное значение Ц меньше табличного $Ц_{min}$, то принимается минимальный расход цемента $Ц_{min}$, а количество воды необходимое для затворения бетонной смеси, пересчитывается по формуле:

$$В = \frac{Ц}{(В/Ц)} \tag{3.9}$$

Таблица 3.4

Минимальный расход цемента $Ц_{min}$

для получения нерасслаиваемой плотной бетонной смеси

Вид бетонной смеси	***Наибольший диаметр зерен крупного заполнителя, мм***			
	10	***20***	***40***	***70***
Особо жесткая (Ж > 20 с)	160	150	140	130
Жесткая (Ж = 10 ÷ 20 с)	180	160	150	140
Малоподвижная (Ж = 5 ÷ 10 с)	200	180	160	150
Подвижная (ОК = 5 ÷ 10 см)	220	200	180	160
Очень подвижная (ОК = 10 ÷ 16 см)	240	220	200	180
Литая (ОК > 16 см)	250	230	210	190

4. Определение расхода крупного и мелкого заполнителей

Расход заполнителей на 1 м^3 определяют по следующим формулам:

Щебень:

$$Щ = \frac{1}{П_{щ} \cdot \frac{\alpha}{\gamma_{щ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}; \qquad П_{щ} = 1 - \frac{\gamma_{щ}}{\rho_{щ}}; \tag{3.10}$$

Гравий:

$$Г = \frac{1}{П_{г} \cdot \frac{\alpha}{\gamma_{г}} + \frac{1}{\rho_{г}}}; \qquad П_{г} = 1 - \frac{\gamma_{г}}{\rho_{г}}; \tag{3.11}$$

Песок:

$$П = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + \frac{В}{\rho_{в}}\right)\right] \cdot \rho_{п}; \tag{3.12}$$

где α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия) раствором; для жестких бетонных смесей α следует принимать в пределах 1,05 ÷ 1,15, для пластичных смесей коэффициент α принимают по табл. 3.11;

$\rho_п$, $\rho_щ$, $\rho_г$, $\rho_ц$ – объемные массы песка, щебня, гравия и цемента соответственно;

$\rho_в$ – объемная масса воды ($\rho_в$ = 1г/см^3 = 1000 кг/м^3);

$\gamma_п$, $\gamma_щ$, $\gamma_г$, $\gamma_ц$ – насыпные массы песка, щебня, гравия и цемента.;

$П_щ$ – пустотность крупного заполнителя (щебня, гравия), в формулу подставляется в виде относительной величины;

Щ – расход крупного заполнителя (щебень), кг/м^3;

Г – расход крупного заполнителя (гравий), кг/м^3;

П – расход мелкого заполнителя (песок), кг/м^3;

Ц – расход цемента, кг/м^3.

Таблица 3.5.

Значения коэффициента α для пластичных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м^3	***Коэффициент α при В/Ц***				
	0,4	***0,5***	***0,6***	***0,7***	***0,8***
250	–	–	1,26	1,32	1,38
300	–	1,30	1,36	1,42	–
350	1,32	1,38	1,44	–	–
400	1,40	1,46	–	–	–

Примечание. При других значениях *Ц и В/Ц* коэффициент α находят интерполяцией.

5. Определение объемной массы бетонной смеси и коэффициента выхода бетона

Определив расход компонентов *В*, *Ц, П,* и *Щ(Г)* на 1 м^3 бетонной смеси, вычисляют расчетную среднюю плотность

$$\rho_{ср} = В + Ц + П + Щ(Г),\ кг/м^3. \qquad (3.13)$$

Далее вычисляют коэффициент выхода бетона β с точностью до 0,01 делением объема бетонной смеси (1 м^3) в уплотненном состоянии на сумму объемов сухих составляющих, затраченных на её приготовление:

$$\beta = \frac{V_{б.см}}{V_п + V_ц + V_{щ(г)}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\gamma_ц} + \frac{П}{\gamma_п} + \frac{Щ(Г)}{\gamma_{щ(г)}}} \qquad (3.14)$$

Коэффициент выхода бетона представляет собой степень уменьшения объема бетонной смеси по сравнению с суммарным объемом исходных материалов и обычно значение коэффициента β находится в пределах 0,55 ÷ 0,75. Также этот коэффициент является технико-экономической характеристикой качества заполнителей и бетона – чем выше значение β, тем экономичнее расход компонентов для приготовления бетонной смеси. Пользуясь величиной β, рассчитывают потребность материалов для выполнения заданного объема строительно-монтажных работ.

6.Определение расхода материалов для пробного замеса

$$Ц_{пр} = Ц \cdot \frac{V_{пр}}{1000}; \qquad В_{пр} = В \cdot \frac{V_{пр}}{1000};$$

$$П_{пр} = П \cdot \frac{V_{пр}}{1000}; \qquad Щ_{пр} = Щ \cdot \frac{V_{пр}}{1000};$$

где $Ц_{пр}$, $В_{пр}$, $П_{пр}$, $Щ_{пр}$ – масса цемента, воды, песка и щебня в кг на пробный замес;

$Ц$, $В$, $П$, $Щ$ – масса цемента, воды, песка и щебня в кг на 1 м^3 бетонной смеси;

$V_{пр}$ – объем пробного замеса, л. Принимается по таблице 3.6 в зависимости от наибольшей крупности заполнителя, мм.

Таблица 3.6

Объем пробного замеса

Наибольшая крупность заполнителя, мм	20	40	70	150
Размер ребра образца-куба, см	10	15	20	30
Объем пробного замеса, л	6	12	25	85

Приготавливают бетонный замес, проверяют консистенцию бетонной смеси, определяют ее объемный вес. Отклонения от заданной подвижности бетонной смеси допускаются в пределах ± 1 см для смесей с подвижностью 2-6 см и ± 2 см для смесей с подвижностью 6-12 см. Отклонения от заданной жесткости допускается не более 15%.

При необходимости проводят корректировку состава бетонной смеси, добавляя цемент и воду для повышения пластичности – или песок и крупный заполнитель – для понижения пластичности. Количество добавляемых материалов берут в каком-либо пропорциональном отношении к расходу их на пробный замес.

Таблица 3.7

Варианты заданий

№ варианта	Марка бетона	Заполнитель мелкий	Заполнитель крупный	Характеристики цемента	Вид конструкции
1	2	3	4	5	6
1	200	Песок высококач. $\rho_п = 2640кг/м^3$ $\gamma_{п.} = 1480кг/м^3$ Мк = 2,23 W = 8%	Щебень высококач. $\rho_щ = 2620кг/м^3$ $\gamma_щ = 1510кг/м^3$ $D_н = 40мм$ W = 4 %	$\rho_ц = 3000кг/м^3$ $\gamma_ц = 1400кг/м^3$ $R_ц = 400$	Подготовка под фундамент
2	200	Песок среднекачеств.	Щебень среднекачеств	$\rho_ц = 3200кг/м^3$	Подготовка под фундамент

		$\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	$\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	
3	400	Песок низкокачеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Пол, покрытие дорог, аэродромов
4	250	Песок высококачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень высококачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Пол, покрытие дорог, аэродромов
5	350	Песок среднекачеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень среднекачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Массивные армированные конструкции
6	200	Песок низкокачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Массивные армированные конструкции
7	500	Песок низкока-	Щебень низ-	$\rho_ц$= 3250кг/м^3	Массивные армированные кон-

		честв. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	кокачеств $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\gamma_ц$= 1500кг/м^3 $R_ц$ = 600	струкции
8	300	Песок высоко-качеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень вы-сококачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Плиты, балки, колонны, бетонируемые на местах
9	400	Песок средне-качеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень сред-некачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Плиты, балки, колонны, бетонируемые на местах
10	250	Песок низкока-честв. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень низ-кокачеств. $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Крепь – ручная укладка
11	350	Песок высоко-качеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень вы-сококачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Крепь – при спуске бетонной смеси по бетонопроводу

12	200	Песок низкокачеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Крепь с применением пневмобетоно-укладчика
13	300	Песок высококачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень высококачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Подготовка под фундамент
14	450	Песок среднекачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень среднекачеств $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3250кг/м^3 $\gamma_ц$= 1500кг/м^3 $R_ц$ = 600	Крепь с применением пневмобетоно-укладчика
15	400	Песок высококачест. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень высококачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Крепь – при спуске бетонной смеси по бетонопроводу
16	450	Песок высококачеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23	Щебень высококачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм	$\rho_ц$= 3250кг/м^3 $\gamma_ц$= 1500кг/м^3 $R_ц$ = 600	Массивные армированные конструкции

		W = 8%	W = 4 %		
17	400	Песок низкокачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Крепь – ручная укладка

Расчетная работа №3

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИАГРАММ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы – изучение строения металлов и сплавов применительно к построению и анализу диаграмм фазового состояния твердых растворов металлов.

При охлаждении расплавов происходит кристаллизация компонентов, в процессе которой образуются твердые сплавы. Один из компонентов, называемым растворителем, сохраняет кристаллическую решетку, а другой внедряется в нее, раздвигая кристаллическую решетку (растворы внедрения) или замещает атомы растворителя в узлах кристаллической решетки (растворы замещения).

Теоретическая основа

[1]: Раздел 6.1. Состав и строение металлов и сплавов;

Раздел 6.2. Диаграммы фазового состояния сплавов.

Методика эксперимента и построения диаграмм состояния

1. Для построения диаграммы фазового состояния твердых растворов производят изучение темпа охлаждения сплава при различных сочетаниях его компонентов. В задании, сгенерированном компьютерной статистической моделью, приведены данные по охлаждению компонента *A*, при изменении его содержания в растворе: 100; 80; 60; 40; 20; 0 %.

2. Построить графики темпа охлаждения для различных сочетаний компонентов *A* и *B*.

3. Для каждого сочетания компонентов сплава найти значения температур начала t_{i1} и конца t_{i2} процесса кристаллизации.

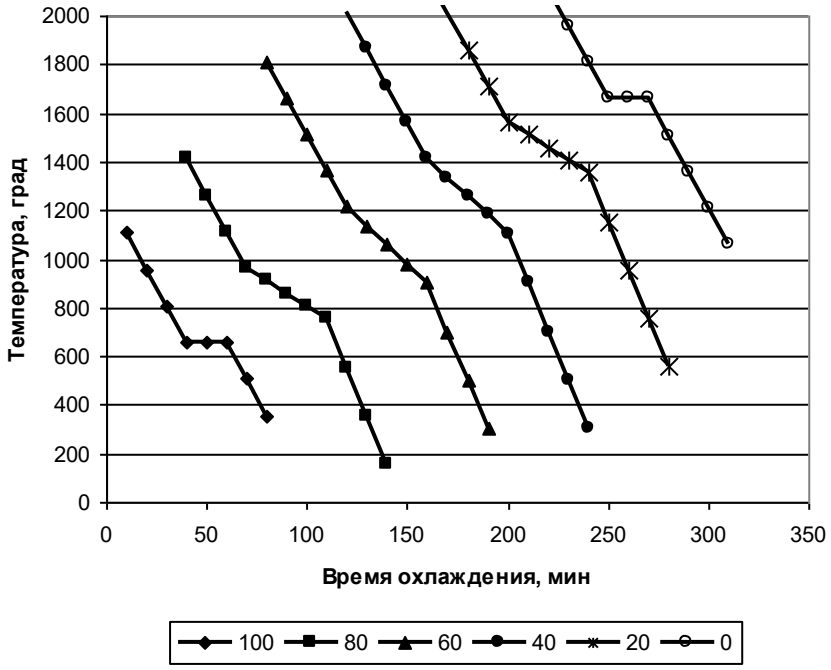
Задание:

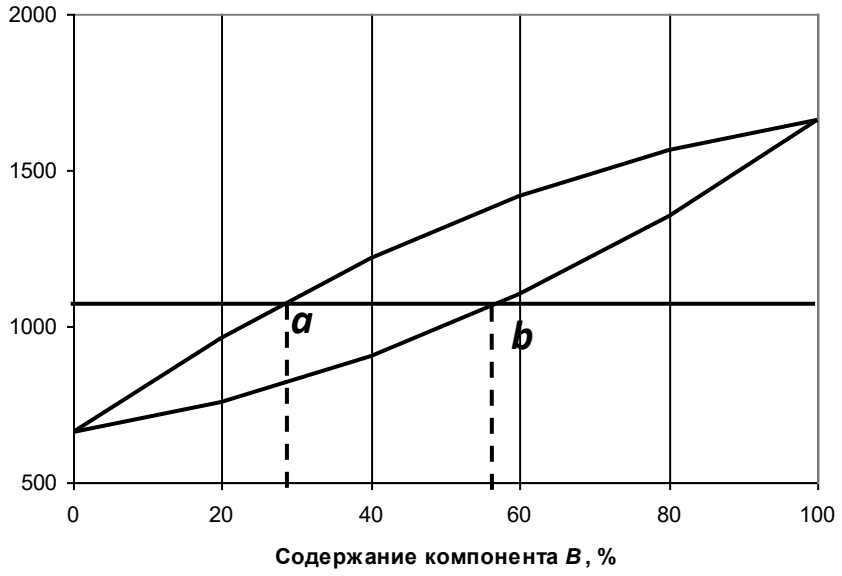
1. По полученным данным построить диаграмму фазового состояния твердого раствора компонентов.

2. Дать анализ диаграммы. Описать смысл линии ликвидуса и солидуса.

3. Провести коноду в средней части диаграммы между температурами плавления компонентов *A* и *B*. Определить состав сплава, соответствующий данной линии.

Пример распечатки результатов





СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Латышев О. Г., Казак О. О.* Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Учебник. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 300 с.

2. *Казак О. О., Соколов В. В., Прищепа Д. В.* Материаловедение: Лабораторные методы испытаний строительных материалов. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. 76 с.

3. *Ржевская С. В.* Материаловедение: Учебн. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. 456 с.

4. *Половов Б. Д., Корнилков М. В.* «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Конспект лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000.

5. *Латышев О. Г., Казак О. О.* Физика горных пород: Учебник. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2014. 277 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине:

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.04 Горное дело

все специализации

Автор:[Мухачева Л.В. старший преподаватель, Батанин Ф.К. ассистент]

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 16.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Оглавление

Тема 1. Становление горноспасательного дела в России 3
Тема 2. Организация и ведение горноспасательных работ..... 25
Тема 3. Тактика ВГСЧ при ликвидации аварий в шахтах 40
Тема 4. Тушение подземных пожаров. 45
Тема 5. Средства индивидуальной защиты горноспасателей. 73
Тема 6. Оживляющая аппаратура на вооружении ВГСЧ..... 168
Тема 7. Аппараты горноспасательной связи 179
Контрольные вопросы 200

Тема 1. Становление горноспасательного дела в России

Возникновение горноспасательного дела в России относится к 1870-1880 годам. С этого времени на угольных шахтах Донбасса начинают создаваться первые добровольные спасательные дружины из наиболее опытных и физически выносливых шахтеров.

Создавали дружины и руководили ими горные инженеры-энтузиасты, работавшие на шахтах. Необходимость создания таких дружин обуславливалась все возрастающим количеством аварий и катастроф, происходящих на шахтах.

Первые вспышки рудничного газа в Донбассе произошли в 1878 году, а затем в начале 1880 года – на Егоринских копях Урала.

В 1888 году Д.И.Менделеев сделал первый анализ газа суфляра из шахты «Капитальная» (Макеевка). В 1890 году профессором Н.Д. Коцовским и академиком Н.С. Курнаковым, обследовавшими шахты Донбасса, было установлено наличие значительное выделение газа, неудовлетворительное проветривание шахт и предложено в качестве меры борьбы с метаном его выжигание.

Несмотря на то, что через полгода после этого обследования, 4 января 1891 года произошел первый крупный взрыв на шахте № 14 Рыковских копий (г.Донецк), в результате которого погибло 55 шахтеров, серьезного внимания на борьбу с рудничным газом обращено не было.

В 1898 году 3 января на шахте «Иван» (Макеевка) произошел взрыв газа, при котором погибло 74 шахтера.

В 1899 году профессор Петербургского горного института И.А. Тимме опубликовал статью «Спасательные артели при каменноугольных рудниках», в которой указывал на несовершенство правил ведения горных работ, и неудовлетворительную организацию работ в области техники безопасности. И.А. Тимме детально изучил состояние техники безопасности и пришел к выводу, что при взрывах гремучего газа или угольной пыли большинство пострадавших умирает вследствие несвоевременного оказания помощи, из-за отсутствия специальных спасательных приборов, позволяющих вести работы в непригодной для дыхания атмосфере.

И.А. Тимме в своих статьях требовал создания на шахтах горноспасательных команд, которые должны проходить специальное обучение и снабжаться необходимыми дыхательными аппаратами.

В начале XX века в русской технической литературе публикуется восемь статей профессора А.А Скочинского, посвященных анализу взрывов гремучего газа и мерам по их предупреждению, пропаганде идей создания горноспасательной службы.

Горным инженером И.О. Кржижановским публикуется две статьи по подземным пожарам: в 1896 году «О подземных пожарах» и в 1903 году «Краткий очерк рудничных пожаров вместе с изложением рациональных систем рудничной противопожарной обороны».

В 1907 году появилась книга профессора А.М. Терпигорева «Рудничные пожары и борьба с ними» – учебник по горноспасательному

делу для студентов Екатеринославского высшего горного училища.

Профессор Б.И. Бокий в 1907 году выступил с докладом собранию Алмазной районной комиссии Совета съезда по вопросу об устройстве и оборудовании спасательных станций.

Впервые вопрос об организации горноспасательной службы в России под давлением общественности был рассмотрен на XXVII съезде горнопромышленников Юга России в 1902 году. Постановлением этого съезда была установлена необходимость организации нескольких спасательных станций на наиболее опасных рудниках Донбасса. Съезд избрал комиссию, которой было поручено собрать данные о борьбе с авариями и об устройстве зарубежных горноспасательных станций. Возглавил комиссию инженер Фрезе, который в течение нескольких лет «изучал» и «собирал» материалы, по каждому поводу тормозя решение этого важного вопроса.

Только в 1907 году XXXII съезд горнопромышленников Юга России принял решение об организации вначале одной спасательной станции на средства съезда и об открытии в дальнейшем семи горноспасательных станций на наиболее опасных шахтах.

Крупные катастрофы на шахтах, одной из которых был взрыв газа на шахте №4 бис в Юзовке в 1907 году, который унес жизнь 273 шахтеров, подтолкнули шахтовладельцев к созданию в 1907 году трех первых спасательных станций: в Макеевке (Донбасс), Кизеле (Урал) и Анжеро-Судженске (Кузбасс).

Первая в России горноспасательная станция начала функционировать с ноября 1907 года в Макеевке. В небольшом здании было размещено наблюдательное помещение, конторка, русская печь и котел для подогрева воды. К станции были подведены железнодорожные пути и телефон. Учебный штрек был устроен в отвале пустой породы шахты «Капитальная». Штат станции состоял из начальника станции – горного инженера, заместителя начальника – штейгера, команды из десяти человек и нескольких разнорабочих.

В первые годы существования Макеевская спасательная станция имела восемь респираторов, два аппарата для производства искусственного дыхания, три транспортных баллона для кислорода и один дожимающий кислородный насос.

Для выезда спасательной дружины на шахты в случае аварии имелись четыре лошади и фургон. Все имеющееся горноспасательное оборудование было иностранным. В России такое оборудование не производилось.

Первым начальником Центральной Макеевской горноспасательной станции был горный инженер Иосиф Иосифович Федорович.

Несмотря на то, что в старой России спасательное оборудование не изготовлялось, русская техническая мысль в области конструирования его не отставала от иностранной, но в ряде вопросов значительно ее опережала.

Горный инженер Д.Г. Левицкий, бывший в течение ряда лет заведующим Макеевской спасательной станцией, еще в 1911 году

сконструировал и изготовил новый по идее респиратор, назвав его «Макеевка», отличавшийся от заграничных резервуарных аппаратов физической регенерацией используемого воздуха. Под влиянием критической статьи Д.Г. Левицкого, опубликованной им в одном английском журнале, германская фирма «Дрегер», специализировавшаяся на горноспасательном оборудовании, переконструировала свой аппарат с учетом замечаний Д.Г. Левицкого.

Для борьбы с огнем русским химиком А.В. Лораном еще в 1904 году впервые был предложен пенообразующий состав. Пена при этом была получена химическим путем в результате взаимодействия кислотного и щелочного растворов в присутствии вяжущего вещества (локрицы), способствующего образованию упругих стенок пузырьков пены. Химическая пена, получаемая с помощью огнетушителей, для тушения очагов пожаров применяется во всем мире до настоящего времени.

Первый противогаз для защиты органов дыхания от ядовитых газов, основанный на адсорбции этих газов, был предложен русским ученым Н.Д.Зелинским. Он стал прототипом для создания самоспасателей для горнорабочих.

Противогаз был создан в 1915 году после того, как на русско-германском фронте в мае 1915 года немцы внезапно произвели газовую атаку против русских войск.

Это изобретение поразило ученых всего мира простотой решения поставленной задачи.

С 1910 года в Макеевской центральной спасательной станции под руководством Дмитрия Гавриловича Левицкого и Николая Николаевича Черницына было положено начало изучения рудничного газа и угольной пыли.

О рудничном газе как о «горючих парах», выделяющихся из рудников Цвикоу (Саксония), впервые упоминается в 1545 году в сочинениях Георгия Агриколы. Сто лет спустя, в 1686 году, английский писатель Роберт Пиот в сочинении «Естественная история Стаффордшира» уже совершенно определенно указывает в числе семи, как он выражается, родов рудничного воздуха гремучий газ.

В начале двадцатого столетия в России мало было известно о свойствах угольной пыли. Работами Д.Г.Левицкого и Н.Н.Черницына, проведенными в 1914-1915 годах, были признаны опасными по взрываемости угольной пыли 24 пласта на шахтах Донбасса.

Н.Н.Черницын, руководивший Макеевской спасательной станцией после Д.Г.Левицкого, был крупным теоретиком и автором исследований в области изучения взрывчатых свойств рудничного газа и угольной пыли. Помимо исследовательских работ Н.Н.Черницын глубоко изучал горноспасательное дело.

В 1914 году печатается его работа «Спасательное дело на рудниках», в которой наряду с описанием и критической оценкой применявшихся в то время аппаратов для горноспасателей опубликован ряд теоретических и

практических соображений по этому вопросу.

Работы, проводимые инженерно-техническим составом станции по безопасности работ на шахтах, определили и ее дальнейшее направление. В 1927

году на ее базе был создан Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ).

В начал девятнадцатого столетия было известно, что гремучий газ взрывается от открытого пламени и что после взрыва в рудничном воздухе некоторое время его не наблюдается. Поэтому меры борьбы с ним сводились к его выжиганию.

«Выжигальщик» надевал кожух и факелом из пакли, навернутой на палку и смоченной в мазуте, поджигал метан, скапливающийся обычно в тупиковом забое. Единственной защитой при этом у «выжигальщика» от возможного взрыва был кожух.

По существовавшим тогда Правилам безопасности надзор шахты должен был привлекаться к ответственности за допущение на работу шахтеров без предварительного выжигания газа в забоях. Такая борьба с газом проводилась обычно между сменами, когда в забоях не было шахтеров.

В 1824 году, спустя сто лет после первого крупного взрыва гремучего газа на шахте возле Ньюкестля, английский инженер Дэви предложил предохранительную лампу для освещения мест работы шахтеров, с помощью которой можно было определять наличие гремучего газа в атмосфере горных выработок.

Впоследствии предохранительная шахтерская лампа была несколько усовершенствована немецким инженером Вольфом и широко применялась в России. Лампа Вольфа послужила прототипом предохранительной бензиновой лампы «Свет шахтера», применявшейся у нас в стране для замера концентраций метана вплоть до 60-х годов XX века.

В 1908 году в Донбассе организуется Мариупольская станция, в 1909 году – Голубовская и Орлово-Еленевская, в 1910 году – Щербиновская, в 1911 – Грушевская и Боково-Хрустальная, в 1912 – Берестовская.

К этому времени во всем Донбассе было 49 спасательных дружин, имеющих 395 респираторов различных систем. При этом число обученных спасательному делу шахтеров- добровольцев было 600 человек.

В 1914 году в Донбассе были организованы Рыковская , Веровская и Екатерининская спасательные станции, а в 1915 году – Чистяковская и Кардовская.

Спасательное дело на шахтах европейских стран было организовано раньше, чем в России. К тому же за рубежом производилось довольно разнообразное горноспасательное оборудование. Однако сама постановка горноспасательного дела была не на много лучше, чем в России. Так, на Международном конгрессе по горноспасательному делу в Вене в 1913 году в одном из докладов, охватывающем данные нескольких европейских стран, были приведены данные: погибло спасателей во время спасательных работ 67 человек, при этом спасено горнорабочих 28 человек.

Одиночки - энтузиасты горноспасательного дела и техники безопасности в России, как И.И. Федорович, Д.Г. Левицкий, Н.Н. Черницын и другие не могли добиться решительного улучшения в этой области.

Именно в результате плохой постановки горноспасательного дела в марте 1917 года при спасательных работах в шахте №1 «Горловка» погиб весь командный состав центральной Макеевской спасательной станции во главе с ее начальником Н.Н. Черницыным.

Примерно так же, как и в Донбассе, развивалось горноспасательное дело и на востоке страны.

Как уже говорилось, первая спасательная станция на востоке России была открыта в1907 году на Анжерских «казенных» копях. Основателем и первым начальником был по совместительству штейгер шахты № 14 Ушаков Анисим Афанасьевич.

В основном спасательная станция состояла из совместителей, именовавшихся «вспомогателями» т.е. работников, которые в свободное, но заранее определенное время, являлись для несения дежурства и учебы в служебное здание спасстанции. Штатным был один инструктор, который и проводил обучение спасателей. На оснащении станции были иностранные респираторы образца 1904-1909 годов и шланговые «Вестфалия». Транспортом станция не располагала, точнее, при станции был фургон с оборудованием с перестановкой на летний и зимний хода в зависимости от времени года, а в случае аварии пожарная команда высылала лошадей, их впрягали в имеющийся фургон и выезжали к месту аварии.

Сбор вспомогателей на аварию осуществлялся сиреной, имеющей зловеще-раздирающие гудки, которые при включении наводили ужас на людей и животных. Как ни странно такой сбор на аварию производился вплоть до 1930 года.

К 1925 году штат станции был доведен до 18 человек с транспортом из 6 лошадей. Начальником горноспасательной станции был назначен Дубинин, а в дальнейшем Безуглый. С этого времени Анжерская горноспасстанция стала носить название «Сибирская Горноспасательная станция», объединяя руководство и организацию горноспасательного дела Кузбасса, Восточной части Сибири и Дальнего Востока.

Началом организации государственной горноспасательной службы России считается 1922 год, когда 6 июля Всероссийским Центральным Исполнительным Комитетом и Советом Народных Комиссаров было принято постановление «О горноспасательном и испытательном деле в РСФСР».

Этим постановлением было положено начало организации профессиональной горноспасательной службы, построенной на принципах централизованного управления.

В 1923 году организуется горноспасательная станция на Щегловском руднике (г.Кемерово), а в 1924 году – в Кольчугине (г. Ленинск-Кузнецкий).

В 1924 году в стране действовало 33 горноспасательных станции, из них: в Донбассе – 22, на Урале – 4, в Кузбассе – 3, в Средней Азии – 2, на Дальнем Востоке – 1 и в Криворожском бассейне – 1.

Эти станции организовывались не только на угольных шахтах, но и на рудниках по добыче железных и полиметаллических руд.

Горноспасательные станции в это время создавались четырех типов: центральные, районные, групповые и рудничные.

18 июня 1927 года организуется профессиональная горноспасательная команда на Прокопьевском руднике.

В 1928 году Правительство принимает решение о создании в Сибирском крае Центральной горноспасательной станции (ЦГСС) в г. Ленинске-Кузнецком – географическом центре будущего индустриального Кузбасса.

Для строительства ЦГСС была отведена большая площадка на северной окраине города, где располагался зеленый пустырь.

Консультацию проекта ЦГСС осуществлял Б.Ф.Гриндлер, прибывший из Донбасса. Горный инженер Болеслав Фридрихович Гриндлер был грамотным по тому времени специалистом горноспасательного дела. Под его руководством в 1932 году было начато строительство новой ЦГСС в г.Ленинске-Кузнецком. Он имел ценный опыт организации оперативных работ при ликвидации аварий. Большое внимание Б.Ф. Гриндлер уделял организации горноспасательной науки. Опубликованные его работы использовались для повышения уровня знаний горноспасателей и работников шахт и рудников. Несмотря на большую загруженность в своем непосредственном деле, в 1932-1934 годах Б.Ф.Гриндлер создает в г. Ленинске-Кузнецком опытную станцию подземной газификации угля на пласте «Журинском». Опыты, проведенные в Кузбассе по подземной газификации угля, были весьма впечатляющими.

Наряду с этим Б.Ф. Гриндлер был крупным организатором-хозяйственником. В 1934 году была сдана в эксплуатацию Сибирская ЦГСС, которая по своим масштабам и техническим возможностям была одной из лучших в России и за рубежом.

Учитывая характер работы горноспасательных команд в непригодной для дыхания атмосфере, особенности профессиональной подготовки спасателей и неукоснительной исполнительности при выполнении приказов, Совет Труда и Обороны, по инициативе секретариата Всесоюзного Центрального Совета Профессиональных Союзов, постановил «…перевести на военизированное положение все горноспасательные станции Союза по типу военизированной охраны промышленных предприятий», а постановлением Совнаркома СССР от 7 января 1934 года № 25 на горноспасателей и членов их семей был распространен порядок государственного обеспечения и льгот, установленный для военизированной охраны.

Центральные станции стали называться инспекциями. Районные горноспасательные станции были реорганизованы в отряды, а групповые и рудничные – в номерные горноспасательные взвода, респираторные команды – в отделения.

Так, в Кузбассе возникли Кемеровский, Анжерский, Прокопьевский и

Особый Ленинский отряды.

Личному составу спасательных станций была определена военная форменная одежда, которой он обеспечивался бесплатно.

Старшему командному составу было выдано личное оружие.

Кроме этого, личному составу вменялось в обязанность изучать и уметь пользоваться стрелковым оружием.

С января 1934 года ЦГСС в г. Ленинске-Кузнецком стала называться Инспекцией ВГСЧ Сибири и Дальнего Востока.

В 1934 году организуется Араличевский горноспасательный взвод (г. Новокузнецк).

Военизация личного состава ВГСЧ и реорганизация горноспасательных станций, укомплектование штатов молодыми инженерами дали возможность устранить отставание горноспасательного дела от темпов развития угольной промышленности.

Особый Ленинский отряд к этому времени помимо конного выезда имел оперативные автомобили ГАЗ-АА, два железнодорожных пассажирских вагона, один почтовый вагон с горноспасательной аппаратурой, один товарный с противопожарным оборудованием и две автодрезины. Железнодорожный состав вагонов предназначался для выезда горноспасателей на помощь при крупных авариях другим отрядам Сибири и Дальнего Востока.

Для подготовки младшего и среднего командного состава при Особом Ленинском отряде были организованы два учебных взвода, личный состав которых, помимо учебы, принимал участие в ликвидации аварий на шахтах.

Первыми командирами этих взводов были Николай Ермолаевич Кивлев и пришедший в ВГСЧ в 1934 году молодой горный инженер Алексей Никифорович Белопол, впоследствии ставший начальником ВГСЧ Кузбасса.

Большая роль в создании новой структуры управления горноспасательными станциями принадлежит горному инженеру Евсею Ефимовичу Шубу, который в течение многих лет, начиная с 1934 года, плодотворно трудился в должности в должности начальника горноспасательного отдела УПВО и ВСЧ Наркомтяжпрома СССР.

С военизацией в ВГСЧ вводится «Дисциплинарный устав», «Устав внутренней службы ВГСЧ», Положение о вещевом довольствии личного состава ВГСЧ», «Инструкция по организации и ведению горноспасательных работ» и другие документы, регламентирующие деятельность ВГСЧ. Организуется регулярный выпуск «Сборника трудов и материалов по горноспасательному делу», в котором сотрудничают видные деятели горноспасательного дела: Б.Ф. Гриндлер, С.К. Трапезников, Б.Н. Левенец, Е.Е. Шуб и другие.

Большое внимание в это время уделялось горноспасательному делу академиком Александром Александровичем Скочинским.

Задача Инспекции ВГСЧ Сибири и Дальнего Востока состояла в том, чтобы создать на Востоке страны горноспасательные подразделения, способные оказать практическую помощь горноспасательным станциям,

готовить кадры младшего и среднего комсостава, содействовать оснащению подразделений новой горноспасательной, поставить горноспасательное дело на научную основу.

В 1932 году при районных спасательных станциях городов Анжеро-Судженска, Прокопьевска и Ленинска-Кузнецкого были организованы специальные лаборатории. Тематикой этих лабораторий предусматривалось изучение явлений окисляемости углей и определение степени самовозгораемости мощных пластов Кузбасса. Работы этих лабораторий координировались работниками химической части, которая была организована при ЦГСС.

В 1933 году при районных горноспасательных станциях Сибири и Даль-

него Востока были организованы специальные психотехнические, физиологические и эргометрические лаборатории, которые проверяли состояние здоровья поступающих в ВГСЧ и в последствии постоянно следили за ним. Руководил научно-исследовательской работой Б.Ф.Гриндлер.

В 1934 году все лаборатории, в том числе и специальные, объединяются в научно-исследовательский отдел при инспекции Сибири и Дальнего Востока. Руководителем научно - исследовательского отдела был назначен доцент Московского горного института Б.Н.Левенец.

В научно-исследовательском отделе были организованы так же горноспасательная лаборатория, чертежно-конструкторское бюро, музей и библиотека.

В 1935 году научно-исследовательский отдел был переименован в научно-исследовательскую лабораторию. Основным направлением в тематике НИЛ продолжала оставаться разработка способов определения самовозгорания угля.

Научно-исследовательские отделы были созданы также при Инспекциях ВГСЧ Донбасса, Урала, Башкирии и Караганды, впоследствии они были переименованы в научно-исследовательские лаборатории (НИЛ ВГСЧ).

Основной тематикой исследований этих отделов и лабораторий была разработка технических требований к респираторам многочасового действия, исследования тепловых импульсов, возникающих в шахтах, и воздействие их на горючие материалы (НИЛ ВГСЧ Донбасса); разработка методов и средств борьбы с эндогенными пожарами в условиях шахт Кузбасса, Караганды и Урала (НИЛы ВГСЧ Кузбасса и ВГСЧ Урала); разработка требований к газоаналитической аппаратуре, исследование особенностей труда горноспасателей (НИЛ ВГСЧ Кузбасса). Работа проводилась и по определению поглотительных свойств известковых поглотителей углекислого газа (НИЛ ВГСЧ Донбасса).

В этот период НИЛами были разработаны тактико-технические требования на ряд газоаналитических приборов, на фильтрующие самоспасатели для рабочих шахт и рудников, осуществлены исследования различных сорбентов для дыхательных аппаратов, начаты разработки по

созданию изолирующих самоспасателей на химически связанном кислороде.

Для совершенствования горноспасательного дела требовались учебные пособия по всем вопросам и в первую очередь по тактике борьбы с авариями. Имевшийся небольшой опыт по этому вопросу также нигде не был зафиксирован.

Первыми учебными пособиями по тактике ВГСЧ были «Боевой устав ВГСЧ», написанный коллективом авторов, написанная Г.Г. Соболевым и Я.М. Мещеряковым книга «Тактика ВГСЧ при ведении горноспасательных работ в шахтах» (1958 г.) и написанная книга Г.Г. Соболевым «Организация горноспасательных работ в шахтах» (1952 г.).

Нерешенной проблемой оставалось обеспечение ВГСЧ горноспасательной аппаратурой и оборудованием, т.к. ВГСЧ были оснащены в основном аппаратурой фирмы «Дрегерверк-АГ» моделей 1924 года.

С 1931 года было положено начало производству отечественных кислородных респираторов (РКР-1 и КИП-3), разработанных группой конструкторов под руководством А.И.Гармаша.

В 1948 году конструкторами Александром Родионовичем Ковшовым и Николаем Николаевичем Кузьменко были созданы новые отечественные респираторы РКК-2 (четырехчасового действия) и РКК-1 (двухчасового действия). Это были самые легкие аппараты данного типа в мировой практике. Эти респираторы выпускались серийно почти 20 лет и ими были оснащены все ВГСЧ угольной промышленности страны.

Созданные впоследствии респираторы «Донбасс-2», «Луганск-2» и «Кузбасс-4» были сняты с оснащения как не отвечающие предъявленным к ним требованиям.

К началу шестидесятых годов к серийному выпуску был допущен респиратор Р-12, а позднее Р-12м, Р-30, Р-34 и Р-35. Таким образом, горноспасатели получили отечественные самые легкие и наиболее совершенные в мире респираторы.

В 1968 году на базе научно-исследовательских лабораторий ВГСЧ Донбасса и ВГСЧ Кузбасса в г. Донецке был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт горноспасательного дела (ВНИИГД) и после развала СССР в 1991 году создается Российский научно-исследовательский институт горноспасательного дела (РосНИИГД).

В предвоенные годы по мере образования отраслевых наркоматов (позднее министерств) в составе каждого из них создавалось управление ВГСЧ. При совнархозах горноспасательные части были разрознены и управлялись децентрализовано, территориально. Во всех угольных бассейнах создаются горноспасательные отряды, руководство которыми осуществляют 4 региональных штаба: ВГСЧ Донбасса, ВГСЧ Урала, Башкирии и Карагандинского бассейна, ВГСЧ Сибири и Дальнего Востока, ВГСЧ Средней Азии и ВГСЧ Закавказья.

При ВГСЧ Донбасса и ВГСЧ Кузбасса создаются механические мастерские по ремонту и выпуску горноспасательной технике, реорганизованные в дальнейшем в заводы соответствующего профиля.

С 1943 года горноспасательную службу в угольной промышленности возглавил видный специалист горноспасательного дела Георгий Георгиевич Соболев. Почти 40 лет он бессменно руководил Управлением горноспасательной отраслью. Под его непосредственным руководством разрабатывались научные основы горноспасательного дела, создавались аппаратура и оборудование для ведения горноспасательных работ, совершенствовались методы и средства предупреждения и ликвидации аварий.

В 1965 году горноспасательные части перешли в отраслевое управление: в составе министерства угольной промышленности СССР было создано Управление ВГСЧ, в 1974 году переименованное во Всесоюзное Управление ВГСЧ.

В 1988 году ВУ ВГСЧ было расформировано и прямое централизованное руководство горноспасательными частями было заменено на нормативно-методическое.

В 1991 году создается Центральный штаб ВГСЧ угольной промышленности Минтопэнерго РФ, который руководит всеми направлениями деятельности горноспасательных частей. Структура, статус и функциональные обязанности

ВГСЧ определены постановлением Правительства РФ от 25 июня 1992

года № 432.

С 1997 года ликвидируются штабы ВГСЧ областей и бассейнов, происходит реструктуризация ВГСЧ, сокращение части взводов и укрупнение горноспасательных отрядов, которые стали называться отдельными.

С этого времени в угольной промышленности функционируют девять горноспасательных отрядов: отряд быстрого реагирования г. Новомосковск, ОВГСО Печорского бассейна, ОВГСО Ростовской области, ОВГСО Урала, Кемеровский ОВГСО, Прокопьевский ОВГСО, Новокузнецкий ОВГСО, ОВГСО Дальнего Востока и Сахалинский ОВГСО.

В 2002 году Центральный штаб ВГСЧ стал именоваться Федеральным Государственным Унитарным Предприятием.

В свое время Всесоюзным Управлением руководили Георгий Георгиевич Соболев и Михаил Николаевич Судиловский. В настоящее время горноспасательную службу угольной промышленности России возглавляет Владимир Алексеевич Горбатов.

Начальниками ВГСЧ Кузбасса были: Гаврилов, Мокрушин, Н.Ф. Чухонцев, И.М. Олейников, А.Н. Белопол, А.К. Кремнев, Л.В. Кухаренко.

Кроме Донбасса и Кузбасса, горноспасательная служба в других регионах России также постепенно зарождалась и развивалась.

Горноспасательная служба Подмосковного угольного бассейна началась в 1930 году, когда была открыта первая Бобриковская районная горноспасательная станция в г. Донском.

На Дону первая центральная спасательная станция Грушевская начала

работать с ноября 1911 года.

Первая горноспасательная команда в Воркуте была создана в мае 1937 года, что положило начало горноспасательной службе Печорского угольного бассейна.

Горноспасательная служба Урала началась с создания в 1911 году первой групповой горноспасательной станции на Кизеловских шахтах.

Организация горноспасательной службы на Дальнем Востоке связана с созданием в 1913 году первой спасательной артели на шахте № 2 Сучанских каменноугольных копей.

В феврале 1932 года на севере о. Сахалин был организован первый горноспасательный пункт на шахте «Октябрьская», положивший начало горноспасательной службе Сахалина.

Такова коротенько история организации и развития горноспасательного дела в России.

Организация горноспасательной службы.

В соответствии с законами Российской Федерации «О недрах» от 03.03.95 г. № 27-Ф36, «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» от 22.08.95 г. № 151-Ф3, постановлением Правительства Российской Федерации

«О военизированных горноспасательных частях угольной промышленности Министерства топлива и энергетики Российской Федерации» от 25.06.92 г. № 432 и «Правилами безопасности в угольных шахтах», военизированные горноспасательные части угольной промышленности являются государственными специализированными организациями, призванными осуществлять горноспасательное обслуживание подземных горных работ.

Главными задачами ВГСЧ являются:

выполнение экстренных и неотложных мер по спасению и эвакуации застигнутых аварией людей и оказание травмированным медицинской помощи;

локализация и ликвидация аварий, в том числе тушение подземных пожаров и ликвидация последствий взрывов метана и угольной пыли, внезапных выбросов угля и газа, загазирований, обрушений и затоплений (водой, глинистой пульпой и др.) горных выработок;

осуществление на обслуживаемых объектах профилактического контроля за готовностью шахт к ликвидации аварий и выполнение технических работ (разгазирование горных выработок и др.) неаварийного характера, требующих защиты органов дыхания и применения специального снаряжения;

участие в работах, вытекающих из задач системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях.

В соответствии с возложенными задачами ВГСЧ дополнительно осуществляют:

научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по

проблемам горноспасательного дела и противоаварийной защиты шахт;

производство, ремонт и техническое обслуживание изолирующих дыхательных аппаратов, контрольных приборов, средств аварийной связи и борьбы с подземными пожарами, а также другие виды специального оборудования;

Развитие социальной сферы для личного состава.

Военизированные горноспасательные части угольной промышленности Министерства энергетики РФ возглавляет ФГУП «ЦШ ВГСЧ», в структуру которой входят оперативные подразделения: отдельные военизированные горноспасательные отряды (ОВГСО), отдельные военизированные горноспасательные взводы (ОВГСВ), военизированные горноспасательные взводы (ВГСВ), пункты (ВГСП), а также службы обеспечения: реанимационно-противошоковые группы (РПГ), газоаналитические лаборатории (ГАЛ), группы воздушно-депрессионных съемок (ДГС), цеха и мастерские по производству и ремонту горноспасательного оснащения, заводы, Российский научно-исследовательский институт горноспасательного дела и др.

Отдельный военизированный горноспасательный отряд состоит из трех и более взводов и обеспечивает выполнение на обслуживаемых объектах всего комплекса горноспасательных, профилактических и других инженерно-технических работ. ОВГСО способен самостоятельно ликвидировать сложную

или длительно действующую аварию в шахте, требующую применения мощных средств и многосменной работы горноспасательных отделений.

Горноспасательный отряд может иметь в своем составе реанимационно-противошоковые группы, газоаналитические лаборатории, механические мастерские, учебные взводы, службу воздушно-депрессионных съемок, водолазную службу и другие инженерные подразделения.

Военизированный горноспасательный взвод создается для обслуживания нескольких шахт и дислоцируется от каждой на расстоянии не далее 20 км, если они отнесены к первой степени по аварийной опасности; не далее 40 км, если они отнесены ко второй степени опасности и не далее 60 км, если они третьей степени аварийной опасности.

Взвод является оперативным подразделением ВГСЧ, способным выполнять горноспасательные работы в пределах лавы, тупикового забоя и других объектов. В его состав могут входить РПГ и ГАЛ.

В случае аварии на обслуживаемом объекте взвод обеспечивает немедленный выезд не менее двух отделений, а также вызов дополнительного количества отделений, РПГ, ГАЛ, ДГС из других взводов и отрядов, для чего взвод должен состоять не менее чем из пяти горноспасательных отделений.

Наиболее крупный, имеющий мощное техническое оснащение, горноспасательный взвод называется оперативным, остальным взводам отряда присваивается порядковый номер.

В том случае, если взвод находится на значительном расстоянии от ОВГСО и обслуживает шахты обособленного района, он может называться отдельным горноспасательным взводом и наделяться необходимыми правами юридического лица.

Военизированный горноспасательный пункт создается для обслуживания одного удаленно расположенного предприятия, состоит из двух-трех отделений, выполняет горноспасательные работы в первоначальный период совместно с членами вспомогательной горноспасательной службы обслуживаемого объекта и обеспечивает выезд одного отделения.

Горноспасательное отделение является первичной оперативной единицей ВГСЧ, способной оказать помощь пострадавшему и выполнить отдельное задание по ликвидации аварии, а в ряде случаев и ликвидировать ее. Для выполнения этих функций отделение должно состоять не менее чем из шести человек (четыре респираторщика, командир отделения и шофер оперативного автобуса). В непригодную для дыхания атмосферу отделение должно направляться в составе не менее пяти человек.

Горноспасательный пункт, взвод и отряд должны иметь прямую телефонную и радиосвязь с диспетчером обслуживаемого предприятия для беспрепятственного вызова по сигналу «Тревога». Взводы должны иметь устройства немедленного оповещения личного состава по сигналу «Тревога», а также надежную телефонную или радиосвязь с горноспасательным отрядом и между собой для оповещения о возникшей аварии и вызова дополнительных отделений.

Структура оперативных подразделений ВГСЧ для обслуживания конкретной группы шахт, количество оперативных отделений и служб в каждом подразделении, их размещение определяется дислокацией ВГСЧ.

Дислокация ВГСЧ – это наиболее целесообразное и экономически оправданное размещение подразделений ВГСЧ в угольном районе, бассейне или в масштабе отрасли промышленности. Дислокация разрабатывается командиром ОВГСО совместно с руководством угольных компаний (самостоятельных предприятий) и территориальных органов горнотехнического надзора на срок не более трех лет, согласовывается с руководством ФУГП «Центральный штаб ВГСЧ» и утверждается Минэнерго России и Госгортехнадзором России.

Дислокация ОВГСО определяется в зависимости от взрыво - пожароопасности обслуживаемых шахт, специфики и трудоемкости ликвидации возможных аварий, а также с учетом количества шахт в районе, их производственной мощности, горнотехнических условий и удаленности от действующих в данном регионе подразделений ВГСЧ.

Порядок выезда на аварию горноспасательных подразделений ОВГСО, перечень специального оснащения по роду аварии определяется диспозицией выездов ОВГСО.

Диспозиция выездов ОВГСО – это заранее разработанный план взаимопомощи подразделений отряда при возникновении аварии на

обслуживаемых объектах. Диспозиция разрабатывается в ОВГСО и утверждается его командиром. Она предусматривает порядок и количество выезжающих на ликвидацию различного рода аварий оперативных отделений, вспомогательных служб и специальных технических средств борьбы с авариями со всех взводов отряда.

Выезд подразделений ВГСЧ на ликвидацию аварий на объектах, обслуживаемых различными ОВГСО, определяется межотрядной диспозицией, утверждаемой руководством ФГУП «Центральный штаб ВГСЧ».

Для ликвидации аварий подразделение ВГСЧ (отряд, взвод) должно иметь следующее табельное оснащение:

- аппараты защиты органов дыхания (респираторы) для выполнения работ в непригодной для дыхания атмосфере;
- приборы искусственной вентиляции легких и средства для оказания первой медицинской помощи пострадавшим и эвакуации их на поверхность;
- приборы для экспресс-определения состава шахтного воздуха и других параметров аварийной ситуации;
- средства связи и сигнализации для управления работами на аварийном участке, в том числе и в непригодной для дыхания атмосфере;
- оборудование и технические средства для ликвидации аварий в обслуживаемом регионе;
- транспортные средства для выезда отделений и командного состава ВГСЧ и доставки их табельного оснащения на объект аварии.

Табельное оснащение и приборы ВГСЧ должны находиться в состоянии постоянной готовности к применению в условиях обслуживаемых предприятий и систематически модернизироваться и обновляться.

Личный состав горноспасательных частей военизирован.

Военизация обуславливает:

- единоначалие при проведении операций по спасению людей и ликвидации аварий и обеспечении профессиональной готовности к выполнению этих операций;
- допустимость риска в ходе спасения людей;
- воинскую дисциплину и ответственность за исполнение служебного долга;
- привлечение на дежурство или аварийные работы в выходные дни;
- ношение форменной одежды при исполнении должностных обязанностей.

Прием на службу работников ВГСЧ осуществляется по срочному трудовому договору (контракту). Договор заключается сроком на два года, а в районах Крайнего Севера – на три года.

Личный состав ВГСЧ комплектуется из числа квалифицированных рабочих и специалистов обслуживаемых объектов.

Должности респираторщиков укомплектовываются из числа горнорабочих очистного забоя, проходчиков, машинистов горных выемочных машин, горнорабочих по ремонту горных выработок, взрывников

(подземных), достигших 20-летнего возраста, имеющих подземный стаж работы не менее одного года и пригодных по состоянию здоровья, физическим и психофизиологическим возможностям к работе в газозащитном дыхательном аппарате.

Допускается прием на должности респираторщика выпускников горных училищ и техникумов, достигших 20-летнего возраста.

Должности младшего командного состава, связанные с необходимостью работать в газозащитных аппаратах, комплектуются горными техниками или окончившими специальные учебные заведения ВГСЧ, а также опытными респираторщиками, имеющими стаж оперативной работы в ВГСЧ не менее двух лет.

Должности командно-начальствующего состава и специалистов средней группы, связанные с работой в газозащитных аппаратах, комплектуются, как правило, горными инженерами или техниками. Назначаемые на должность помощника командира взвода по оперативной или медицинской работе должны иметь высшее или среднее специальное техническое или медицинское образование и стаж оперативной работы в ВГСЧ не менее одного года.

Реанимационно-противошоковые группы ВГСЧ комплектуются врачами, имеющими специальности анастезиолога-реаниматолога, хирурга-травмато-лога, терапевта, со стажем работы по специальности не менее двух лет и прошедшими специальную подготовку при ВГСЧ для работы в подземных условиях с использованием газозащитных аппаратах.

Должности оперативного командного состава старшей и высшей группы комплектуются, как правило, из горных инженеров, прослуживших в ВГСЧ не менее двух лет.

Предельный возраст службы на должности респираторщика, командира от-

деления, командира взвода или отряда и их помощников, обязанных работать в загазированной атмосфере в дыхательных аппаратах, не может превышать 50 лет. Комплектование этой категории работников производится специалистами, имеющими возраст не более 40 лет.

Под несением службы в ВГСЧ понимается такой порядок (регламент) исполнения военизированным составом своих трудовых функций, который обеспечивает оперативность выезда на аварию и эффективность горноспасательных работ в шахте.

Несение службы в подразделении в межаварийный период определяется графиком несения службы и специальной подготовки, диспозицией выездов подразделения на аварии, расписанием занятий и специальной подготовки, текущими планами работ и другими нормативно-распорядительными документами.

График несения службы и специальной подготовки личного состава составляется для обеспечения готовности подразделения и предусматривает очередность дежурства лиц рядового и командного состава в режиме постоянной готовности к выезду, продолжительность и порядок

использования их рабочего времени и времени отдыха.

График несения службы разрабатывается с учетом количества отделений в подразделении, расположения и аварийной опасности обслуживаемых объектов и должен обеспечивать выезд требуемого количества отделений на объект аварии в установленное нормативное время.

График несения службы специальной подготовки личного состава утверждается руководством ФУГП «Центральный штаб военизированных горноспасательных частей».

Для взвода из пяти (десяти) отделений график несения службы предусматривает следующий режим работы: дежурный, резервный, свободный, выходной, выходной.

Военизированный состав, осуществляющий свою деятельность в режиме круглосуточной готовности к выезду, приступает к исполнению своих обязанностей с приема дежурства в подразделении. При этом устанавливается готовность заступающего на дежурство личного состава к выезду по сигналу «тревога», наличие и исправность аварийной связи с обслуживаемыми объектами, технического оснащения и оперативного автотранспорта, чистота и порядок в помещениях и на территории подразделения, исправность аварийной сигнализации и оповещения.

Для совершенствования профессионального мастерства и натренированности разрабатывается расписание занятий по специальной подготовке.

Расписание занятий устанавливает: количество лиц рядового и командного состава, привлекаемых для ведения занятий, тренировок и учебных работ; время, место и тему занятий и тренировок; лиц, ответственных за проведение занятий и работ. В расписании занятий предусматривается упражнения в газозащитных аппаратах в обслуживаемых и учебных шахтах, тепловые и физические тренировки, тактические занятия, практическое изучение оснащения, новостей горноспасательного и горного дела, изучение планов ликвидации аварий

и горных выработок обслуживаемых объектов, проверка горноспасательного оснащения.

Обязанностью каждого работника ВГСЧ является поддержание высокого уровня своей квалификации и специальных знаний, профессиональной, физической и тепловой натренированности, готовности максимально использовать свое мастерство в аварийной обстановке.

На период ликвидации аварии, при необходимости, в подразделении вводится особый режим работы и отдыха, определяемый приказом командира ОВГСО, исходя из имеющихся сил и средств.

Вспомогательная горноспасательнаяслужба на шахтах.

В соответствии с Федеральным законом РФ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» № 153-ФЗ и «Правилами безопасности в угольных шахтах» на действующих, строящихся, реконструируемых и погашаемых предприятиях угольной промышленности

должна быть организована и функционировать вспомогательная горноспасательная служба (ВГС).

Вспомогательная горноспасательная служба создается для выполнения работ по спасению людей и локализации аварий в начальный период их возникновения, оказания содействия ВГСЧ.

ВГС состоит на балансе шахты и является нештатным аварийно - спасательным формированием, включаемым в дислокацию ВГСЧ.

Главными задачами ВГС являются:

- спасение людей, застигнутых аварией в шахте, оказание первой медицинской помощи пострадавшим и их эвакуация с аварийного участка;
- ликвидация пожаров и других подземных аварий в начале их возникновения;
- участие совместно с ВГСЧ в работе по ликвидации подземных аварий и их последствий, а также в технических работах, требующих применения респираторов;
- повышение противоаварийной подготовленности шахт.

ВГС осуществляет следующие функции:

- обеспечивает ежесменное присутствие на рабочих местах в шахте установленного числа членов ВГС и привлечение их к выполнению аварийно – спасательных работ;
- осуществляет сбор и привлечение к горноспасательным работам членов ВГС в их свободное от работы время;
- обеспечивает наличие подземных пунктов ВГС с комплектом оснащения, постоянно готовым к применению в аварийных условиях;
- осуществляет подбор и подготовку членов ВГС к выполнению возложенных на них задач;
- обеспечивает дежурство членов ВГС при ведении огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях;
- выполняет работы по профилактике аварий и улучшению подготовленности шахт к их ликвидации и спасению людей с требованиями «Правил безопасности в угольных шахтах».

Работу ВГС возглавляет первый руководитель угольного предприятия (начальник ВГС). ВГС включает в себя участковые горноспасательные команды (УГК), которые организуются на эксплуатационных и подготовительных участках, участках конвейерного и электровозного транспорта, вентиляции и дегазации, в энергомеханической службе и др. Руководство УГК осуществляется начальниками участков (начальники УГК).

Численность и расстановка членов ВГС определяется из расчета наличия двух членов ВГС в смену в очистном забое, одного члена ВГС – в подготовительном забое (протяженностью 500 м и более) и на участках конвейерного транспорта. Расстановка членов ВГС

должна обеспечивать прибытие к месту аварии со стороны свежей струи воздуха не менее двух человек с респираторами и другим оснащением не более чем через 30 минут с момента получения задания.

Для осуществления повседневной деятельности ВГС приказом по

шахте назначается старшее должностное лицо (подземной группы) с высшим или средним техническим горным образованием, имеющее стаж работы в подземных условиях не менее двух лет, пригодное к работе в изолирующем респираторе, имеющее опыт оперативной работы в ВГСЧ или прошедшее специальную подготовку в региональном учебном центре ВГСЧ по программе специалиста в должности командира взвода.

Для организации и проведения плановых проверок, ремонта и технического обслуживания горноспасательной аппаратуры и оборудования, используемого членами ВГС на авариях и тренировках, участия в процессе переподготовки членов ВГС на шахте вводится должность механика ВГС. На эту должность назначается специалист со среднетехническим горным образованием, пригодный к работе в изолирующем респираторе, имеющий опыт оперативной работы в ВГСЧ или прошедший специальную подготовку в учебном центре ВГСЧ.

Для проверки и ремонта горноспасательного оснащения, обеспечения исправного их содержания, замены респираторов в подземных пунктах ВГС на шахте вводится должность подземный слесарь ВГС.

Комплектование ВГС осуществляется на добровольной (контрактной) основе из числа квалифицированных горнорабочих ведущих горных специальностей (ГРОЗ, проходчик, машинист горно-выемочных машин, электрослесарь и др.) и инженерно-технических работников в возрасте от 21 до 50 лет, имеющих подземный стаж работы не менее 2 лет, пригодных по состоянию здоровья к работе в газозащитных респираторах и обученных горноспасательному делу.

На членов ВГС и их семьи распространяются все виды и нормы социальной защиты и льготы, предусмотренные Федеральным Законом «Об аварийно спасательных службах и статусе спасателей», а также все льготы и компенсационные выплаты, предусмотренные для работников ВГСЧ.

Вся деятельность ВГС регламентируется «Положением о вспомогательной горноспасательной службе на предприятиях по добыче угля».

Оперативные действия ВГС при возникновении аварий в шахте должны быть предусмотрены планом ликвидации аварий и до прибытия ВГСЧ должны быть направлены на спасение людей и ликвидацию аварии в начальный период ее возникновения.

Горный диспетчер шахты, получив сообщение об аварии, обязан выдать по телефону предусмотренные в плане ликвидации аварий задания членам ВГС аварийного и смежных с ним участков и способствовать их эффективным действиям в зоне аварии до прибытия ВГСЧ.

Руководство действиями членов ВГС в зоне аварии до прибытия ВГСЧ осуществляет сменный инженерно-технический работник участка или шахты. При отсутствии инженерно-технического работника члены ВГС участка, на котором произошла авария, в начальный период должны действовать самостоятельно, направляя свои усилия на спасение людей и ликвидацию аварии.

Если члены ВГС в момент возникновения пожара, взрыва, внезапного выброса угля или газа оказались за очагом, они обязаны:

включиться в респиратор или самоспасатель и выводить людей из аварийного участка по маршруту, предусмотренному планом ликвидации аварий шахты;

в случае обнаружения людей, потерявших сознание, принять меры по включению их в самоспасатели, выносу пострадавших на свежую струю воздуха и оказанию им первой помощи;

сообщить горному диспетчеру шахты об аварии, местонахождении рабочих участка и действовать по его указанию или указанию ответственного руководителя работ по ликвидации аварии.

Члены ВГС аварийного участка, находящиеся на свежей струе до очага пожара, взрыва, внезапного выброса, обязаны:

- лично или через посыльного сообщить об аварии горному диспетчеру;
- при пожаре немедленно приступить к его тушению первичными средствами и водой, привлекая к этому находящихся поблизости горняков;
- при пожаре в тупиковой выработке – включиться в респираторы, организовать вывод людей на свежую струю воздуха, обеспечить нормальную работу вентилятора местного проветривания и тушить пожар имеющимися средствами;
- при взрыве – включиться в респираторы или изолирующий самоспасатель и следовать к месту аварии для вывода пострадавших на свежую струю воздуха и ликвидации возможных очагов горения;
- при внезапном выбросе угля и газа – включиться в респиратор или изолирующий самоспасатель, оказать необходимую помощь пострада-вшим, используя для этого пункты группового хранения самоспасателей и резервные изолирующие самоспасатели.

Члены ВГС смежных с аварийным участков согласно плану ликвидацииаварий направляются ответственным руководителем по ликвидации аварии кратчайшим путем по свежей струе воздуха для оказания помощи членам ВГС аварийного участка.

По прибытию к месту работы отделений ВГСЧ члены ВГС информируют старшего командира об обстановке и состоянии работ и поступают в его распоряжение. В ходе дальнейшей ликвидации аварии члены ВГС могут привлекаться в составе отделений ВГСЧ для выполнения работ в загазированной среде по доставке аварийных материалов, управлению механизмами, монтажу и демонтажу оборудования, возведения изоляционных сооружений, отбору проб возду- ха и др. При этом численный состав ВГС не должен превышать двух человек на отделение ВГСЧ.

Оперативные действия ВГС организуются в соответствии с «Планом ликвидации аварий», «Уставом ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ на предприятиях угольной и сланцевой промышленности», «Правилами безопасности в угольных шахтах» и «Положением о ВГС на предприятиях по добыче угля».

Техническим оснащением ВГС укомплектовывается согласно «Табелю

технического оснащения ВГС шахты», который разрабатывается применительно к специфике местных условий в соответствии с «Типовым табелем» (см. приложение) и утверждается первым руководителем шахты.

В поверхностном помещении ВГС размещается дыхательная и оживляющая аппаратура, горноспасательное оборудование, приборы контроля, необходимые для проверки, перезарядки и технического обслуживания дыхательных аппаратов, выполнения горноспасательных работ членами ВГС.

На подземных пунктах ВГС респираторы содержатся в контейнерах, окрашенных в красный цвет с отличительным знаком ВГС и опломбированных в присутствии начальника участка. Подземные пункты ВГС должны быть освещены и оборудованы телефонным аппаратом.

Места расположения подземных пунктов определяются первым техническим руководителем шахты с командиром ВГСЧ при составлении плана ликвидации аварий и устанавливаются:

в очистных забоях:

а) пологих и наклонных – по одному на забой в начале воздухоподающей выработки лавы;

б) крутого падения – по одному на забой у передовой воздухоподающей печи на откаточном штреке.

в подготовительных выработках:

а) протяженностью от 200 до 500 метров – по одному вблизи забоя;

б) в подготовительных выработках протяженностью более 500 метров – по два (один – вблизи от ее устья, в прилегающей к ней выработке, со стороны свежей струи воздуха, другой – у забоя).

в конвейерных выработках:по одному в начале движения воздушной струи.

Для шахт, удаленных от подразделений ВГСЧ более 15 км, а также находящихся в сложных климатических условиях, кроме указанных подземных пунктов ВГС, создаются центральные подземные пункты ВГС.

ВГС должна размещаться в специально оборудованных служебных помещениях, которые должны обеспечивать возможность:

- проведения учебных занятий с членами ВГС;
- проведение проверок и ремонта кислородно-дыхательной аппаратуры и оборудования;
- хранения рабочих и запасных респираторов, запчастей к ним и другого минимального оснащения ВГСЧ;
- мойки, сушки и переоснащения респираторов;
- проведения практических занятий по приемам тушения горящей крепи, конвейерных лент, электрооборудования, угля, масел и других горючих материалов, имеющихся в шахте, различными средствами пожаротушения (водой, пенными и порошковыми огнетушителями и т.д.);
- проведения упражнений в дыхательных аппаратах и обучения приемам и действиям по спасению людей в задымленной атмосфере;
- выполнения физических и тепловых тренировок для повышения

физической выносливости и тепловой устойчивости членов ВГС.

Принятые в члены ВГС рабочие и ИТР должны пройти первичную подготовку по 32-х часовой программе обучения, с последующей сдачей экзаменов.Для поддержания боеготовности члены ВГС должны один раз в полугодие проходить переподготовку по программе повторного обучения, включающую 2-х часовую тренировку в респираторе и 6 часов теоретических и практических занятий по горноспасательному делу.

Типовой табель
технического оснащения ВГС

№	Наименование оснащения	Количество		
		на подземном пункте	на центр.подз. пункте	на поверхности
1	Респираторы, шт. 4-х часового действия 2-х часового действия	 - 2	 5 -	 10 10
2	Аппараты ИВЛ, шт.	-	-	1
3	Носилки медициские,шт.	1	1	-
4	Индпакет, шт.	4	4	-
5	Шины медицинские,ком.	1	2	-
6	Настойка йода, мл	10	10	-
7	Жгут эластичный, шт.	1	2	-
8	Рукава пожарные 66 мм,м	40	100	100
9	Ствол пожарный, шт.	1	2	5
10	Разветвление РТ-70, шт.	-	1	1
11	Рукавные головки, компл.	-	2	2
12	Огнетушители порошк.шт.	2	5	5
13	Пики пожарные, компл.	-	1	3
14	Сумка ком. отделения,ком.	-	1	1
15	Горный инструмент,комп.	-	1	2
16	Спецодежда шахт. компл.	-	-	10-20
17	Компрессор кислородн.шт.	-	-	1
18	Весы ВНЦ компл.	-	-	1
19	Индикатор ИР, шт.	-	-	1
20	Транспортные баллоны с кислородом, шт.	-	-	6
21	Контрольный прибор типа УКП, шт.	-	-	1
22	ХПИ, кг.	-	-	160

23	Наглядные пособия, учебники, плакаты и стенды для обучения чл. ВГС, ком.	-	-	1

Тема 2. Организация и ведение горноспасательных работ

Сбор и выезд по сигналу «Тревога».

Получив первое сообщение об аварии, горный диспетчер шахты немедленно вводит в действие план ликвидации аварий и вызывает на шахту подразделения ВГСЧ.

Дежурный у телефона подразделения ВГСЧ, получив сообщение от горного диспетчера об аварии, немедленно включает сигнал «Тревога» и другие средства быстрого оповещения личного состава и заполняет под копирку путевку на выезд. Один экземпляр путевки вручается командиру дежурного отделения, а другой – остается у дежурного. Респираторщики, командиры и водители дежурных, резервных и свободных смен в отведенное нормативом время направляются в оперативный гараж, садятся в оперативные автобусы и по команде старшего командира выезжают на шахту.

Отделение, выезжающее первым, должно иметь путевку на выезд, план ликвидации аварии соответствующей шахты и комплект высокочастотной (радио) связи.

Введение в действие диспозиции выездов, а также порядок передачи в другие подразделения, штаб отряда и Центральный Штаб ВГСЧ информации о выезде отделений на аварию определяется командиром ОВГСО.

При движении отделений на аварийный объект старший командир обязан поддерживать непрерывную связь с дежурным ВГСЧ, а при вынужденных остановках в пути обязан сообщить о случившемся и принять необходимые меры для прибытия на аварийный объект.

Прибыв на объект аварии, старший командир и командиры отделений направляются на командный пункт по ликвидации аварии (КП) за получением задания, а личный состав прибывших отделений подготавливает необходимое по роду аварии оснащение к спуску в шахту. Командир отделения, прибывший на шахту первым, оставляет на КП командный аппарат высокочастотной (радио) связи.

На КП ответственный руководитель ликвидации аварии (горный диспетчер или главный инженер шахты) объясняет командирам аварийную обстановку на момент их прибытия и ставит перед ВГСЧ основную задачу (в письменной форме). В соответствии с этой задачей старший из прибывших командиров ВГСЧ становится руководителем горноспасательных работ и выдает задания командирам отделений на спуск в шахту, после чего принимает меры по обеспечению связи с ушедшими в шахту отделениями.

Отделениям ВГСЧ на КП кроме письменного задания выдаются микросхемы горных выработок шахты.

Командир отделения, получив задание на КП, разъясняет респираторщикам аварийную обстановку и содержание оперативного задания, определяет порядок следования к месту аварии и действия в шахте, дает команду взять дополнительное оснащение, необходимое для выполнения задания, и немедленно приступает к его исполнению.

Для быстрого сосредоточения подразделений ВГСЧ на объекте аварии и оперативного управления горноспасательными работами должны быть организованы следующие виды связи и оповещения:

- диспетчера шахты с дежурным у телефона подразделения ВГСЧ, обслуживающего данную шахту;
- между подразделениями ВГСЧ, вызываемыми на шахту по диспозиции выездов;
- ответственного руководителя ликвидации аварии с местами ведения горноспасательных работ и основными службами шахты;
- руководителя горноспасательных работ с отделениями в шахте, подземными и наземными базами, газоаналитической лабораторией и пунктами медицинского обеспечения, с подразделениями ВГСЧ, обслуживающими шахты данного района;
- отделений ВГСЧ, работающих в загазированной среде, с подземными базами и руководителем горноспасательных работ;
- между респираторщиками отделения во время работы в загазированной атмосфере, спуска и подъема транспортными средствами по вертикальным и наклонным выработкам;
- между отдельными местами работ пи одновременном закрытии проемов в изолирующих перемычках, запуске генератора инертных газов и других работах, требующих согласованных действий.

Для вызова ВГСЧ на аварию шахта обязана обеспечить с обслуживающим ее подразделением ВГСЧ прямую телефонную или радио связь.

Оперативные автобусы отделения, спецавтотранспорт для доставки аварийных материалов и оборудования, а также автомобили для выезда комсостава и специалистов ВГСЧ должны быть оборудованы радиосвязью с дежурным у телефона подразделения.

Каждое отделение ВГСЧ должно иметь переносные средства связи, позволяющие передавать на подземную базу или КП информацию об аварийной обстановке и ходе работ.

На протяжении всего времени, пока ведутся работы по ликвидации аварии, должна действовать постоянная проводная и беспроводная связь между КП и работающими в шахте отделениями. Ее организует и обеспечивает исправность действия ответственный руководитель ликвидации аварии. Связь с подземной базой и отделениями ВГСЧ, ведущими работы в загазированной среде, организует руководитель горноспасательных работ.

Связь при ликвидации аварии организуется сверху вниз – от руководителя горноспасательных работ к работающим отделениям. Средствами связи являются: световая и звуковая сигнализация, шахтные телефоны, горноспасательная проводная и высокочастотная связь, радиосвязь и др.

В непригодной для дыхания атмосфере звуковая сигнализация осуществляется по следующему коду:

- один сигнал – «Стоп» (в движении) или «Прекрати работу»;

- два сигнала – «Назад»;
- три сигнала – «Вперед» или «Продолжай работу»;
- четыре сигнала – «Уходи от опасности»;
- пять сигналов – «Помоги в работе»;
- многократные сигналы – «Плохо себя чувствую», «Несчастье, помогите».

При механическом спуске и подъеме по вертикальным и наклонным выработкам применяются следующие сигналы:

- один сигнал – «Стоп»;
- два сигнала – «Вверх»;
- три сигнала – «Вниз».

Если проложенная линия связи нарушилась, то обнаруживший это командир или респираторщик обязан наладить ее своими силами, не ожидая распоряжения руководителя горноспасательных работ.

Отменять дежурство у средств связи и переносить средства связи на новое место допускается с разрешения руководителя горноспасательных работ.

Организация аварийно-спасательных работ.

Ответственным руководителем работ по ликвидации аварии является главный инженер шахты или лицо его замещающее. До прибытия ответственного руководителя его функции выполняет горный диспетчер шахты.

В первоначальный момент ликвидации аварии руководителем горноспасательных работ является командир обслуживающего шахту взвода или его помощник по оперативно-технической работе. Прибывший на шахту командир горноспасательного отряда или его заместитель (помощник) по оперативно-технической работе после ознакомления с аварийной обстановкой и оценки осуществляемых мер принимает решение о руководстве горноспасательными работами (берет руководство на себя или оставляет руководить командира взвода).

Если в ликвидации аварии участвуют два горноспасательных взвода и более, а также отделения одного взвода, когда ведутся работы по спасению людей, руководство горноспасательными работами обязан принять командир ОВГСО или его заместитель (помощник) по оперативно-технической работе.

При ведении аварийно-спасательных работ должен быть организован командный пункт в соответствии с «Положением об организации и деятельности командного пункта при ликвидации аварий на предприятиях угольной промышленности Российской Федерации».

Командный пункт (КП) является органом оперативного управления службами шахты, подразделениями ВГСЧ и другими организациями, которые принимают участие в спасении людей и ликвидации аварии.

КП возглавляет ответственный руководитель ликвидации аварии. В состав КП в обязательном порядке входят руководитель горноспасательных работ и специалисты, осуществляющие ведение оперативной документации и

поддержание связи с местами выполнения горноспасательных работ. В состав КП могут входить также посыльные (курьеры) и машинистка.

КП размещается в кабинете главного инженера шахты или другом помещении АБК шахты. До прибытия на шахту главного инженера или лица его замещающего КП размещается на рабочем месте горного диспетчера шахты.

Запрещается нахождение на КП лиц, не связанных с ликвидацией аварии.

Основная задача КП заключается в организации работ по спасению застигнутых аварией людей, ликвидации аварии и ее последствий и в руководстве этими работами.

Для выполнения этих задач КП выполняет следующие функции:

- определяет количество и местонахождения аварией людей, организует их спасение и оказание им первой медицинской помощи;
- организует работы по ликвидации аварии и ее последствий, разведку и сбор информации о развитии аварии;
- разрабатывает оперативные планы спасения людей и ликвидации аварии;
- организует горноспасательные работы в шахте в соответствии с оперативными планами и контролирует выполнение оперативных заданий;
- организует постоянный контроль за развитием аварии в шахте, состоянием горных выработок, газовым и температурным режимом на аварийном и угрожаемых участках шахты;
- анализирует сведения о развитии аварии и эффективности применяемых мер и на этой основе принимает решение о дальнейшем ведении горноспасательных работ;
- создает безопасные условия ведения аварийно-спасательных работ;
- организует бесперебойное функционирование вспомогательных служб по ликвидации аварии;
- разрабатывает безопасный режим работы отдельных участков и шахты в целом на период ведения горноспасательных работ.

При организации аварийно-спасательных работ КП создаются следующие специальные службы:

- служба связи, которая должна обеспечить оперативное управление с КП аварийно-спасательными работами и наличие телефонной связи со всеми службами шахты и ВГСЧ;
- группа воздушно-депрессионной съемки должна обеспечивать анализ устойчивости принятого режима проветривания аварийного участка и разработку соответствующих мер, предотвращающих самопроизвольное опрокидывание вентиляционной струи;
- аварийная газоаналитическая лаборатория осуществляет оперативный контроль за состоянием шахтного воздуха и ведение графика изменений состава шахтного воздуха и его температуры;
- наземная база обеспечивает концентрацию резерва горношахтного и горноспасательного оборудования и специальных материалов, необходимых

для ликвидации аварии;

- подземная база, на которой размещаются резервные отделения ВГСЧ, технические средства, оборудование и материалы, а также средства связи с отделениями, ведущими работы в загазированной среде, и КП;
- медицинская служба обеспечивает оказание врачебной помощи людям, пострадавшим в результате аварии или в ходе ведения аварийно-спасательных работ;
- служба главного механика организует аварийное водоснабжение пожарного участка, осуществляет изготовление различных приспособлений и технических устройств для выполнения аварийных работ;
- служба инженерного обеспечения организации горноспасательных работ разрабатывает графики работ отделений и командиров ВГСЧ, планирует объем горноспасательных работ, производит необходимые инженерные расчеты и т.д.

Во время ликвидации аварии на КП ведется следующая документация:

- оперативный журнал по ликвидации аварии шахты и ВГСЧ;
- оперативные планы ликвидации аварии;
- журнал учета работы отделений ВГСЧ по ликвидации аварии;
- графики дежурства ИТР шахты;
- суточные графики работы подразделений и комсостава ВГСЧ;
- таблицы, графики и другие документы по ликвидации аварии.

В первоначальный момент возникновения аварии аварийно-спасательные работы руководителем ликвидации аварии организуются по плану ликвидации аварий, одновременно уточняется количество не выехавших из шахты людей, их состояние и места нахождения, режим проветривания, зоны загазирования и обстановка на аварийном участке.

Решения ответственного руководителя ликвидации аварии и руководителя горноспасательных работ, направленные на спасение людей и ликвидацию аварии, являются обязательными для всех лиц и организаций, участвующих в ликвидации аварии.

В случае разногласия между ответственным руководителем ликвидации аварии и руководителем горноспасательных работ обязательным к выполнению является решение первого, если оно не противоречит требованиям Устава. В противном случае оно не выполняется, и особое мнение руководителя горноспасательных работ записывается в оперативном журнале.

Если мероприятия плана и не дали положительных результатов или в ходе их реализации становится ясно, что принимаемых мер недостаточно, а также в случае изменения аварийной обстановки, ответственный руководитель ликвидации аварии и руководитель горноспасательными работами обязаны обеспечить разработку оперативного плана ликвидации аварии. После реализации его мероприятий или при новом изменении обстановки в ходе его выполнения составляется второй оперативный план и т.д. до окончания аварийно-спасательных работ.

В оперативных планах предусматриваются способы, средства и силы

ВГСЧ и шахты, необходимые для дальнейшей борьбы с аварией, а также аварийная обстановка и прогноз развития аварии, дата и время принятия оперативного плана, меры безопасности, исполнители и сроки выполнения предусматриваемых работ.

Оперативный план подписывается ответственным руководителем ликвидации аварии и руководителем горноспасательных работ и утверждению не подлежит.

Горноспасательные работы по тушению пожаров и ликвидации последствий взрывов в выработках, в которых содержание в поступающих и исходящих вентиляционных струях, слоевых и местных скоплениях метана составляет 2% и более, не допускаются.

Если в горной выработке обнаружена опасная концентрация сернистого газа (0,5%) или токсических веществ, высокая температура (40ºС и более) или имеются иные осложнения, представляющие угрозу жизни и здоровью работающих, горноспасательные работы в этой выработке, не связанные со спасением людей, допускаются только после осуществления необходимых мер безопасности и жизнеобеспечения.

Командир ВГСЧ, выдавая задания и распоряжения отделениям и исполнителям, имеет право допускать риск и отступления от Устава ВГСЧ лишь в том случае, когда проводимое мероприятие осуществляется исключительно в целях спасения людей.

Для согласования взаимодействия личного состава отделения при ведении горноспасательных работ каждому респираторщику присваивается порядковый номер (1,2,3 и 4) и определяются его обязанности при подготовке к спуску в шахту, движении по маршруту и действиям в загазированной атмосфере.

В зависимости от вида аварии и содержания задания отделение берет с собой оснащение согласно «Табелю минимального оснащения ОВГСО».

Передвижение отделения по горным выработкам производится в следующем порядке:

- при следовании на аварию ведущим является командир отделения или старший командир, возглавляющий отделение;
- при возвращении с места работы возглавляющий его командир следует последним.

При следовании к месту работ старший командир обязан систематически информировать КП об обстановке по маршруту движения и о своем местонахождении. При следовании в задымленной атмосфере по маршруту со сложной сетью выработок необходимо оставлять в местах их разветвления условные знаки, указывающие направление движения отделения.

При выполнении горноспасательных или технических работ запрещается спуск в шахту респираторщиков и командиров без респираторов.

В выработках со свежим воздухом снимать респиратор допускается с разрешения руководителя горноспасательных работ. При этом респиратор

должен находиться на месте работ, рядом с исполнителем не далее 10 м.

При авариях, сопровождающихся загазированием горных выработок, первое отделение должно следовать кратчайшим путем в выработки с исходящей с аварийного участка струей воздуха навстречу выходящим людям для оказания им помощи, а второе – по выработкам с поступающей струей воздуха для ликвидации аварии.

Место включения отделения в респираторы (перед зоной загазирования) устанавливает руководитель горноспасательных работ. При отсутствии достаточной информации о границах зоны загазирования и состоянии проветривания выработок аварийного участка место включения в респираторы определяет старший командир по результатам экспресс-анализа состава шахтной атмосферы на месте.

Перед включением в респираторы производится их беглая проверка. На месте включения в респираторы оставляется световой сигнал (жетон, лампа с красным светом и др.). При заходе в загазированную атмосферу отделением определяется состав шахтной атмосферы и температура. На видном месте записываются: номер отделения и фамилия командира, дата и время ухода в загазированную среду, содержание замеренных газов и температура воздуха.

Отделению, выполняющему работы в загазированной атмосфере, выставляется резервное отделение. Оно размещается в выработке со свежей струей воздуха непосредственно у загазированной зоны (на подземной базе).

Командир резервного отделения по прибытии на подземную базу обязан немедленно организовать:

- непрерывную связь подземной базы с работающим отделением и передачу информации на КП об обстановке в загазированной атмосфере и о действиях отделения;
- контроль за изменением температуры и состава исходящей из аварийной выработки воздуха;
- готовность личного состава резервного отделения к экстренному уходу в загазированную атмосферу на помощь работающим;
- определение состава атмосферы на подземной базе.

Если по истечении срока, рассчитанного для выполнения работы в загазированной атмосфере или в зоне высокой температуры, работающее отделение не возвратилось на подземную базу либо по неизвестной причине прекратилась с ним связь, резервное отделение обязано направиться в загазированные выработки навстречу работающему отделению, доложив об обстановке на КП.

Если место работы в загазированной атмосфере находится вблизи выработки со свежей струей воздуха (время выхода 2-3 минуты, а при наличии задымленности не далее 5-10 м от свежей струи) и выполнение работ отделением в полном составе невозможно или нецелесообразно, допускается направление в загазированную атмосферу группы из 2-3 человек. Остальной состав отделения находится в резерве, поддерживая с работающими непрерывную связь. При этом группа исполнителей должна иметь при себе аппарат связи и вспомогательный респиратор.

При работах в загазированных выработках производится следующий упрощенный расчет кислорода:

- в баллоне респиратора резервируется на непредвиденные случайности 50 ат кислорода;
- рабочий запас кислорода в баллоне респиратора (150 ат) расходуется следующим образом:
- при движении по горизонтальным и наклонным (до 10 градусов) выработкам, а также вверх по наклонным (более 10º), крутым и вертикальным выработкам – половину рабочего запаса кислорода на движение вперед и половину – на возвращение;
- при движении вниз по наклонным (более 10º), крутым и вертикальным выработкам – одну треть на движение вперед и две трети – на возвращение.

Если отделение направляется в загазированные выработки для спасения людей, в баллоне респиратора оставляется резерв 20 ат.

Время прекращения работы или движения по маршруту объявляет командир отделения по манометру респираторщика, у которого расход кислорода максимален.

Если на пути следования отделения в загазированной атмосфере встретился непроходимый завал, оно должно определить состав рудничной атмосферы у завала и температуру воздуха, отобрать пробу воздуха, доложить обстановку на подземную базу или руководителю горноспасательных работ и возвратиться на базу.

Если в загазированной атмосфере кто-либо из личного состава потерял сознание или почувствовал себя плохо, отделение должно оказать ему помощь (переключить во вспомогательный респиратор и др.), отобрать пробу воздуха, сообщить о случившемся на подземную базу и немедленно в полном составе эвакуировать пострадавшего на базу или в ближайшую выработку со свежей струей воздуха.

Отделение должно возвратиться на базу в полном составе и в том случае, в респираторе одного из респираторщиков обнаружена неисправность. При этом респираторщик должен быть переключен во вспомогательный респиратор.

Если самостоятельно не могут выходить два респираторщика и более, о случившемся немедленно сообщается на подземную базу (резервному отделению) и пострадавшие эвакуируются на свежую струю. Если эвакуировать одновременно обоих пострадавших невозможно, отделение должно оставаться возле пострадавших и оказывать им помощь до прихода резервного отделения.

Если запас кислорода у оставшихся респираторщиков не позволяет ждать резервное отделение или последнее отсутствует, они должны эвакуировать на свежую струю в первую очередь пострадавшего с признаками жизни.

При выполнении работ в загазированной атмосфере на значительном удалении от свежей струи (500 м и более), а также в тупиковых выработках длиной более 500 м все работающие должны обеспечиваться запасными

баллонами с кислородом, регенеративными патронами с ХПИ или химически связанным кислородом (при применении респираторов такого типа). По пути движения к месту работы в выработках с загазированной атмосферой необходимо развешивать на видных местах вспомогательные респираторы. Замена баллонов и патронов в респираторе на запасные осуществляется в пригодной для дыхания атмосфере (в горноспасательной бокс-базе).

После выполнения задания в загазированной атмосфере отделение должно возвратиться на подземную базу в полном составе по ранее пройденному маршруту (если маршрут возвращения не был определен при выдаче оперативного задания). Исключением могут быть случаи, когда этот путь прегражден завалом, пожаром, высокой температурой и т.д., когда иной маршрут возвращения был определен при выдаче задания или изменен руководителем горноспасательных работ в ходе выполнения задания.

Отправка отделений ВГСЧ с шахты в свои подразделения после завершения горноспасательных работ производится по письменному разрешению ответственного руководителя ликвидации аварии.

По прибытии в подразделение респираторщики и командиры немедленно приводят в готовность к выезду по «Тревоге» респираторы и оснащение, а водители – оперативные автомобили.

Разведка и спасение людей.

Разведка горных выработок аварийного участка производится для обнаружения и спасения застигнутых аварией людей и может быть организована для выяснения обстановки, состояния выработок и их проветривания, выбора места возведения перемычек и т.п.

Личный состав отделения, идущего в разведку, должен знать основную задачу разведки и порядок ее выполнения, а также:

место возникновения и вид аварии, возможные направления ее распространения;

установленный вентиляционный режим, газовую обстановку на аварийном участке и ее прогноз;

количество застигнутых аварией людей и вероятные места их нахождения, места расположения подземной базы и резервных отделений.

В разведку могут посылаться как одно из первых прибывших отделений, так и последующие отделения в любое время ведения горноспасательных работ, если этого требует обстановка. Целесообразно посылать в разведку отделения, хорошо знающие шахту.

Разведка в целях поиска испасения людей

При разведке задымленных выработок отделение должно располагаться диагонально к оси выработки, соединившись канатиками (соединительными шнурами), чтобы не пропустить пострадавшего. Командир отделения должен идти впереди, обстукивая щупом кровлю выработки и пространство вокруг себя и по той стороне выработки, где могут встретиться печи, скаты и другие наклонные и вертикальные выработки. При

этом должна осуществляться связь между отделением, направленным в разведку, и КП.

Отделение, обнаружившее пострадавшего в загазированной среде, обязано оказать ему первую медицинскую помощь, включить в самоспасатель или респиратор и эвакуировать в выработку со свежей струей воздуха. На месте обнаружения пострадавшего отбирается проба воздуха, определяется его состав газоопределителями и оставляется опознавательный жетон. Дубликат жетона прикрепляется на кисть пострадавшего.

Эвакуация людей из загазированной атмосферы производится кратчайшим путем на свежую струю. В первую очередь из загазированных выработок эвакуируются пострадавшие с признаками жизни и передаются медицинскому персоналу.

Отделение, вынесшее пострадавшего из загазированной выработки на свежую струю воздуха, оказывает ему первую медицинскую помощь или передает его резервному отделению и докладывает на КП о результатах разведки. После этого оно обязано продолжить выполнение задания.

При спасении людей, застигнутых внезапным выбросом угля и газа, необходимо:

- установить местонахождение и количество застигнутых аварией людей, их состояние;
- организовать интенсивную подачу им свежего воздуха, в том числе по пневмопроводам и т.п.;
- определить способ подхода к ним и немедленно приступить к выполнению работ по быстрейшему достижению их местонахождения и оказанию им первой помощи.

При спасении людей, застигнутых обрушением пород, прорывом глинистой пульпы и плывунов, затоплением выработок, кроме вышеуказанного следует поддерживать с застигнутыми аварией людьми постоянную связь перестукиванием или другим способом и по имеющимся трубопроводам, скважинам или по старым выработкам обеспечить их средствами защиты, питанием, теплой одеждой и др.

При движении отделения по разрушенным и заваленным выработкам необходимо использовать все возможные способы для быстрейшего подхода к людям. Во время движения респираторщики отделения должны рассредоточиться на расстояние 3-5 метров друг от друга, а в опасных местах возводить временную крепь.

При обнаружении пострадавшего, пораженного электрическим током, необходимо, прежде всего, прекратить действие тока на него, после чего оказать первую медицинскую помощь.

Разведка для выяснения обстановки

Разведка и обследование выработок аварийного участка для выяснения обстановки, выбора места возведения изолирующих перемычек и т.п. организуется в целях определения более эффективных или безопасных мер по ликвидации аварии. Разведка организуется руководителем

горноспасательных работ в соответствии с оперативным планом ликвидации аварии и не предусматривает спасательных работ.

Организуя разведку для выяснения обстановки, руководитель горноспасательных работ обязан выполнить ориентировочный расчет расстояния, которое может преодолеть отделение при обследовании выработок, и определить давление кислорода, при котором отделение должно возвратиться на подземную базу.

Кроме того, руководитель горноспасательных работ обязан:

- ставить перед исполнителями разведки выполнимые задачи, обеспечить их всем необходимым для выполнения заданий и соблюдения мер безопасности личного состава;
- подробно информировать исполнителей о предполагаемой обстановке в зоне аварии на момент исполнения разведки, о возможных опасностях и ориентирах по маршруту движения;
- обеспечить надежную связь КП и подземной базы с отделением, находящимся в разведке;
- быть готовым оказать экстренную помощь отделению в разведке.

Проведение разведки для выяснения обстановки без резервного отделения на подземной базе запрещается.

Командир, возглавляющий отделение в разведке для выяснения обстановки обязан:

- подробно изучить с личным составом отделения маршрут движения и его особенности, наметить и уточнить ориентиры движения и возвращения на базу;
- распределить среди личного состава отделения обязанности по выполнению задач разведки и определить места выполнения замеров и съемок согласно заданию;
- вести учет расхода кислорода по маршруту движения, а при необходимости и времени пребывания в зонах с высокой температурой;
- пределить меры безопасности в ходе разведки и обследования выработок и порядок возвращения на базу.

Разведку выработок большой протяженности в условиях высокой температуры следует осуществлять несколькими отделениями, последовательно направляя их «волнами» друг за другом через определенные отрезки времени в соответствии с «Руководством по ведению работ в зонах высокой температуры».

При разведке выработок в условиях плохой видимости командиры и респираторщики в отделении должны быть связаны между собой соединительными шнурами.

Командир отделения и замыкающий должны быть включены в респираторы с масками, оборудованными переговорными устройствами.

По маршруту движения отделение должно прокладывать линию связи с подземной базой (при отсутствии высокочастотной или радио связи).

На период выполнения разведки выработки, по которой идет исходящая с очага пожара струя воздуха, запрещается подача воды на этот

очаг со стороны поступающей струи или тушение его другим способом, могущим ухудшить условия разведки.

При выполнении любой разведки запрещается изменять вентиляционный режим (кроме случаев, предусмотренных оперативным планом). В случае непредвиденного изменения вентиляционного режима разведка должна быть прекращена и до выяснения обстановки отделения должны быть выведены в выработки со свежей струей воздуха на безопасные расстояния.

Ведение горноспасательных работ в условиях высоких и низких температур.

При высокой влажности (более 80%) и температуре воздуха в горных выработках шахты от 27 до 40ºС продолжительность непрерывного пребывания или работы в респираторах в этих условиях (без специальных теплозащитных костюмов) ограничивается и не должна превышать следующих значений:

Температура воздуха в выработке, ºС	При работе (пребывании) на одном месте, мин	При движении по выработке
27	210	158
28	180	135
29	150	113
30	120	90
31	90	68
32	60	45
33	50	38
34	40	30
35	34	26
36	30	23
37	26	20
38	22	17
39	20	15
40	18	14

Выполнение работ в респираторах, не связанных со спасением людей, при температуре воздуха в горных выработках выше 40°С запрещается.

Для оказания помощи людям или выполнения неотложных мер, направленных на их спасение, допускается посылка отделений в загазированные выработки с высокой влажностью и температурой воздуха от 40 до 50°С, при этом продолжительность пребывания отделений в зоне высоких температур без специальныхтеплозащитных костюмов не должна превышать 10 минут.

Во всех случаях ведения работ в зоне высоких температур и влажности должны осуществляться меры по их снижению и созданию более комфортных условий средствами вентиляции или охлаждения (до 28-30°С), а исполнители этих работ должны быть обеспечены индивидуальными или

групповыми теплозащитными средствами (костюмы, куртки, бокс-базы и др.).

К работе в условиях высокой температуры воздуха допускаются респираторщики и командиры, прошедшие тепловую адаптацию и выдержавшие проверку на тепловую устойчивость. Перед спуском в шахту горноспасатели, направляемые в зону высокой температуры, должны быть осмотрены медицинским работником ВГСЧ.

На период работы в зоне высоких температур на подземной базе должен находиться работник медицинской службы ВГСЧ, который перед уходом отделения в зону высокой температуры и по возвращении его обязан осмотреть личный состав отделения и оценить состояние здоровья каждого.

Для работающих в зоне высоких температур на подземной базе должна быть газированная питьевая вода, витаминизированные напитки, сменная теплая одежда, одеяла и т.п.

При входе в выработку, в которой ожидается высокая температура воздуха, отделение замеряет температуру воздуха, содержание метана и окиси углерода, а командир отделения определяет допустимое время на движение вперед. В дальнейшем повторные замеры и корректировка допустимого времени движения вперед проводятся через каждые 5 минут и результат передается на подземную базу или КП.

Время на движение отделения вперед в зависимости от температуры воздуха и угла наклона выработки не должно превышать:

- половины допустимого времени движения в условиях высокой температуры воздуха, указанного в таблице Устава ВГСЧ, - при следовании по горизонтальным и пологим выработкам, а также вверх по пологим (более 10 градусов), наклонным, крутым и вертикальным выработкам;
- одной трети допустимого времени движения в условиях высокой температуры воздуха - при движении вниз по пологим (более 10 градусов), наклонным, крутым и вертикальным выработкам.

В тех случаях, когда отделение движется по выработкам с нарастающей температурой против исходящей струи воздуха и возвращение его на базу предусмотрено тем же маршрутом, время его фактического пребывания в зоне высокой температуры исчисляется с момента входа отделения в загазированную выработку независимо от того, была ли в ней при входе отделения высокая температура или нет.

Для определения допустимого времени движения вперед в случае нарастания температуры воздуха в пути следования необходимо из табличного времени на движение, соответствующего максимальной температуре, замеренной по пути следования, вычесть фактическое время, прошедшее с момента входа отделения в загазированную выработку, и расчетное время на возвращение назад. Допустимое время движение вперед будет равно полученной разности, деленной на 2 - при следовании по горизонтальным, пологим (до 10 град) и вверх по наклонным, крутым и вертикальным выработкам, или деленной на 3 - при следовании вниз по выработкам с углом наклона более 10 град.

Пример: отделение движется по горизонтальной выработке в загазированной среде в течение 20 минут. Максимальная температура воздуха, замеренная при этом 30°С. Определить допустимое время движения вперед для этих условий.

Решение: для 30°С табличное время на движение равно 90 минутам. Допустимое время на движение вперед будет равно табличному времени на движение при 30°С (90 мин) минус время фактического движения в загазированной среде (20 мин) и время на возвращение назад (для движения по горизонтальным выработкам такое же, как и на движение вперед, т.е. 20 мин). 90мин-20мин-20мин=50мин. Полученную разность делим на 2 и определяем допустимое время на движение вперед: 50мин:2=25 мин.

Пример: отделение движется по вертикальной выработке вниз в загазированной среде в течение 20 минут. Максимальная температура воздуха, замеренная при этом 30°С. Определить допустимое время движения вперед для этих условий.

Решение: табличное время на движение для 30°С равно 90 минутам. Допустимое время на движение вперед будет равно табличному времени на движение при 30°С (90 мин) минус время фактического движения в загазированной среде (20 мин) и время на возвращение назад (для движения по вертикальным выработкам оно в два раза больше, чем время движения вниз, т.е. равно 40 минутам). 90мин-20мин-40мин=30мин. Полученную разность делим на 3 и определяем допустимое время на движение вперед: 30мин: 3=10мин.

Отделение должно прекратить выполнение задания и немедленно возвратиться из зоны высокой температуры на базу, если:

- температура окружающего воздуха нарастает на 3°С и более за 5 мин;
- истекло допустимое время пребывания или движения вперед.

В зоне высокой температуры необходимо принимать все возможные меры для предотвращения перегревания респираторщиков:

- применять противотепловые средства индивидуальной защиты и респираторы с холодильным устройством;
- пользоваться легкой хлопчатобумажной одеждой (вместо брезентовой);
- применять бокс-базы для организации отдыха респираторщиков и переснаряжения аппаратуры, искусственное охлаждение воздуха с помощью аэраторов или передвижных кондиционеров;
- использовать по возможности нижние части выработок, а также воду, пакеты с охлаждающей смесью или брикеты льда для охлаждения воздуховодной системы респиратора и отдельных частей тела;
- пользоваться подземным транспортом для перевозки отделений и доставки оборудования к месту аварии.

Запрещается ведение работ в выработках с высокой температурой воздуха без резервного отделения и непрерывной связи с подземной базой или КП, за исключением случаев, когда работы связаны со спасением людей.

Отделению после нахождения в зоне высокой температуры в течение допустимого времени пребывания перед повторной работой в зоне высокой

температуры один раз в течение рабочей смены предоставляется отдых продолжительностью не менее 2 часов. Отступление допускается в случае, если это необходимо для спасения людей или когда самочувствие личного состава позволяет продолжать работу.

Отдых организуется в выработке со свежей струей воздуха и температурой не выше 26°С или бокс-базе. К повторной работе не допускаются лица, у которых за время отдыха пульс, температура и дыхание не восстановились до нормы.

После работы в зоне высоких температур необходимо принимать теплый душ в течение 15 минут.

В условиях ***отрицательных температур*** допустимое время непрерывногопребывания и передвижения в респираторах должно быть следующим:

Температура воздуха в выработках, ºС	пребывание в выработке, мин	при движении по выработке, мин	
		горизонтально и вверх по наклонным	вниз по наклонным
от 0 до –5	230	100	75
от –5 до –10	180	75	55
от –10 до –15	150	65	45
от –15 до -20	120	50	35

Для безотказной работы газозащитных респираторов и аппаратов искусственной вентиляции легких в условиях отрицательной температуры их необходимо транспортировать в обогреваемых автомашинах, просушивать воздуховодную систему после каждой аппарато-смены, наполнять баллоны осушенным кислородом.

Включаться в респиратор следует в помещении с положительной температурой после отогрева респиратора. Если включение в респиратор производится при отрицательной температуре, заходить в загазированную атмосферу следует не ранее чем через 10 мин после включения.

Запрещается повторное включение в респиратор при выключении из него на время более 15 мин - при температуре от 0 до -5°С и 5 мин – при температуре ниже -5°С. При выключении на более длительное время респиратор должен быть внесен в теплое помещение, просушен и перезаряжен.

Тема 3. Тактика ВГСЧ при ликвидации аварий в шахтах

Виды аварий в шахтах.

Авария в шахте – это ситуация, возникшая внезапно, неожиданно и влекущая за собой не только нарушение нормальной работы предприятия и материальный ущерб, но и угрожающая здоровью и жизни людей, работающих в это время в шахте.

Авария в шахте, получившая широкое распространение и явившаяся причиной массовой гибели людей, называется катастрофой.

Наиболее опасными подземными авариями являются:

- взрывы метанопылевоздушных смесей;
- подземные пожары;
- внезапные выбросы угля, газа и породы;
- загазирования выработок вредными для людей газами;
- прорывы в горные выработки, где работают люди, воды, скоплений заиловки и глины;
- обрушения горных выработок.

Взрывы газа и угольной пыли являются наиболее сложными и опасными шахтными авариями. При этом основными поражающими факторами для людей являются: ядовитые продукты взрыва и бескислородная среда в исходящей струе воздуха, ударная волна и высокая температура атмосферы. Ведение работ по ликвидации последствий взрывов осложняются дополнительными опасностями для людей: нарушением или полным прекращением проветривания, возможными пожарами, повторными взрывами, завалами горных выработок.

К взрывчатым газам, которые могут появляться в шахтной атмосфере, относятся: метан, водород, окись углерода и сероводород. Сероводород взрывается при содержании в воздухе 6%, окись углерода - от 12,5 до 75%, водород - от 4 до 74%, но эти газы во взрывоопасных концентрациях встречаются в шахте редко. Самыми распространенными в шахтах являются взрывы метана и угольной пыли.

Возникновение взрыва метана возможно при его скоплении в воздухе от 5 до 16% и наличии источника тепла, который может взорвать метан (температура воспламенения метана 650-750ºС).

Угольная пыль воспламеняется при температуре 700-800ºС. Нижний предел запыленности выработки, при котором может произойти взрыв взвешенной угольной пыли, составляет 10-50 г/м³, а верхний предел взрываемости 2000-3000 г/м³. Установлено, что присутствие в воздухе угольной пыли снижает нижний предел взрываемости метана, а метан, в свою очередь, снижает нижний предел взрываемости угольной пыли.

Взрывы метана в горных выработках могут иметь место при недостаточном проветривании, что приводит к повышенному содержанию метана в рудничномвоздухе. Взрывы угольной пыли могут происходить и при нормальном проветривании выработок, но при значительном скоплении пыли в выработках во взвешенном состоянии. Причинами, приводящими к

взрыву газов и угольной пыли, являются: нарушение правил ведения взрывных работ, нарушение правил эксплуатации электрооборудования, искрообразование при замыкании батарей аккумуляторных ламп, искрообразование при работе различных механизмов, курение, открытый огонь в шахте.

Взрывы газа могут происходить при возникновении подземных пожаров, при этом предпосылками или признаками взрыва (образования ударной волны) бывают: внезапное резкое изменение направления вентиляционной струи, внезапная остановка движения воздуха, «давление» на уши, отдаленный звук (гул), вибрация в выработке.

Подземные пожары являются наиболее распространенными и сложными видами аварий в шахтах. Подземными называются пожары, возникающие в горных выработках шахт. К подземным относятся и пожары, которые возникают на поверхностных комплексах и при этом продукты горения могут поступать в горные выработки шахты.

Наиболее опасными являются пожары в действующих выработках шахт, т.к. они характеризуются быстрой активизацией и угрозой массового отравления людей продуктами горения.

Для людей, ведущих борьбу с пожаром, особенно развитым, появляются дополнительные осложняющие факторы и опасности, основными из которых являются: задымленность атмосферы, высокая температура воздуха в районе очага пожара и на исходящей струе, возможные завалы выработок в связи с выгоранием или деформацией крепи, скопление взрывчатых газов до опасных концентраций и их взрывы при пожарах в газовых шахтах, выбросы пара при тушении больших раскаленных масс водой и образование взрывчатых концентраций газов (водорода) при разложении воды, вероятность опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии при пожарах в наклонных и вертикальных выработках.

Пожары в горных выработках по источнику воспламенения бывают двух видов: возникающие от различных внешних причин (экзогенные) и от самовозгорания угля (эндогенные).

К внешним причинам, вызывающим экзогенные пожары относятся:

короткие замыкания электрокабелей и неисправности электрооборудования;

- взрывные работы в шахтах;
- сварочные и автогенные работы;
- курение и открытый огонь в шахтах;
- чрезмерное механическое трение в механизмах и машинах;
- воспламенение горючих жидкостей при нагревании.

Эндогенные пожары происходят от самовозгорания угля, которое зависит от склонности угля к самонагреванию, а также от горно-геологических и горнотехнических условий разрабатываемых месторождений. Самовозгорание появляется от постоянного окисления разрыхленного и раздавленного в целиках угля. Процесс окисления

происходит с выделением тепла. Если условия выемки угля, склонного к самонагреванию, не обеспечивают отвод тепла, образующегося в угле, и 50-70% его остается в нем, а температура достигает 300-350ºС, то самонагревание переходит в самовозгорание.

Экзогенные пожары легко обнаруживаются по следующим признакам: резкий запах гари в рудничном воздухе, появление в выработках дыма, увеличение температуры воздуха, характерный треск горящего дерева и угля и открытый огонь в выработке.

Явными признаками эндогенного пожара являются: появление тумана и отпотевания на крепи горных выработок; выделение пара на поверхности земли из трещин, стволов и шурфов (особенно в зимнее время); появление запахов нефтяных продуктов, которые впоследствии сменяются удушливо-тяжелым запахом горящей смолы и дегтя; увеличение температуры воздуха, угля и боковых пород в районе очага пожара; появление дыма и огня в очаге пожара.

Внезапные выбросы угля, газа и породы – весьма сложные и опасные шахтные аварии, происходящие внезапно, при которых в нормальных производственных условиях из разрабатываемого пласта с большой силой выбрасывается масса измельченного угля и газа, а иногда и боковых пород.

При этих авариях происходят завалы горных выработок, загазирования сети выработок по всей исходящей струе, возможны взрывы газа, самовозгорание выброшенного угля, нарушение проветривания аварийных участков.

Масштабы выбросов бывают огромными и достигают сотен и тысяч тонн измельченного угля и породы и сотен тысяч кубических метров газа.

Предупредительными признаками внезапного выброса угля и газа являются: выдавливание угля из забоя, удары и треск различной силы и частоты в массиве, отскакивание кусочков угля и шелушение забоя, снижение прочности угля, усиленное давление на крепь, резкое увеличение газовыделения в выработку, зажатие буровых инструментов при бурении, выбросы штыба и газа из шпуров и скважин.

Сам внезапный выброс сопровождается звуковым эффектом, отбросом угля на значительное расстояние и тонким его измельчением, выделением метана в большом количестве и образованием характерной полости в пласте в месте выброса.

Загазирование выработок вредными для здоровья и жизни людей газами может быть опасным, если оно происходит быстро и люди не успевают покинуть эти выработки и выйти на свежую струю воздуха. Загазирование выработок может происходить разными газами, в том числе углекислотой, метаном, окисью углерода, сернистым газом, сероводородом и др.

Углекислый газ обычно может проникать в горные выработки из старых, заполненных этим газом выработок или из изолированных пожарных участков. При всех условиях появление углекислого газа в местах работы людей опасно, так как, вытесняя кислород, он делает рудничную атмосферу

непригодной для дыхания.

Окись углерода, сернистый газ и сероводород могут поступать в действующие выработки из пожарного участка.

Загазирование действующих выработок может произойти и в результате нарушения проветривания отдельных участков, горизонтов и шахты в целом при остановке вентилятора, в результате завалов в горных выработках, затопления их водой.

Загазирование выработок вредными газами можно определить путем их замера различными газоопределителями.

Внешние признаки загазирования выработок различными вредными газами определяются их физическими свойствами. Так, загазование атмосферы углекислым газом ощущается по слабокислому вкусу и запаху, учащением дыхания и появлением одышки. Присутствие сероводорода определяется характерным запахом тухлых яиц. Сернистый газ характерен запахом горящей серы и сильным раздражением слизистых оболочек, особенно глаз. Окислы азота наполняют атмосферу чесночным запахом и окрашивают в краснобурый цвет (лисий хвост). Загазование атмосферы аммиаком характерно запахом нашатыря, а хлор имеет зеленовато-желтый цвет и резкий запах.

Затопление выработок водой может произойти в шахтах, имеющих большой приток воды, при остановке насосов главного водоотлива. Но аварии от внезапных прорывов воды, скопившейся в выработках верхних отработанных горизонтов шахт или в естественных резервуарах на поверхности, являются опасными для людей, работающих в нижних горизонтах и наклонных тупиковых выработках. При этом кроме угрозы затопления, возникает еще недостаток воздуха и создается опасность затопления запасных выходов из шахты. Угрожающий приток воды с поверхности (при таянии снега, сильных дождях и т.д.) может поступать в горные выработки через устья стволов, шурфов, буровых скважин, по трещинам и провалам. Необходимо иметь в виду, что большинство прорывов воды из старых выработок сопровождается выделением взрывчатых и ядовитых газов (метана, углекислого газа, сероводорода и др.), а также обвалами пород в выработках.

Признаками приближения к затопленным выработкам являются: потение забоя, усиление капежа и горного давления, потрескивание, появление струек воды, внезапное появление воды в сухом забое или усиленный ее приток в мокром забое.

Прорывы в горные выработки заиловки и глин могут явиться причиной несчастных случаев с людьми и выхода из строя на продолжительное время горных выработок и выемочных участков. Работы по ликвидации последствий этих аварий очень трудоемки и длительны по времени.

Обрушения горных выработок являются довольно распространенной причиной травматизма людей. Завалы, а также горные удары характеризуются быстрым обрушением больших объемов горной массы, в результате чего горная выработка выходит из строя, а под обрушением или за

ним могут оказаться люди. При этом для людей, оказавшихся застигнутыми обрушением, а также ведущих спасательные работы, появляются дополнительные опасности: повторные завалы и обрушения, загазирования выработок в результате нарушения или полного прекращения проветривания, пожары от короткого замыкания в электрокабелях при их нарушении, внезапные выбросы угля и газа на выбросоопасных пластах. Обрушения обычно носят локальный характер, однако, эти аварии на крутых пластах наиболее опасны, а ведение спасательных работ при этом связазано с большими трудностями.

Обычно обрушению кровли предшествуют предупредительные признаки: обсыпание мелких кусочков породы с кровли – «капание», усиление давления на крепь, треск крепи и т.д.

Горные удары все чаще появляются с увеличением глубины разработки месторождений и ростом горного давления.

Горный удар – быстропротекающее разрушение предельно напряженной части массива угля (породы), прилегающей к горной выработке, возникающее вследствие мгновенного превращения в кинетическую энергию накопленной в массиве потенциальной энергии упругого сжатия его в очаге горного удара и упругих деформаций вмещающих пород.

Признаками возможного проявления горного удара являются: «стреляние» угля и породы, треск, толчки, проявляющиеся в основном во время разрушения массива при работе комбайнов, бурении и т.д. Горный удар сопровождается сильным звуковым эффектом, сотрясением, воздушной волной, выбросом угля, разрушением крепи и образованием пыли.

Тема4. Тушение подземных пожаров.

По аварийной опасностишахты подразделяются на три степени:

первая - шахты, опасные по внезапным выбросам угля и газа и горным ударам, а также сверхкатегорные по метану, разрабатывающие склонные к самовозгоранию пласты угля;

вторая - шахты, сверхкатегорные по метану, разрабатывающие не склонные к самовозгоранию пласты угля; все шахты III категории по метану; шахты II и I категории по метану, разрабатывающие пласты угля, склонные к самовозгоранию;

третья - шахты II и I категории по метану, разрабатывающие пласты угля, не склонные к самовозгоранию, и все шахты, не опасные по газу метану, или опасные только по взрывчатости угольной пыли.

Наиболее распространенным видом аварии в шахтах являются пожары.

Пожары, возникающие непосредственно в горных выработках (подземных и открытых) и в массиве полезного ископаемого, называются рудничными или подземными пожарами. К ним относятся также пожары, происходящие на поверхности, когда продукты горения и огонь могут распространиться в шахту. Подземные пожары по источнику воспламенения горючего материала делятся на два вида: экзогенные и эндогенные.

Экзогенными называются пожары, возникшие от внешних источников тепла (открытого огня, короткого замыкания в электрокабелях, нарушения правил ведения огневых работ, трения и др.).

Эндогенными называются пожары от самовозгорания угля, возникающие врезультате окислительных процессов, происходящих в полезном ископаемомпри определенных условиях.

Основными причинами возникновения экзогенных пожаров являются: нарушение правил эксплуатации электрооборудования, ведения электрогазосварочных и взрывных работ, неосторожное обращение с огнем, наличие в машинах и механизмах трущихся частей, нарушение правил эксплуатации ленточных конвейеров.

Эндогенная пожароопасность выемочных участков характеризуется степенью склонности угля к самовозгоранию. Самовозгорание происходит при аккумулировании не менее 60-70% теплоты, выделяющейся при окислении угля.

Самовозгорание - это воспламенение горючего материала, происходящее в результате непрерывно развивающихся окислительных реакций в самом веществе. Самовозгоранию всегда предшествует более или менее длительный процесс низкотемпературного окисления и самонагревания, являющегося процессом естественного повышения температуры в результате окисления угля. Скорость самонагревания определяется химической активностью угля, условиями притока воздуха и возможностью отдачи тепла в окружающую среду.

Несвоевременная и некачественная изоляция отработанных и погашенных выработок (особенно в сложных горно-геологических условиях), большие эксплуатационные потери угля, несвоевременное и

некачественное профилактическое заиливание отработанных участков, нарушение порядка отработки пластов угля, склонного к самовозгоранию, медленное внедрение закладки выработанного пространства и другие факторы усиливают эндогенную пожароопасность шахт.

Подземные пожары, особенно экзогенные, возникающие внезапно, представляют большую опасность для жизни людей, занятых на участках, на которые могут проникать продукты горения и вызывать отравления.

Для людей, ведущих борьбу с пожаром, особенно развитым, появляются дополнительные осложняющие факторы и опасности, основными из которых являются: задымленность атмосферы, высокая температура воздуха в районе очага пожара и на исходящей струе воздуха, возможные завалы выработок в связи с выгоранием или деформацией крепи, скопление взрывчатых газов до опасных концентраций и их взрывы при пожарах в газовых шахтах, выбросы пара при тушении больших раскаленных масс водой и образование взрывчатых концентраций газов (водорода) при разложении воды, вероятность опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии при пожарах в наклонных и вертикальных выработках.

Степеньразвития экзогенного пожара качественно может быть охарактеризована тремя стадиями:

I - разгорание: характеризуется увеличением массы сгорающего в единицу времени материала и расхода кислорода воздуха на горение;

II - развившийся пожар: практически полностью расходуется кислород на горение и при постоянном расходе воздуха сгорает постоянная масса горючего материала;

III - затухание: нарастание в продуктах горения концентрации кислорода и снижение концентраций углеродосодержащих газов.

Для выбора эффективных средств и способов тушения подземных пожаров в конкретных условиях необходимо знать основные его параметры:

- среднюю скорость перемещения очага горения по выработке;
- максимальную и среднюю температуру пожарных газов в очаге горения и на заданном удалении от него;
- длину зоны горящей крепи в выработке;
- площадь горящей поверхности;
- расход материала на горение;
- длину зоны действия конвективных потоков навстречу вентиляционному потоку;
- дальность (радиус) эффективного применения (действия) пожаротушащих средств;
- площадь тушения;
- скорость и продолжительность тушения.

Для эффективного тушения подземного пожара необходимо, чтобы параметры тушения планируемых к применению технических средств соответствовали параметрам развития пожара или превышали их. При этом необходимо учитывать:

- возможность доставки средств к месту применения исходя из его габаритов, конструктивных особенностей и состояния горных выработок (угол наклона, ширина и высота, вид транспортных средств);
- возможность обеспечения пожаротушащего средства источниками энергии и огнетушащими веществами (вода, порошок, пенообразователь и др.);
- возможность применения технического средства исходя из газовой обстановки на аварийном участке, температуры, влажности и задымленности в месте установки средства и др.;
- время доставки технического средства к месту применения, его монтажа и подготовки к работе.

Подземный пожар независимо от причин его возникновения и вида горючего материала (уголь, древесина, конвейерная лента, трансформаторное масло и др.) сопровождается сложными физико-химическими процессами, приводящими к существенному изменению состава рудничной атмосферы.

Постоянной и обязательной составляющей пожарных газов является окись углерода. С ее появлением в исходящей струе пожарного участка непременно наблюдается уменьшение объемных долей кислорода, увеличение содержания углекислого газа, метана, водяного пара. В дальнейшем появляются водород и гомологи метана.

На всех стадиях тушения пожара для ограничения его активности и снижения скорости распространения по горным выработкам необходимо осуществлять меры по его локализации:

- сокращение расхода воздуха, поступающего к очагу горения;
- установка водяных завес и создание преград на пути распространения пожара (установка временных перемычек, закрытие противопожарных дверей и др.);
- местное реверсирование вентиляционной струи;
- удаление горючего материала из зоны горения или на пути распространения
- пожара;
- сочетание вышеперечисленных способов локализации.

С момента возникновения пожара, независимо от его размеров и характера развития, ответственный руководитель ликвидации аварии и руководитель горноспасательных работ обязаны принять меры по бесперебойной подаче воды на пожарный участок и сосредоточению в шахте мощных средств пожаротушения и аварийных материалов.

В зависимости от места возникновения пожара предусматривается следующий порядок посылки отделенийна выполнение оперативных заданий:

- при пожарах в стволах, по которым подается в шахту свежий воздух, и надшахтных зданиях первое отделение ВГСЧ направляется для тушения пожара и перекрытия стволов, а второе - для вывода людей из околоствольных выработок этих стволов и последующего тушения первичными средствами пожаротушения возникших очагов в

околоствольном дворе;

- при пожарах в околоствольных дворах стволов, подающих в шахту воздух, а также в главных выработках, расположенных в начале вентиляционной струи (главные квершлаги, коренные штреки и т.п.), первое отделение направляется на тушение пожара, а второе - для вывода людей из наиболее опасных мест;
- при пожарах в участковых штреках, квершлагах и камерах, а также в лавах, вентиляционных ходках и сбойках, когда загазированию подвергается один участок, первое отделение направляется кратчайшим путем по свежей струе в выработки с исходящей с участка струей воздуха для вывода людей, а второе - по поступающей струе для тушения пожара;
- при пожарах в вертикальных стволах и шурфах с исходящей струей воздуха и их надшахтных зданиях первое отделение направляется на тушение пожара и вывод людей из надшахтного здания, второе - в околоствольный двор для предотвращения распространения пожара в горные выработки шахты;
- при пожарах в наклонных стволах, вентиляционных сбойках, имеющих выход на поверхность, и в околоствольных дворах с исходящей струей воздуха первое отделение направляется в шахту для спасения людей, второе - на тушение пожара.

Последующие отделения направляются в места, где их действия наиболее необходимы.

Вентиляционные режимы при тушении подземных пожаров

При тушении пожара в шахте должен быть установлен режим вентиляции, снижающий активность пожара и создающий условия для его тушения, а также предотвращающий скопление горючих газов до взрывоопасных концентраций и распространение газообразных продуктов горения в места нахождения людей.

При тушении пожаров в шахтах применяются следующие вентиляционныережимы:

- прекращение проветривания горящих выработок пожарного участка;
- сохранение режима проветривания выработок пожарного участка, существовавшего до возникновения пожара;
- увеличение или уменьшение расхода воздуха, поступающего к очагу пожара, при сохранении существовавшего направления вентиляционной струи;
- реверсирование (опрокидывание) вентиляционной струи с сохранением, увеличением или уменьшением расхода воздуха, поступавшего по выработкам до возникновения пожара;
- закорачивание вентиляционной струи в нормальном или реверсивном режиме проветривания.

Выбор вентиляционного режима определяется степенью опасности шахты по газу метану и взрывчатости угольной пыли и возможностями ее вентиляционной сети. При этом следует также учитывать фактические

условия аварийной обстановки, место возникновения пожара и скорость его распространения, величину и направление естественной и тепловой депрессии.

Принятый вентиляционный режим должен быть устойчивым и управляемым.

Для спасения людей при пожарах в надшахтных зданиях воздухоподающих стволов, в стволах со свежей струей воздуха, околоствольных дворах и примыкающих к ним главных воздухоподающих выработках наиболее эффективным является реверсирование вентиляционной струи в масштабе всей шахты.

При пожарах и взрывах в пределах выемочных полей (панелей) и в выработках с исходящими струями (вентиляционные выработки горизонта, крыла или шахты в целом, шурфы, вентиляционные сбойки, воздуховыдающие стволы и их надшахтные здания) сохраняется существующее направление вентиляционной струи с неизменяемым, уменьшенным или увеличенным расходом воздуха.

В ходе тушения подземного пожара особенно в газовых шахтах должен осуществляться непрерывный контроль за содержанием горючих газов, кислорода и других параметров пожара. Если содержание метана у места тушения пожара достигает 2%,все люди, в том числе и горноспасатели, должны быть выведены из опасной зоны, а для тушения пожара должен быть применен способ, обеспечивающий безопасность работ.

Способы тушения подземных пожаров

Тушение пожаров в шахтах может осуществляться следующими способами:

- активным способом, т.е. непосредственным воздействием на очаг огнегасительными средствами или дистанционная подача в зону горения воды, пены и других огнегасительных веществ по трубопроводам, скважинам или по подводящим выработкам;
- изоляцией пожарного участка от действующих выработок перемычками, "рубашками" и другими изоляционными сооружениями с целью прекращения
- доступа воздуха к очагу пожара;
- комбинированным способом - временной изоляцией пожарного участка
- перемычками (глухими или со шлюзами) для локализации горения с последующим вскрытием перемычек и окончательным тушением пожара активным способом.

При выборе того или иного способа ликвидации пожара учитываются характер пожара, место его возникновения, размеры, стадия его развития и наличие необходимых сил и средств пожаротушения, время, необходимое для тушения пожара, и возможные экономические затраты.

Большинство экзогенных пожаров тушат активным способом, но иногда осложненные экзогенные пожары изолируются. Этот способ применяют при развившихся пожарах в тех случаях, когда нет достаточно

средств для активной борьбы или она опасна для людей, работающих по ликвидации пожара (наличие метана 2% и т.д.), а также в условиях, когда применять активные способы неэкономично. Эндогенные пожары чаще ликвидируют способом изоляции или комбинированным.

Ответственный руководитель ликвидации аварии и руководитель горноспасательных работ, отправив первые отделения ВГСЧ в шахту при пожаре по плану ликвидации аварий, обязаны выполнить следующее:

- оценить режим проветривания и по возможности направить продукты горения, минуя скопления людей;
- установить все возможные подходы к очагам горения по действующим и отработанным выработкам, скважинам, провалам и др.;
- выбрать способ тушения очагов горения и рассчитать параметры проветривания пожарного участка;
- определить объемы и места размещения сил и средств для локализации и тушения пожара.

Тушение пожаров активным способом

Активный способ тушения подземных пожаров предполагает применение различных огнегасительных средств, которые в зависимости от физико-химических свойств и особенностей применения делятся на жидкие (вода, пена), газообразные (углекислый газ, азот, парогазовая смесь), сыпучие (огнегасительные порошки, инертная пыль, песок) и флегматизаторы (бромэтиловая смесь).

Вода является основным и наиболее распространенным огнегасительным средством. Она обладает рядом достоинств:

- поданная под напором струя воды механически сбивает пламя с горящих предметов, и, покрывая их поверхность, охлаждает эти предметы до температуры ниже той, которая необходима для поддержания горения;
- смачивая смежные с горящей поверхностью участки и предметы, вода предотвращает распространение пламени и их воспламенение;
- образующийся при попадании воды на горящую поверхность пар (1700 л из 1 л воды) изолирует ее на некоторое время от кислорода воздуха и снижает активность горения;
- легко транспортируется в больших количествах в любую выработку шахты.

Для тушения подземных пожаров вода может подаваться в виде компактной струи и в распыленном состоянии.

Если к очагу пожара имеется свободный доступ, вода применяется в виде компактной струи, при этом:

- возможно подавать большую массу воды на ограниченный участок горящей площади;
- возможно маневрировать струей за счет перемещения ее на различные участки очага пожара;
- используя дальность полета компактной струи, можно тушить пожар, находясь от него на определенном расстоянии, или "перерезать"

распространившийся по выработке пожар на малые участки.

Зачастую используется вода в распыленном состоянии.

В зоне пожара из-за наличия высокой температуры распыленная вода, превращаясь в пар, поглощает значительно больше тепла, чем вода компактной струи. Величина поглощения тепла тем больше, чем мельче распылена вода.

Но вода имеет и ряд недостатков:

- при попадании внутрь очага пожара в количестве, не достаточном для полного его тушения, вода под воздействием высокой температуры разлагается на водород и кислород, образуя взрывчатую смесь, а большое парообразование опасно для людей, тушащих пожар;
- вода является проводником электричества, поэтому прежде чем тушить горящее электрооборудование необходимо снять с него напряжение;
- водой нельзя тушить горящее масло и другие легковоспламеняющиеся жидкости, так как они, будучи легче воды, разбрызгиваясь, увеличивают площадь горения и усиливают пожар;
- образующийся при тушении пожара водой водяной пар способствует отслаиванию боковых пород и обрушению их;
- вода малоэффективна при тушении загораний метана.

Химическая и воздушно-механическая пены широко применяются при активном тушении подземных пожаров.

Химическая пена-это продукт взаимодействия кислоты и водно-щелочного состава. Так как пенные огнетушители в шахтах и ВГСЧ отсутствуют, химическая пена практически для тушения пожаров не применяется.

Воздушно-механическая пена, подаваемая в больших количествах, может быть успешно применена для тушения пожаров в труднодоступных местах (в куполах обрушений, за бетонной крепью и т.д.), а также в вертикальных и наклонных выработках.

Преимуществом пенных средств является то, что пена, попадая на горящие предметы, помимо охлаждения, покрывает их и изолирует от доступа кислорода, прерывая горение.

Воздушно-механическая пена, кроме того:

- имеет более высокий коэффициент полезного использования воды (из единицы объема воды получается до 500 объемов и более пены);
- за счет общешахтной депрессии может перемещаться по горным выработкам на значительные расстояния, сохраняя структуру и объем;
- перемещаясь, способна проникать в свободные объемы выработок и заполнять их;
- имея небольшую среднюю плотность, она не разбрызгивает горящую жидкость, а покрывает ее и тушит;
- эффективна при тушении горящих трудносмачиваемых материалов.

Воздушно-механическая пена представляет собой подвижную массу, состоящую из наполненных воздухом пузырьков, оболочкой которых является водный раствор пенообразователя. Получается воздушно-

механическая пена в различного рода пеногенераторах. Пенообразователи относятся к группе поверхностно-активных веществ, добавки которых в воду (0,5-6%) снижают поверхностное натяжение и повышают смачивающую способность, обеспечивают процесс пеногенерации и устойчивости пены.

Основные физико-химические свойства пенообразователей следующие:

Показатели	ПО-1	ПО-3А	«Сампо»	«Поток»	ПФ-2 «Кубок-салим»	РФ-3 «Фторам»
плотность, кг/м³	1100	1040	1060	1050	1120	1120
массовая доля ПАВ	45%	26%	19,5%	20%	20%	20%
кратность пены 2% раствора	6	6	6	7	7	7
устойчивость пены кратность пены,	270с	300с	720с	420с	480с	540с
получаемой генератором	70	70	70	70	70	70
концентрация в растворе, %	6	5	5	5	5	5

Эффективность действия воздушно-механической пены зависит от ее кратности и устойчивости. Различают пену низкой (до 50), средней (50-300) и высокой (свыше 300) кратности. Максимально допустимая ее кратность для тушения подземных пожаров равна 1000, что соответствует содержанию 0,001 кубических метров жидкости в 1 кубическом метре пены.

Для тушения подземных пожаров применяется пена устойчивостью до 2 часов.

Наибольший эффект локализации и тушения пожаров достигается при комбинированном применении пены с огнетушащим порошком и инертными газами (газомеханическая пена). При этом порошковое облако прекращает пламенное горение, а пена более эффективно охлаждает горящие материалы и боковые породы. Инертная пена содержит в пузырьке инертный газ, который после разрушения пены локализующе воздействует на очаг пожара, снижая концентрацию кислорода в зоне горения.

Пену средней кратности целесообразно применять для тушения пожаров в куполах выработок, электромашинных камерах и тупиковых забоях незначительного объема; пену высокой кратности - для быстрейшего заполнения вертикальных, крутых и наклонных выработок большого объема и локализации пожара в горизонтальных выработках протяженностью 1000-1500 м.

Пена даже высокой кратности (500 и более) электропроводна, поэтому тушить пеной горящее электрооборудование под напряжением запрещается.

Во всех случаях применения воздушно-механической пены особое внимание должно уделяться проветриванию аварийного участка и шахты, в связи с тем, что заполнение выработок пеной приводит к уменьшению расхода воздуха и даже полному прекращению проветривания.

Инертные газы (азот и углекислый газ) будучи поданными в выработанное пространство снижают содержание кислорода в атмосфере пожарного участка. Эти газы, проникая в недоступные места, трещины, вытесняют кислород и создают инертную среду. Однако из-за низкой производительности существующих средств выпуска инертных газов и сложности доставки их к очагу горения они пока не нашли широкого применения для активного тушения подземных пожаров.

Парогазовая смесь - это смесь водяного пара и продуктов сгорания керосина, состоящая из азота (51,8%), водяного пара (40%),углекислого газа (7,0%) и кислорода (1%). Такая парогазовая смесь получается при работе генератора инертных газов. Пожаротушащий эффект парогазовой смеси заключается в том, что в очаге пожара создается бескислородная среда, в которой прекращается горение, а продолжительная подача этой смеси, имеющей температуру 80-100°С обеспечивает охлаждение горящих предметов и материалов до температуры, меньшей чем температура воспламенения. Парогазовой смесью можно потушить любого рода экзогенные пожары в выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии. Применение этой смеси для активного тушения эндогенных пожаров нецелесообразно, так как самовозгорающийся уголь тлеет при концентрации кислорода 2%.

Огнегасительные порошки, как правило, состоят из неорганических солей сульфатов и фосфатов аммония и годрофобизирующих (отталкивающих воду) добавок. На основе ингибирования (замедления) активных центров пламени поверхностью частиц порошка и продуктами его разложения порошки прекращают цепную реакцию горения. Эффект ингибирования усиливается также за счет поглощения теплоты на испарение частичек порошка. Кроме того, частички порошка, попадая в пламя и на горящую поверхность, под действием высокой температуры расплавляются и, спекаясь, образуют твердое стекловидное покрытие (полифосфатную пленку), которое препятствует доступу кислорода к очагам горения. Таким образом, попадая на горящую поверхность, порошок действует одновременно как средство замедления реакции горения (ингибитор), средство изоляции очага горения и средство охлаждения.

Частички порошка, находящиеся во взвешенном состоянии в рудничной атмосфере, могут образовывать воздушно-порошковое облако с содержанием порошка 70-150 г на кубический метр, при котором невозможно пламенное горение. Кроме того, выходящая из огнетушителя струя порошка может механически сбивать пламя с горящих объектов.

Огнегасительные порошки П-1А, П-2АП, П-3АТ предназначены для тушения легковоспламеняющихся горючих жидкостей, древесины, угля, резинотехнических, полимерных изделий и электрооборудования под напряжением. Порошок П-1А используется для снаряжения герметичных емкостей порошковой техники, порошки П-2АП и П-3АТ - при дистанционном тушении подземных пожаров в горизонтальных и наклонных

выработках шахт путем подачи их по трубопроводам или в спутный вентиляционный поток с помощью устройств типа "Вихрь".

Основные технические характеристики порошков:

Показатели	П-1А	П-2АП	П-3АТ
массовая доля компонента, %			
аммофоса	99,0-99,5	91,0-93,5	96,5-97,0
аэросила	0,5-1,0	1,5-2,0	3,0-3,5
пирофиллит	-	5-7	-
содержание влаги, %	0,5	0,5	0,5
текучесть, с	20	10	5
размер частиц, мкм	80-90	40-50	10-15

Инертные сыпучие материалы (песок, инертная пыль, сухая известь) считаются подручными вспомогательными средствами и применяются для тушения небольших очагов в начальный период их возникновения, а также при горении находящегося под напряжением электрооборудования. При тушении сыпучие инертные материалы изолируют очаг пожара от воздуха (а горящие жидкости впитываются сыпучими материалами) и тем самым прекращают процесс горения. Использовать сыпучие материалы необходимо лопатой или совком, посыпая горящие поверхности так, чтобы вся площадь горения была покрыта материалом и через него не прорывался огонь.

Флегматизаторы - это средства объемного пожаротушения, основанного на вытеснении или разбавлении воздуха, а также введении в горящую среду тормозящих (ингибирующих) веществ, прекращающих процесс горения. В качестве флегматизаторов в ВГСЧ в основном применяются вещества на основе хладонов. Наибольшее распространение получил состав БФ-2,состоящий из бромистого этила (73%) и хладона 114В2, называемого тетрофтордибромэтаном (27%). Пожаротушащее действие этого состава заключаются в том, что благодаря низкой температуре кипения (+38,46°С) он испаряется и, достигая в атмосфере вокруг очага пожара концентрации 4,6%, прерывает реакцию горения. Вследствие того, что огнегасительный состав практически не снижает температуру в зоне горения, его действие эффективно в закрытом, слабо проветриваемом объеме (камеры, тупиковые выработки и др.) Данные составы используются в огнетушителях ОГС-5, ОГСФ-5, ОХГШ-2, которые целесообразно применять для тушения:

- горящего метана в доступных местах в начальный момент его загорания в шахте;
- горящего масла и других легковоспламеняющихся жидкостей;
- горящей изоляции электрооборудования, в том числе под напряжением.

Способность различных огнегасительных средств тушить горящие материалы следующая:

Огнегасительное средство	Электро оборуд.	Минер. масла	Уголь	Дерево	Резина	Метан
песок или инертная пыль						
все виды пен						
вода						
инертные газы						
огнегасительные порошки						
хладоны и их составы						

	- гасят		- частично гасят		- не гасят

Тушение пожаров в тупиковыхгорных выработках

Процессы развития и тушения пожаров в тупиковых выработках имеют ряд отличительных особенностей:

- ограниченность подступов к очагу и ведение работ только со стороны исходящей струи воздуха в условиях высокой температуры и задымленности воздуха;
- высокая опасность нарушения проветривания и возможность накопления горючих газов до взрывоопасной концентрации при остановке ВМП или повреждении вентиляционного трубопровода;
- малые скорости вентиляционного потока, приводящие к образованию слоевых скоплений метана в газообильных выработках и способствующие высокой степени задымленности и резкому перепаду температуры воздуха по длине и высоте выработки;
- неидентичность состава атмосферы в исходящей из тупиковой выработки струе воздуха составу атмосферы у места горения.

При возникновении пожара в метанообильной тупиковой выработке в нее кратчайшим путем по свежей струе направляются два отделения ВГСЧ: первое - на вывод людей, второе - на тушение пожара.

В шахтах, опасных по газу и пыли, действия отделений ВГСЧ по разведке очага горения и его тушению в тупиковой выработке должны осуществляться с учетом газовой обстановки в ее забое.

Если на момент прибытия отделения к тупиковой выработке, в которой возник пожар, она проветривается, отделение обязано разведать выработку и тушить пожар в ней.

В том случае, если выработка не проветривается и имеется достоверная информация о том, что содержание горючих газов в выработке не достигло нижнего предела взрываемости, отделение по команде руководителя горноспасательных работ обязано включить вентилятор, проветривающий эту выработку, осуществить ее разведку и приступить к тушению пожара. Если же информация о составе атмосферы в тупиковой выработке отсутствует и в ней нет пострадавших, направление отделения для разведки очага пожара и его тушения не допускается.

Последующие действия определяются временем накопления в тупиковой выработке метана и других горючих газов до взрывоопасной концентрации.

Если имеется резерв времени, то производится: установка водяной за весы как можно ближе к очагу, обработка выработки огнетушащим порошком, прокладка специальных шлангов или приспособление имеющихся в выработке трубопроводов для дистанционного отбора проб воздуха, подачи инертных газов и огнетушащих веществ, сооружение в устье выработки быстровозводимой изоляционной перемычки и т.д.

В случае если время образования взрывоопасной концентрации горючих газов не позволяет вести горноспасательные работы, то планируется с безопасного расстояния производить инертизацию атмосферы в тупиковой выработке азотом, парогазовой смесью, углекислым газом, хладоном и осуществлять дистанционное тушение пожара водой, порошком или пеной. В тупиковых выработках, проводимых сверху - вниз, предусматривается затопление очагов водой.

Для непосредственного тушения пожара в тупиковой выработке используются ручные и передвижные порошковые огнетушители, средства водяного пожаротушения (пожарные рукава, стволы, пики, водоразбрызгиватели).

Для дистанционного тушения пожаров применяются порошково-пенная установка ППУ, устройство "Вихрь", установка порошкового пожаротушения УПШ-1000, порошковый огнетушитель ОПШ-100, а также различные пеногенераторные установки и генераторы инертного газа.

Не допускается непосредственное тушение пожара или другие работы в тупиковой выработке шахты, опасной по газу метану, если произошло нарушение ее проветривания (остановился вентилятор, перегорели вентиляционные трубы и др.) или концентрация метана достигла 2% и продолжает нарастать.

Тушение пожара непосредственным воздействием на очаг в восстающих выработках с углом наклона до 20° следует производить под прикрытием барьеров, а с углом наклона более 20°- запрещается.

Запрещается тушение пожара со стороны забоя тупиковой выработки независимо от угла ее наклона.

В длинных тупиковых выработках (500 м и более) горноспасательные работы по тушению пожаров ведутся с применением индивидуальных и групповых противотепловых средств. При этом должна быть обеспечена

непрерывная связь каждого отделения с подземной базой или КП; по пути следования отделений через каждые 100-200 м загазированной выработки должны размещаться вспомогательные респираторы.

Если горноспасатели вынуждены покинуть забой из-за резкого осложнения обстановки, они должны перед уходом оставить открытыми концевой пожарный кран или установить и подсоединить к нему водоразбрызгиватель.

Тушение пожара в выработках водой осуществляется компактной струей. Начинать тушение нужно с наиболее удаленной рамы, которую достанет активная часть струи. По мере тушения струя воды переносится на ближе расположенную раму крепи. После ликвидации пожара на этом участке выработки необходимо проверить состояние крепи и при необходимости усилить ее. После этого продвинуться вперед и начать тушение следующего участка.

Тушение горящей деревянной крепи порошковыми огнетушителями следует начинать с нижней части последней рамы или рамы, отстоящей от места нахождения респираторщика на длину полета порошкового факела, затем движением вверх по периметру надо сбить пламенное горение, после чего в такой же последовательности тушить близко расположенные крепежные рамы.

Тушение пожаров в наклонных горных выработках

В выработках с восходящим проветриванием по мере развития пожара образуется высокая температура выше очага пожара, а при нисходящем проветривании возникает угроза опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии. При угле наклона выработки более 30° падающие горящие предметы создают опасность травмирования людей, работающих ниже очага пожара. Большая скорость вентиляционной струи в наклонных выработках способствует быстрому развитию пожаров и распространению огня как вверх, так и в смежные выработки промежуточных горизонтов (сбойки, просеки, печи и ходки). При возникновении пожаров в уклонах, бремсбергах и других наклонных выработках создается угроза заполнения продуктами горения значительной сети горных выработок и отравления работающих в них людей.

Вентиляционный режим при пожарах в наклонных выработках должен, прежде всего, обеспечить безопасный выход людей с аварийного и угрожаемых участков, а также исключить возможность самопроизвольного опрокидывания вентиляционной струи. Для этого производят реверсирование или закорачивание вентиляционной струи через расположенные выше или ниже очага выработки, а также обеспечивают устойчивость проветривания за счет увеличения подачи воздуха в наклонную выработку. "Нулевой" режим проветривания в этих условиях не допускается.

В выработках с восходящим проветриванием при пожарах обычно сохраняют существующее направление вентиляционной струи и уменьшают подачу воздуха установкой перемычки или закрытием противопожарных дверей ниже очага пожара.

При пожаре в наклонной выработке с нисходящим проветриванием должны быть приняты меры по предотвращению самопроизвольного опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии путем увеличения сопротивления параллельных вентиляционных ветвей, повышения депрессии и производительности вентилятора главного проветривания. Если воздух движется вниз по двум параллельным наклонным выработкам и между ними имеются сбойки, то в последних, в целях повышения устойчивости проветривания, должны быть возведены перемычки.

Если расчетным путем установлено, что опрокидывание вентиляционной струи предотвратить невозможно, необходимо в планах ликвидации аварий предусматривать для этого случая местное или общешахтное реверсирование вентиляционной струи в аварийной выработке.

Если угроза опрокидывания вентиляционной струи возникает в ходе тушения пожара, люди, работающие по его ликвидации, отводятся в безопасное место и принимаются меры по установлению устойчивого проветривания.

Тушение пожара в наклонной выработке с углом наклона более 20° независимо от направления движения воздушной струи осуществляется путем дистанционного воздействия на очаг пожара огнетушащими веществами (пена, инертные газы, порошки, разбрызгиваемая вода). При этом следует выбирать кратчайшие пути подхода к очагу пожара (из параллельных выработок, сбоек и т.п.).

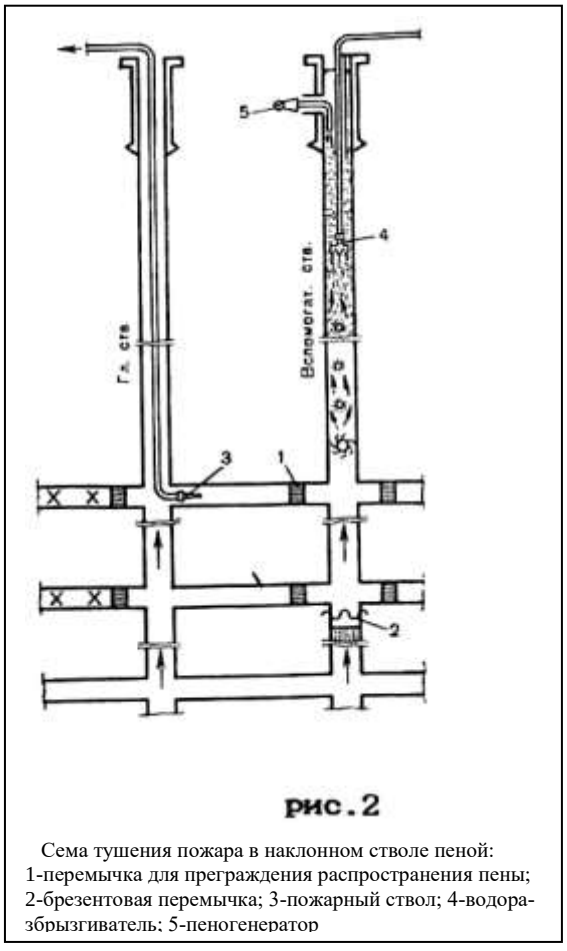


рис.2

Сема тушения пожара в наклонном стволе пеной: 1-перемычка для преграждения распространения пены; 2-брезентовая перемычка; 3-пожарный ствол; 4-водораздбрызгиватель; 5-пеногенератор

Тушение пожара в наклонной выработке непосредственным воздействием на очаг горения сверху допускается только при отсутствии опасности опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии.

При направлении отделения сверху в наклонную выработку запрещается закрывать противопожарные двери в аварийной выработке.

Тушение пожара в наклонной выработке непосредственным воздействием на очаг горения снизу допустимо при условии, если выработка проветривается снизу-вверх и отсутствует опасность травмирования горноспасателей в результате падения горящих предметов, обрушившихся пород и др. или принятия мер по его предотвращению.

При наличии в наклонной выработке канатной откатки принимаются меры по фиксации подъемных сосудов на верхней и нижней приемных площадках.

Тактика тушения пожаров в наклонных выработках определяется главным образом характером развития пожара и углом наклона выработки.

Наиболее эффективным и безопасным способом тушения пожаров в наклонных выработках следует считать заполнение их воздушно-механической пеной, подаваемой сверху-вниз независимо от направления вентиляционной струи. Пример такого метода тушения изображен на рисунке 2. При значительной скорости восходящего потока воздуха необходимо снизить ее до 2-3 м/с закорачиванием струи или возведением временных перемычек, которые позволяют не только сократить расход воздуха, но также исключить утечку пены вниз по уклону или в выработки промежуточных горизонтов.

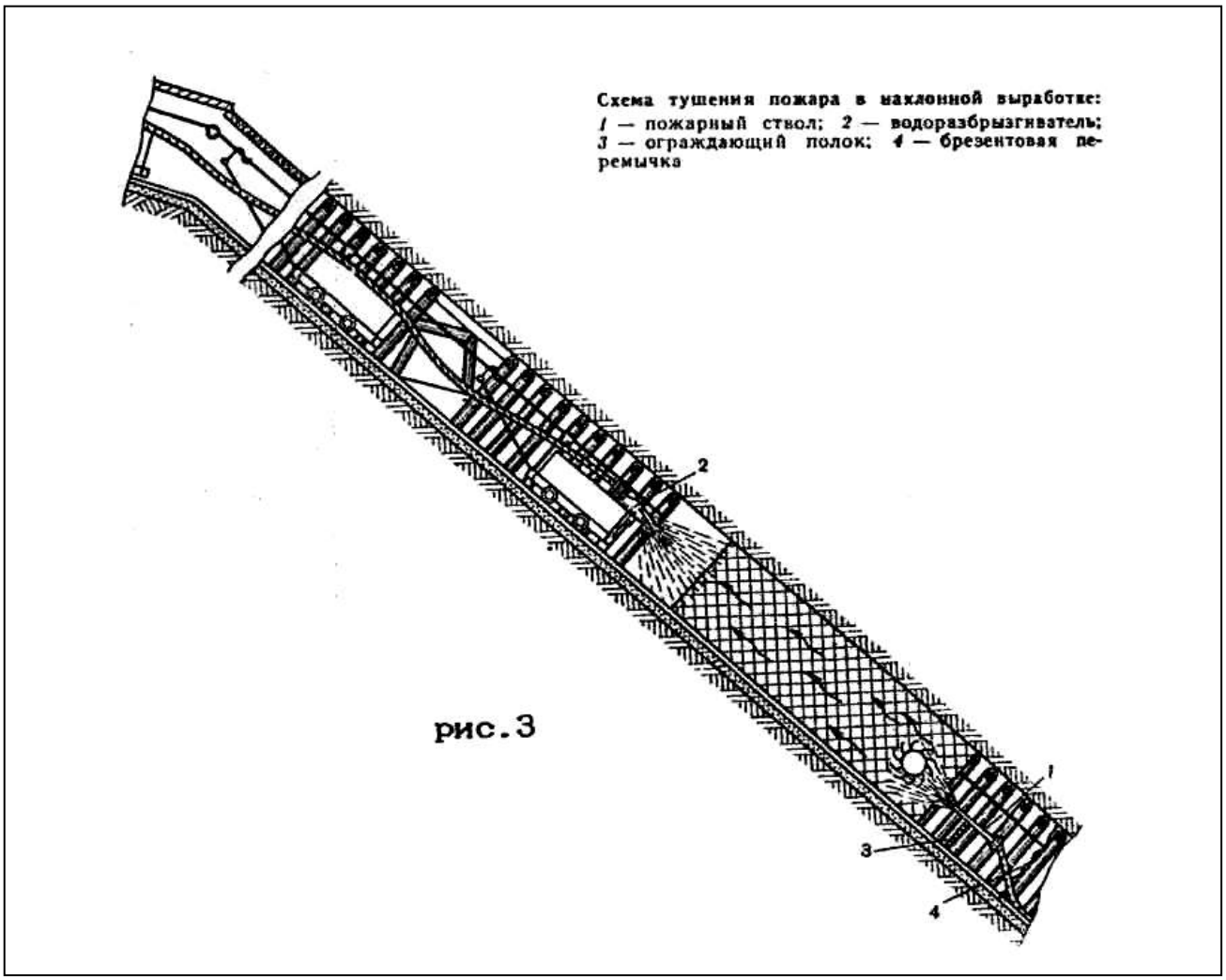


рис.3

Тушение пожаров в наклонных выработках часто осуществляется по схеме, изображенной на рисунке 3, при этом учитывается возможность сочетания дистанционного способа тушения или распространения пожара водой с непосредственным воздействием на очаг огнегасительными средствами.

Если пожар принял угрожающие размеры, а применяемые огнегасительные средства не оказывают эффективного воздействия, следует

принять меры поизоляции наклонной выработки или всего аварийного участка.

Тушение пожаров на ленточных конвейерах

При горении конвейерной ленты в первую очередь принимаются меры посокращению количества воздуха до минимально возможного по газовому фактору.

Независимо от размеров и характера пожара принимаются меры по локализации пожара (установка водяных завес, уборка горючих элементов крепи, разрыв ленты и т.п.) и доставке к месту пожара и введению в действие мощных средств пожаротушения (генераторы инертных газов, порошковые установки При тушении и локализации пожара в наклонной конвейерной выработке принимаются меры по предотвращению травмирования людей и распространения пожара вследствие обрыва и скатывания конвейерной ленты вниз.

С момента возникновения пожара в конвейерной выработке ответственный руководитель ликвидации аварии обязан принять меры по увеличению подачи воды к местам тушения очагов в целях компенсации ее расхода на работу установок автоматического пожаротушения.

Тушение пожаров в горизонтальныхвыработках и камерах

Пожары в горизонтальных выработках имеют свои особенности:

- при пожарах в штреках, квершлагах и других горизонтальных выработках прямое тушение очагов огнегасительными средствами, как правило, возможно лишь со стороны свежей струи воздуха;
- в случае выгорания в выработке крепи и наличия неустойчивых пород кровли могут происходить завалы, затрудняющие тушение пожара, и нарушение нормальных режимов проветривания аварийного участка, что приводит к накоплению горючих газов в пожарном участке до опасных концентраций;
- значительная протяженность штреков и большие скорости вентиляционного потока исключают возможность прямого тушения очагов пожара со стороны исходящей струи, если эти очаги находятся на больших расстояниях (сотни метров) от пересечения штреков с выработками, по которым идет свежий воздух;
- при пожаре в откаточном или вентиляционном штреках создается угроза распространения огня в лаву, а также в выработанное пространство через печи, скаты, гезенки;
- в случае возникновения пожара на вентиляционном штреке активное его тушение со стороны свежей струи воздуха затрудняется из-за сложности доставки пожаротушащих средств через лаву, а со стороны исходящей струи – из- за высокой температуры и сильной задымленности.

При тушении пожаров в штреках, квершлагах и других горизонтальных выработках, расположенных на общей поступающей вентиляционной струе крыла или шахты, а также в выработках добычных участков установленный

вентиляционный режим должен способствовать затуханию пожара и позволять эффективно вести работы по локализации пожара с обеих сторон. Чтобы подойти к очагу пожара со стороны исходящей струи для его локализации водяной завесой или возведения изолирующей перемычки, применяют местное реверсирование вентиляционной струи на участке. После выполнения работ на исходящей из пожара струе восстанавливается нормальное проветривание.

Тушение пожаров в горизонтальных выработках осуществляется со стороны поступающей струи путем непосредственного или дистанционного воздействия на очаг огнегасительными средствами. Для предотвращения распространения огня по выработкам на его пути необходимо устанавливать водяные завесы, сооружать огнепреградительные перемычки или по возможности создавать противопожарные разрывы, а также маневрировать вентиляционной струей.

Когда потушить пожар в горизонтальной выработке со стороны свежей струи воздуха невозможно, тушение необходимо производить с противоположной стороны, предварительно реверсировав вентиляционную струю.

Реверсирование вентиляционной струи должно осуществляться после вывода людей и принятия мер по предупреждению распространения пожара в выработке, по которой после реверсирования будут выходить продукты горения.

При пожаре в выработках околоствольного двора с поступающей в шахту струей воздуха необходимо произвести реверсирование или закорачивание вентиляционной струи, чтобы не допустить распространения продуктов горения на рабочие участки. При пожаре в выработках околоствольного двора на исходящей струе воздуха сохраняется нормальное направление вентиляционной струи с уменьшением расхода воздуха, поступающего к очагу пожара.

Пожары могут распространяться не только по выработке, в которых они возникли, но и проникать в погашенные выработки, в закрепное пространство и другие труднодоступные места. Для предотвращения этого устанавливаются водяные завесы и принимаются другие меры.

При пожарах в выработках и камерах околоствольного двора во избежание распространения огня по шахте необходимо закрыть противопожарные двери околоствольного двора. Однако если закрытие дверей приведет к нарушению вентиляционного режима, установленного планом ликвидации аварий, закрывать их категорически запрещается.

При отсутствии возможности непосредственного тушения пожара его тушат дистанционно порошково-пенными и другими средствами, используя для этого передвижные огнетушители УП-250,УП-500 и установки "Вихрь", ППУ и др.

Применение установки "Вихрь" в выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, наиболее эффективно при расходе воздуха в них до 600 метров кубических в минуту и скорости вентиляционной струи от 1,5 до

2 м/с. Расход порошка должен быть не менее 2,5 кг/с. Эффективность действия установки "Вихрь" при подаче огнетушащего порошка П-2АП в спутный вентиляционный поток зависит от сечения выработки и скорости проходящего по ней воздуха и не превышает 50-60 м.

Тактика тушения пожара при использовании установки ППУ следующая. Первоначально огнетушащим порошком дистанционно гасится пламя, затем тушение оставшихся очагов и охлаждение выработки производится воздушно-механической пеной. При этом тонкодисперсный порошок подают в течение 15-20 минут с расходом не менее 4-5 кг/с, а воздушно-механическую пену - до окончания охлаждения выработки (расход пены 8-10 кубов в сек.).

При тушении пожара, распространившегося в закрепное пространство, в обрушенные породы и другие труднодоступные места, следует использовать пеногенераторы эжекционные типа ПЭК, устройство УЛЭП-2 или устройство УИП.

При тушении пожаров в ***камерах***в зависимости от их назначения руководитель горноспасательных работ и командиры исполнители заданий обязаны предусмотреть проведение следующих мероприятий:

- со складов взрывчатых материалов вынести ВМ, в первую очередь детонаторы. Если это сделать невозможно по каким-либо причинам, то необходимо закрыть противопожарные двери склада и удалиться в безопасное место;
- в лебедочных камерах для предупреждения обрыва канатов в уклонах и бремсбергах от нагрева закрепить грузовую и порожняковую ветви ниже очага пожара;
- в депо аккумуляторных электровозов для предупреждения взрыва водорода прекратить зарядку аккумуляторов, усилить вентиляцию или изменить ее направление и своевременно удалить батареи из камеры.

При тушении ВВ следует применять распыленную воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применение песка и кошмы запрещается.

ушить горящие элементы электровозных батарей необходимо в защитных очках на случай разбрызгивания электролита. Тушение батареи производится огнетушащими порошками, песком, инертной пылью.

Горящие жидкости тушат огнетушащим порошком, пеной, песком, инертной пылью или распыленной водой.

Тушение горящих кабелей, электродвигателей, пускателей и другого электрооборудования осуществляется после отключения электроэнергии. Тушение оборудования, находящегося под напряжением, допускается только огнетушащими порошками, песком или инертными газами.

Тушение пожаров в надшахтных зданияхи вертикальных выработках

К наиболее значительным осложнениям могут привести пожары ***в надшахтных зданиях*** воздухоподающих стволов, так как продукты горения в таких случаях с поступающей в шахту вентиляционной струей разносятся по выработкам, угрожая людям отравлением.

Первоочередными мероприятиями при возникновении пожара в надшахтном здании воздухоподающего ствола являются: реверсирование вентиляционной струи по всей шахте, перекрытие устья ствола противопожарными лядами для предупреждения распространения в шахту огня и продуктов горения, а также быстрое сосредоточение и ввод в действие сил и средств для ликвидации пожара. Если по ходу тушения требуется его локализация, то необходимо удалить из помещения все горючие материалы, а также закрыть и уплотнить все имеющиеся двери и окна в горящем помещении, чтобы предотвратить поступление воздуха к очагу пожара.

Тушение пожара в отдельных изолированных помещениях при отсутствии безопасного подхода может быть произведено эффективно с помощью воздушно-механической пены средней кратности, подаваемой пеногенераторами. Для предупреждения образования пылевоздушных взрывчатых смесей нельзя открывать на длительное время двери и окна, а также подавать компактные струи воды из пожарных стволов в места скопления пыли. При тушении пожара в сильно запыленном помещении необходимо смыть и увлажнить осевшую пыль распыленной струей воды.

При пожаре в ***здании вентиляторной установки*** возникает угроза выхода из строя вентилятора, что может привести к изменению режима проветривания шахты. Кроме того, появляется возможность проникновения продуктов горения в шахту при нормальной работе других вентиляторов. При пожаре в вентиляционных каналах возможно распространение огня в смежные горные выработки (стволы, шурфы, вентиляционные сбойки и др.).

Первоочередными мероприятиями по спасению находящихся в шахте людей и локализации пожара в этих условиях являются перевод на реверсивную работу других вентиляторов, закрытие шибера, изолирующего вентиляционный канал от здания вентилятора, перекрытие ляд или противопожарных дверей в устье стволов и шурфов и быстрейшее тушение пожара.

Запрещаются остановка аварийного вентилятора и вскрытие вентиляционного канала, шейки ствола или шурфа до установления устойчивого вентиляционного режима,исключающего попадание продуктов горения в шахту. Необходимо принять меры по предупреждению распространения огня в смежные выработки. Для тушения пожара применяются вода, пенные и порошковые огнетушители и установки, воздушно-механическая пена средней кратности и др.

В процессе тушения пожара принимаются меры по защите электродвигателя вентилятора, контрольной, измерительной и пусковой аппаратуры и оборудования. В вентиляционном канале для локализации пожара со стороны ствола, шурфа или сбойки устанавливают водоразбрызгиватели, удаляют горящие материалы и возводят временные и постоянные изоляционные и противопожарные перемычки. Подачу воздушно-механической пены производят при остановленном вентиляторе через устье канала вентилятора с предварительным перекрытием канала со

стороны шурфа, ствола или вентиляционной сбойки брезентовой или дощатой перемычкой.

При пожарах в ***вертикальных стволах*** с поступающей вентиляционной струей первоочередным и важным мероприятием, обеспечивающим спасение находящихся в шахте людей, является быстрейшее реверсирование вентиляционной струи, а при невозможности реверсирования - закрытие пожарных ляд в устье ствола, пожарных и вентиляционных дверей в околоствольном дворе, остановка вентилятора или закорачивание вентиляц следует учитывать направле образующуюся при пожаре. І воздуха направление вентиля

Независимо от направ очагов пожаров в вертикалы или из выработок вышележа струю воды или воздушно- околоствольных выработках принимают меры по тушени

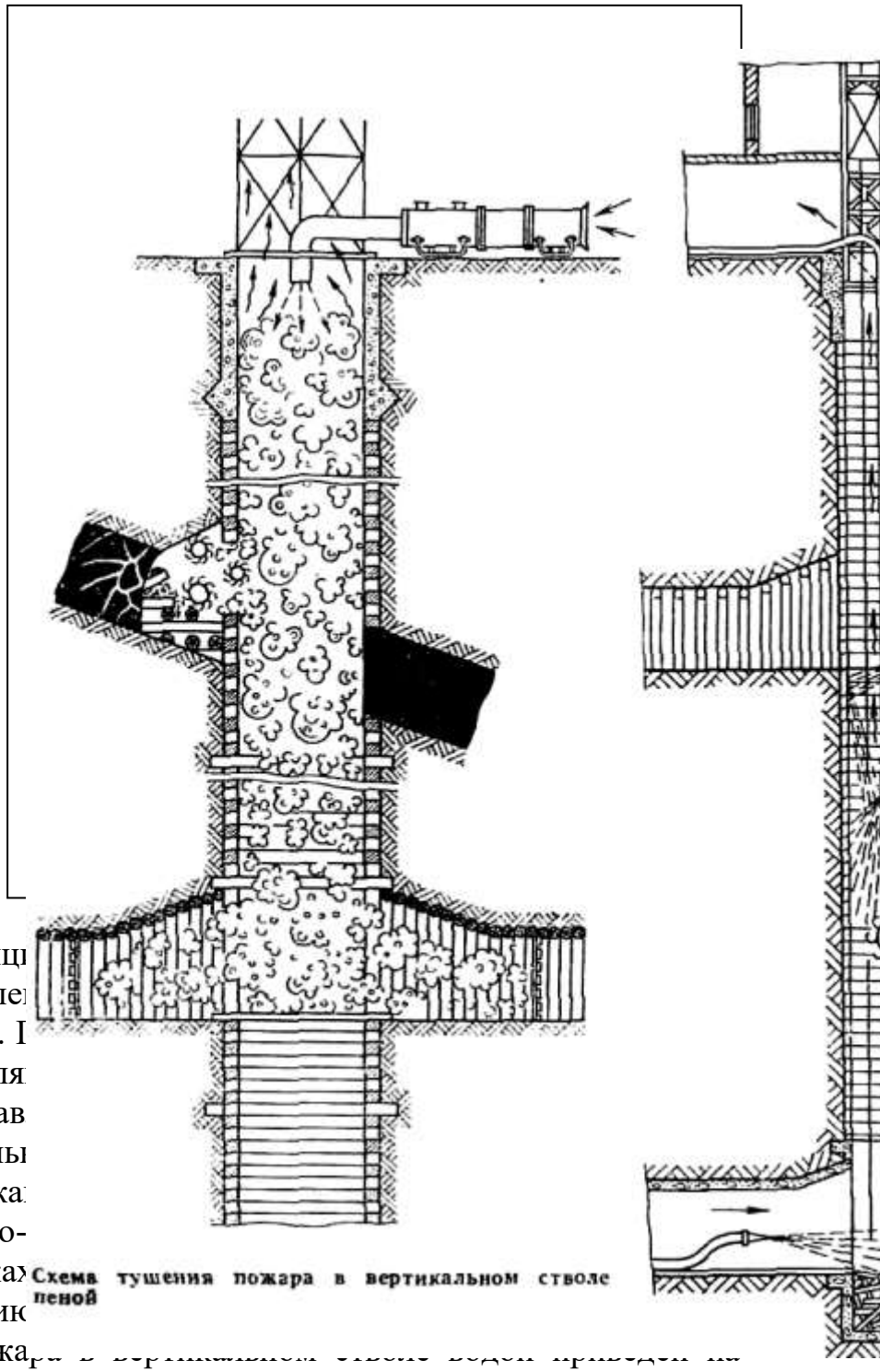


Схема тушения пожара в вертикальном стволе пеной

Пример тушения пожа рисунке 5.

Наиболее простым, безопасным и эффективным средством дистанционного тушения пожаров в вертикальных выработках является воздушно-механическая пена, помощью которой можно быстро заполнить объем ствола (рис.4). Свободно проникая за крепь, в трещины и щели, пена хорошо смачивает и охлаждает горящую крепь и раскаленные боковые породы. Пену в ствол следует подавать высокопроизводительными установками с максимальной интенсивностью для быстрейшего заполнения объема горящей части ствола. После этого поддерживается столб пены в течение 5-6 часов до полного исчезновения признаков горения.

В вертикальных и крутых выработках при пожарах за счет тепловой депрессии обычно устанавливается восходящий поток пожарных газов. При его скорости более 2 м/с пена высокой кратности не может перемещаться вниз под действием собственной массы, поэтому перед подачей необходимо снизить скорость восходящего потока до 1,0-1,5 м/с путем перекрытия выработки полком или временной перемычкой. Пена средней кратности, имеющая большую плотность, может перемещаться под действием собственной массы сверху вниз при скорости восходящего потока воздуха 2-2,5 м/с. Если горящая выработка заполнена пеной, но ее разрушение происходит медленно, снижается пожаротушащий и охлаждающий эффект. В этом случае следует уменьшить содержание пенообразователя в водном растворе до 1,5-3%, чтобы снизилась устойчивость пены. Быстрое разрушение пены ускорит охлаждение очага пожара и стенок выработки.

Посылка отделений ВГСЧ в вертикальные выработки для тушения пожаров запрещается, за исключением случаев, когда есть полная уверенность в безопасности этих работ для исполнителей.

При пожаре в надшахтном здании ствола, находящегося в проходке, когда подходы к застигнутым аварией людям отрезаны пожаром, все силы ВГСЧ и пожарной команды должны быть направлены на тушение пожара для быстрейшего проникновения к людям.

При пожарах в надшахтных зданиях, стволах и других вертикальных выработках должны быть осуществлены меры, предотвращающие обрыв канатов и подъемных сосудов.

При пожарах в копрах башенного типа первое отделение направляется в помещение копра для вывода людей, а второе - на тушение пожара.

Тушение пожаров воколоствольных выработках

Пожары в околоствольных выработках с деятельной вентиляционной струей отличаются быстрым развитием. В результате возникает угроза распространения зоны горения к стволу, складу взрывчатых материалов, электроподстанциям, насосным и другим машинным камерам, выход из строя которых может привести к осложнению аварии. Кроме того, создается угроза распространения продуктов горения по всем выработкам шахты и отравления ими людей. Вместе с тем имеющаяся в околоствольных дворах разветвленная сеть выработок обеспечивает возможность подхода к очагу пожара с нескольких сторон, а наличие достаточного запаса воды в пожарных трубопроводах и водосборниках позволяет эффективно тушить пожар.

Первоочередным мероприятием при пожаре в околоствольных выработках с входящей вентиляционной струей, направленным на спасение находящихся в шахте людей, является реверсирование вентиляционной струи. Остановку главного вентилятора можно допускать только при устойчивом совпадении естественной тяги воздуха с исходящей струей.

При пожарах в околоствольных выработках с исходящей струей воздуха, как правило, сохраняется ее нормальное направление с уменьшением подачи воздуха.

Тушат пожар в этих выработках активным способом, охлаждая очаги пожара водой со стороны поступающей струи воздуха с одновременной установкой водяных завес на всех путях возможного распространения огня. Первоочередные усилия направляются на защиту основных объектов (ствола, электроподстанции, насосной, склада ВМ и др.), а также на предупреждение проникновения огня за бетонную крепь.

Если пожар проник за бетонную крепь, то в ней пробивают отверстия, через которые при помощи поворотных пожарных стволов и водоструйных пик подают в закрепное пространство воду или воздушно-механическую пену под давлением и тушат пожар. Следует иметь в виду, что вскрытие бетонной крепи, особенно в нескольких местах, способствует поступлению воздуха к очагам, что содействует активизации горения.

Тушение пожаров в лавах

При пожарах в лавах имеются следующие особенности:

- в лавах на пластах с углом падения более 30° подход к очагу пожара снизу, как правило, невозможен из-за угрозы травмирования людей падающими горящими предметами и обрушившейся породой;
- тушение пожаров в лавах на тонких пластах мощностью менее 0,6 м трудно осуществимо, а иногда и невозможно ввиду отсутствия необходимого подхода
- к очагу в респираторах;
- в лавах с высокой газообильностью в случае нарушения проветривания возможны вспышки и взрывы метано-воздушной смеси, что значительно осложняет ход ведения горноспасательных работ;
- выгорание крепи в лаве при наличии слабых пород кровли приводит к обрушению, что затрудняет тушение пожара и содействует его распространению в выработанном пространстве.

При тушении пожаров в лавах применяется, как правило, нормальный вентиляционный режим. Тушение пожара в лавах с углом падения до 30° обычно производится снизу вверх, воздействием на очаги огнегасящим порошком из установки "Вихрь" и компактными струями воды из пожарных стволов. Одновременно с этим для предотвращения выхода огня на вентиляционный штрек на сопряжении его с лавой или вблизи нее (5-15 м) устанавливают водяную завесу.

Если угол падения пласта более 30° тушение возникшего в лаве пожара следует производить со стороны вентиляционного штрека с применением пожаротушащих средств дистанционного воздействия (воздушно-механическая пена средней кратности и др.) Вода при этом может подаваться через устанавливаемые вверху лавы водоразбрызгиватели.

В случае если пожар осложнился завалом без нарушения режима проветривания аварийного участка, следует приступить к проведению обходных выработок по целику или обрушенным породам для окружения очага пожара и предупреждения его распространения в выработанное пространство. При наличии в лаве взрывоопасной угольной пыли перед

началом тушения развившегося пожара необходимо обеспечить тщательную обработку огнегасящим порошком лавы и прилегающих выработок.

Во всех случаях тушения пожаров активным способом для предотвращения ожогов и теплового травмирования респираторщиков в результате парообразования запрещается:

- подача воды в очаг, когда на исходящей из очага пожара струе воздуха выполняется разведка или другие работы;
- подача водяной струи в центр очага горения при непосредственном тушении пожаров в тупиковых забоях, камерах и других слабо проветриваемых выработках.

Допускается подача воды в очаг пожара из водоразбрызгивателей, стволов или пожарных пик, установленных стационарно при условии отсутствия людей вблизи очага и на исходящей струе воздуха.

Для предотвращения обильного парообразования и возможного при этом взрыва водорода струю воды следует направлять не в центр очага, а по периферии для постепенного снижения температуры очага пожара.

Выемка пожарных очагов

К выемке пожарных очагов обычно прибегают при тушении подземных пожаров, возникающих от самовозгорания угля в выработанном пространстве, в надштрековых целиках угля и в других труднодоступных местах на тонких пологих и крутых пластах.

Такой пожар, как правило, обнаруживается по появлению продуктов горения в рудничной атмосфере горных выработок, а предполагаемое место его возникновения определяется проведением специальной газовой съемки, т.е. последовательным набором и анализом проб воздуха в наиболее характерных точках выработок по специально разработанному плану. После того как наиболее вероятная зона пожара установлена, проводят серию скважин или горных выработок, а затем такими же выработками оконтуривают зону пожара, а горящий уголь и породу охлаждают водой и выгружают в вагонетки или размещают в свободных местах.

На пластах средней мощности, когда в зоне пожара угольный пласт и боковые породы сильно нарушены, успешное тушение пожара может быть достигнуто подачей воды с помощью водоструйных пик, забиваемых в обрушенную породу. Количество забиваемых пик определяется размером очага пожара и зависит от наличия воды, подаваемой к месту пожара.

При выпуске горящие массы в шахтных вагонетках тщательно охлаждаются водой, а их выпуск по возможности регулируют так, чтобы не допустить воспламенение деревянных элементов крепи. Работающие по тушению таких пожаров должны находиться со стороны запасного выхода из выработки со свежей струей воздуха, чтобы не оказаться отрезанными при внезапном просыпании больших масс горящего угля и породы или внезапном обрушении кровли.

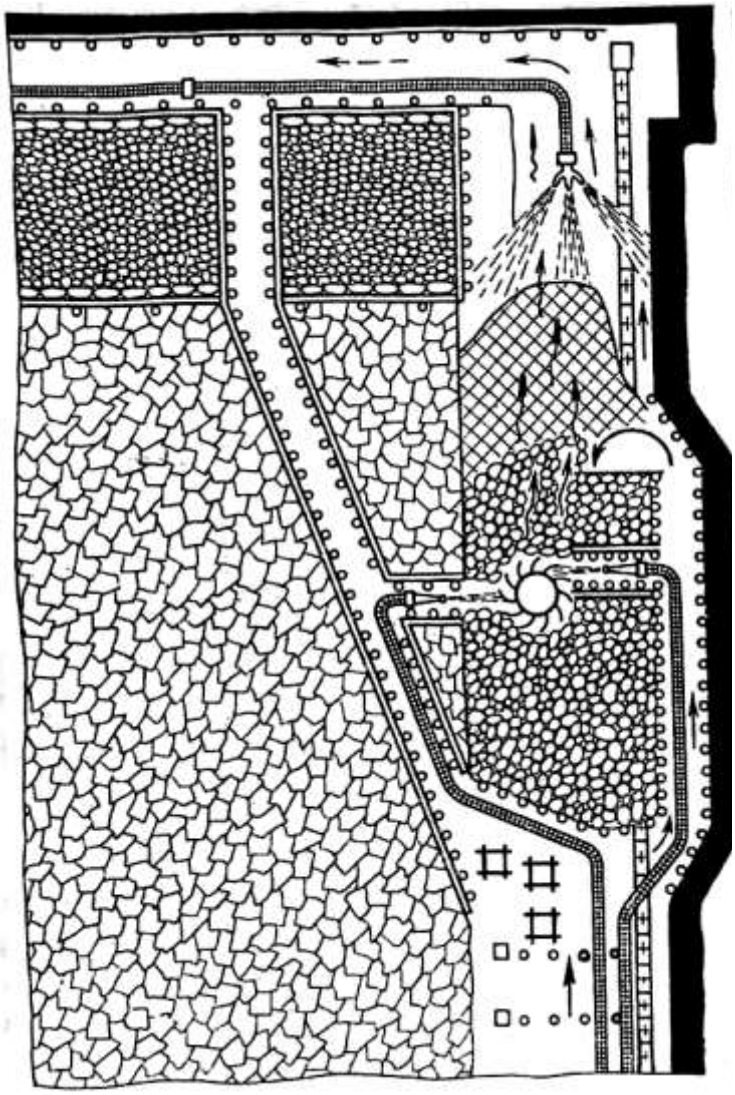


Рис.6

Нельзя заходить в тупиковую часть таких выработок без твердой уверенности в невозможности прогорания крепи сверху и внезапного обрушения пород.

На рисунке 6 приведена характерная схема тушения пожара активным способом выемки горящих масс в очистном забое пологого пласта. В этих условиях пожары обычно тушат со стороны поступающей вентиляционной струи. Чтобы огонь не распространился вверх по лаве и не вышел на вентиляционный штрек, устанавливают водяную завесу выше очага пожара или на сопряжении лавы с указанным штреком. Для этого реверсируют вентиляционную струю.

Если возникший в лаве пожар осложнился завалом, то принимают меры к предотвращению распространения горения в выработанное пространство. Для оконтуривания пожара в таких случаях от нижней границы завала через выработанное пространство на вентиляционный штрек проводят диагональную печь, а вдоль забоя лавы - присечку по углю до верхней границы завала. После этого приступают к проведению выработок по завалу по направлению к очагу пожара для его ликвидации.

При пожарах в очистных забоях обычно породу от проведения выработок не выгружают, а раскладывают в свободных местах лавы.

Во всех случаях ведения работ по активному тушению пожара возникает необходимость в прокладке рукавных линий для подачи огнетушащих веществ к очагу горения. При этом необходимо соблюдать основные ***правила прокладки рукавных линий.***

К месту пожара выкидные рукава доставляются уложенными в двойные скатки. Рукав складывается вдвое и туго скатывается, начиная с

места сгиба по направлению к гайкам. Прокладка рукавной линии осуществляется с руки и ведется обычно от насоса (источника водоснабжения) в сторону очага пожара. Порядок действия личного состава отделения при этом определен "Наставлением по тактико-технической подготовке рядового и командного состава ВГСЧ".

Если выкидная линия огибает остро выступающие предметы, под рукав следует подкладывать специальные седла для создания плавных переходов.

При наличии в выработке рельсовых путей и необходимости перехода через них рукавную линию следует прокладывать, продев один из рукавов под рельсы между шпалами. Во избежание повреждения линии ее необходимо подвешивать выше габарита подвижного состава.

При прокладке рукавной линии необходимо не допускать перекручивания или перегибов ее. За этим необходимо следить постоянно, просматривая линию во время подачи воды.

При наличии тройников их следует устанавливать как можно ближе к очагу пожара. Для прокладки главной магистрали нужно пользоваться рукавами большого диаметра и более прочными по сравнению с ответвлениями.

По возможности необходимо избегать пересечения выкидных линий, чтобы не создавать излишних трудностей при маневрировании с ними. В случае одновременного применения новых и старых рукавов первые из них располагаются непосредственно у насоса, так как они лучше выдержат первоначальное, болеевысокое давление.

При прокладке рукавной линии по крутым и вертикальным выработкам ее необходимо укреплять проволокой за полугайки к крепи.

Подавать воду в проложенную рукавную линию необходимо плавно до полного заполнения водой. Во время подачи воды линейному (обычно респираторщик N 2) постоянно следить за поступлением воды и исправностью рукавной линии и при ее повреждении устранять, используя приспособления сумки линейного.

После применения пожарные рукава должны быть вычищены и хорошо просушены.

При возникновении пожара в шахте, особенно экзогенного, в горных выработках, примыкающих к очагу пожара, нарушается тепловой режим. Значительные его нарушения происходят при пожарах в наклонной или вертикальной выработке. В этом случае появляется дополнительная тяга - ***тепловая депрессия.*** Она в зависимости от места возникновения пожара и его развития может достигнуть значительных размеров.

В связи с тем, что тепловая депрессия постоянно направлена вверх по восстанию выработки, она не всегда совпадает с депрессией вентилятора главного проветривания.

Опрокидывание воздушной струи в пожарной выработке с нисходящим проветриванием может произойти под действием тепловой депрессии, когда ее значение превысит критическое. Критической называется депрессия, создаваемая вентилятором главного проветривания в аварийной выработке в

момент прекращения поступления в нее воздуха из-за противодействия тепловой депрессии.

При пожаре в выработке с восходящим движением воздуха под действием тепловой депрессии может опрокинуться вентиляционная струя в параллельной выработке.

Опрокидывание вентиляционной струи под действием тепловой депрессии не произойдет, если критическая депрессия будет больше тепловой.

Величина тепловой депрессии рассчитывается различными способами.

Критическая депрессия для каждой наклонной выработки с нисходящим проветриванием должна определяться заблаговременно при составлении плана ликвидации аварии. Ее можно определить опытным путем или моделированием.

Сравнивая величины тепловых и критических депрессий для каждой наклонной выработки, можно сделать вывод об устойчивости проветривания или возможности опрокидывания вентиляционной струи при пожарах в этих выработках и предусмотреть в плане ликвидации аварий соответствующие меры и режимы проветривания.

Основными способами предотвращения самопроизвольного опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии являются увеличение сопротивления параллельных вентиляционных ветвей, повышение депрессии и производительности вентилятора главного проветривания.

Тушение пожаров способомизоляции пожарных участков

Если возникший пожар невозможно потушить активным способом путем непосредственного или дистанционного воздействия на очаг огнетушащими веществами (скорость распространения горения превышает скорость тушения имеющимися средствами) или очаг пожара недоступен и возможно взрывоопасное скопление метана и попадание его к очагам горения, пожар необходимо изолировать.

Изоляция пожарных участков, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, заключается в сооружении перемычек во всех примыкающих к нему выработках. Способ тушения пожаров изоляцией следует считать эффективным, если в изолированном пространстве в районе горения будет достигнуто содержание кислорода воздуха, при котором прекращается горение горючих материалов (для угля 2%).

Тип и конструкция изоляционных сооружений определяются оперативным планом ликвидации аварии.

Изоляционные сооружения

Шахтные перемычки классифицируются: по сроку службы - на временные и постоянные; по материалу, из которого они изготовлены - на парусные, надувные, глинобитные, чураковые, кирпичные, бетонитовые, брусчатые, бетонные, пенопластовые и др.; по назначению - на изоляционные, пульпоупорные, водоупорные, фильтрующие,

вентиляционные, взрывоустойчивые; по конструкции – на глухие, с лазами (проемами), врубовые, безврубовые, с "рубашками", усиленные контрфорсами.

Временные перемычки (парусные, дощатые, надувные) применяют для сокращения поступления воздуха на пожарный участок с целью снижения интенсивности горения.

В качестве ***парусной*** перемычки может быть использована любая ткань или синтетическая пленка, обладающая достаточной воздухонепроницаемостью и механической прочностью. Такие перемычки имеются в арсенале ВГСЧ и берутся отделениями на ликвидацию пожаров.

Для навески парусной перемычки в выработке выбирается рама деревянной крепи, наиболее плотно прилегающая к боковым породам. В выработках, закрепленных бетоном, железобетонной или другой монолитной крепью, для возведения парусной перемычки возводится рама деревянной крепи. В выработке, закрепленной металлической крепью, парусная перемычка закрепляется с помощью деревянных клиньев, забиваемых между рамой и затяжкой.

Тема 5. Средства индивидуальной защиты горноспасателей.

Респираторы изолирующие регенеративные

Респираторы изолирующие регенеративные со сжатым кислородом предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания человека от воздействия непригодной для дыхания атмосферы при выполнении горноспасательных и технических работ в угольных шахтах, в т. ч. опасных по газу метану и пыли, рудниках и карьерах.

Для этих целей в основном используются респираторы Р-30 4-х часового строка защитного действия, являющиеся рабочими, и респираторы Р-34 2-х часового защитного срока действия, являющиеся вспомогательными. В спасательных частях находят применение и иные модели респираторов отечественного и зарубежного производства (Р-30М, Р-30Е и др.).



*Рис 1.***Респиратор Р-30** (рабочий)



Рис.2. **Респиратор Р-34** (вспомогательный)

Респираторы Р-30 и Р-34 (рис. 1 и рис. 1) не имеют принципиальных конструктивных отличий в большинстве узлов (блок кислородораспределительный, система шланговая, клапан избыточный, капилляр с манометром, вентиль баллона и ряд других), отличия заключаются только в объеме патрона ХП-И и кислородного баллона, поэтому в настоящем разделе они рассматриваются совместно.

Респираторы Р-30 и Р-34 обеспечивают надежную изоляцию органов дыхания человека в атмосфере, содержащей в отдельности или в сочетаниях следующие газы CO – до 10 %; SO2 – до 2%; H2S – до 1 %; NO2 - до 1 %; CO2 – до 40 %; CH4 – до 100 %; O2 от 0 до 21 %; N2 – до 100 %; а также угольную (породную) пыль – до 10 г/м3. За условный эквивалент максимальной концентрации сочетания вредных газов, при которой допускается работа в респираторе, принято содержание CO, равное 10 %.

Таблица 1. Технические характеристики респираторов Р-30 и Р-34

Показатели	Значения	
	Р-30	Р-34
Гарантированное время защитного действия при работе средней тяжести, температуре окружающей среды (25±1) °С и атмосферном давлении (100±2) кПа (750±15 мм рт.ст.), ч, не менее	4	2
Давление в баллоне, МПа (кгс/см^2)	20(200)	20(200)
Запас кислорода, л, не менее	400	200
Масса поглотителя химического известкового (ХП-И), кг, не менее	2	1,6
Подача кислорода в систему респиратора, л/мин: - постоянная - легочно-автоматическая при давлении в баллоне от 20 до 2МПа (от 200 до 20 кгс/см^2), не менее	 1,4±01 70	 1,4±01 70
- аварийным клапаном (байпасом) при давлении в баллоне от 20 до 3 МПа (от 200 до 30 кгс/см^2),не менее	60-150	60-150
Вакуумметрическое давление, при котором открывается клапан легочного автомата при отсосе из системы респиратора 10 л/мин.	200±100 (20±10)	200±100 (20±10)
Избыточное давление, при котором открывается избыточный клапан, Па (мм вод.ст.)	200±100 (20±10)	200±100 (20±10)
Полезная вместимость дыхательного мешка, л, не менее	5 (4,5)	5 (4,5)
Габаритные размеры, мм:	450х375х165	460х340х140
Масса респиратора в снаряженном виде без охлаждающего элемента, лицевых частей и крышки холодильника, кг	11,6	9,0

Защитные свойства регенеративного респиратора основаны на восстановлении (регенерации) газового состава воздуха для обеспечения нормального дыхания человека.

Процесс регенерации состоит из двух фаз: очистка выдыхаемого воздуха от углекислого газа (оксида углерода) посредством химического поглотителя известкового (ХП-И) и добавления к нему недостающего кислорода из баллона респиратора. В респираторах Р-30 и Р-34 применена круговая схема циркуляции воздуха.

Схема действия респираторов Р-30 (Р-34) и их устройство представлены на рис. 3.

Респиратор Р-34 может быть укомплектован приставкой для проведения искусственной вентиляции легких пострадавшему, включенному в респиратор, в том числе и в непригодной для дыхания атмосфере.

В респираторе Р-34 может применяться шлем-маска.

Техническое обслуживание

Виды и периодичность проверки респиратора

Проверку респираторов выполняют:

- при постановке на боевой расчет;
- во время эксплуатации: после каждой его разборки для переснаряжения; после годовой ревизии;
- после ремонта или замены составных частей;
- в случаях, когда время хранения в состоянии ожидания применения превышает установленный период (более одного месяца).

Примечание: к респираторам, находящимся в ожидании применения,

относятся резервные респираторы и респираторы оперативного состава, находящегося в отпусках, командировках или отсутствующего по болезни.

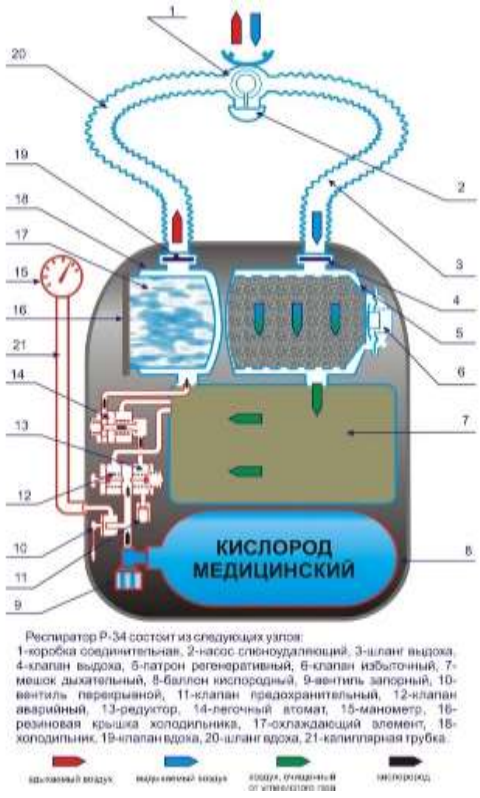


Рис. 3. **Схема респиратора Р-34**

Проверка респираторов в сборе включает:

- внешний осмотр;
- проверку с помощью контрольного прибора УКП-5 или индикаторе ИР;
- субъективную (беглую).

При внешнем осмотре проверяют целостность гофрированных шлангов, дыхательного мешка, состояние патрубков клапанных и мундштучной коробки, исправность носового зажима, головного гарнитура, противодымных очков, защитного чехла загубника. Проверяют надежность крепления баллона, холодильника, патрона, исправность замков корпуса и т. д.

При постановке на боевой расчет нового изделия проверяют его комплектность и наличие документации, а также наличие пломб, клейм и т. д.

Перед проверкой на контрольном приборе (индикаторе) необходимо провести проверку герметичности кислородоподающей системы (баллона с вентилем, кислородораспределительного блока, капилляра с манометром) с помощью тлеющего фитилька или нанесения мыльной эмульсии на места согласно руководству по эксплуатации (или погружением в чистую воду) при открытом вентиле баллона.

Основные показатели, определяющие исправность и работоспособность респиратора проверяются на соответствие нормам

технической документации с помощью контрольного прибора (индикатора).

С помощью приборов осуществляют проверку следующих эксплуатационных показателей:

- герметичность воздуховодной системы респиратора при давлении и разрежении;
- постоянная подача кислорода;
- давление, при котором открывается избыточный клапан;
- разрежение, при котором открывается легочный автомат;
- работоспособность насоса слюноотсасывателя;
- подача кислорода легочным автоматом;
- подача кислорода аварийным клапаном (байпасом);
- давление открытия предохранительного клапана.

Все виды проверок на контрольных приборах проводят в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации конкретного типа респиратора и прибора.

Субъективной проверке без приборов подвергается герметичность дыхательных клапанов и подача кислорода легочным автоматом и байпасом. Кроме того, проверяют герметичность кислородоподающей системы, исправность перекрывного вентиля магистрали манометра, давление кислорода в баллоне по манометру и исправность всех составных частей респиратора.

Разновидностью субъективной проверки является беглая проверка респиратора перед спуском в шахту и заходом отделения в загазованную атмосферу. При этом проверяется герметичность респиратора, работа легочного автомата, аварийного и избыточного клапанов, запас кислорода, исправность сигнального устройства, наличие вспомогательных принадлежностей.

Проверка респираторов (Р-30, Р-34) с помощью контрольного прибора УКП-5

Контрольный прибор подготавливается к проверке в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Затем загубник или маску респиратора присоединяют к контрольному прибору, как указано на рис. 1.5.

Для проверки герметичности системы респиратора при избыточном давлении выключают избыточный клапан с помощью приспособления, предотвращающего его срабатывание. Устанавливают в приборе рычаг КЛАПАН в положение ОТКР., маховичок КР – в положение МАНОМЕТР, а маховичок КЭ – в положение НАГНЕТ. Маховичок ПОТОК должен быть повернут в сторону МЕНЬШЕ до упора, а верхний штуцер манометра-реометра открыт. Вентиль кислородного баллона прибора открывают и, плавно вращая маховичок ПОТОК в сторону БОЛЬШЕ, создают в системе респиратора давление, равное 800 Па (80 мм вод. ст.). После этого быстро переводят рычаг КЛАПАН в положение ЗАКР. Маховичок ПОТОК поворачивают в сторону МЕНЬШЕ до упора.

Если давление в системе респиратора оказалось больше заданного, его уменьшают до необходимого значения с помощью клапана СБРОС. При

установившемся в системе респиратора давлении включают секундомер и наблюдают за уровнем жидкости в трубке манометра-реометра. Давление за одну минуту не должно снизиться больше, чем на 50 Па (5 мм вод. ст.).

Подачу кислорода редуктором и герметичность кислородоподающей системы проверяют следующим образом. Сохраняя прежнее положение органов управления на панели контрольного прибора и не снимая приспособления, предотвращающего срабатывание избыточного клапана, переводят маховичок КР прибора в положение РЕОМЕТР и открывают вентиль баллона в проверяемом респираторе (проверку подачи кислорода устройствами респиратора необходимо проводить при полностью открытом вентиле кислородного баллона).

Время, в течение которого в трубке манометра-реометра устанавливается мениск жидкости, используют для проверки герметичности всех соединений кислородоподающей системы респиратора тлеющим фитильком или мыльной пеной. При этом не должно быть утечки кислорода. После того, как мениск жидкости в измерительной трубке установится, по шкале манометра-реометра проверяют постоянную подачу. При давлении в баллоне (20 ± 1) МПа мениск должен установиться в пределах зоны, ограниченной указательными стрелками.

При проверке на срабатывание избыточного клапана, сохраняя прежнее положение органов управления на панели прибора, из респиратора удаляют приспособление, предотвращающее срабатывание избыточного клапана. Затем в приборе переводят маховичок КР в положение МАНОМЕТР, закрывают крышку респиратора и при наличии постоянной подачи кислорода редуктором по шкале манометра-реометра определяют давление, при котором открывается и работает избыточный клапан. Это давление должно быть равным (20 ± 10) Па.

При проверке на срабатывание легочного автомата переводят в приборе рычаг КЛАПАН в положение ОТКР., а маховичок КЭ – в положение ОТСОС. Вращая маховичок ПОТОК в сторону БОЛЬШЕ, создают поток воздуха 10 л/мин (определяется по расходомеру) и следят за мениском жидкости по шкале манометра-реометра. Срабатывание легочного автомата определяют при установившемся вакуумметрическом давлении (200 ± 100) Па (20 ± 10 мм вод. ст.). После снятия показаний маховичок ПОТОК поворачивают в сторону МЕНЬШЕ до упора.

Проверяют подачу кислорода легочным автоматом, для чего создают поток воздуха 70 л/мин, при этом вакуумметрическое давление (разряжение) не должно превышать 500 Па.

Для проверки герметичности системы респиратора при вакуумметрическом давлении, сохраняя прежнее положение органов управления на панели прибора, закрывают вентиль баллона в респираторе. Вращая маховичок ПОТОК прибора в сторону БОЛЬШЕ, в системе респиратора создают вакуумметрическое давление 800 Па (80 мм вод. ст.) и быстро переводят рычаг КЛАПАН в положение ЗАКР. Поворачивают маховичок ПОТОК в сторону МЕНЬШЕ до упора. Если при этом давление

оказалось больше необходимого, его уменьшают, перепуская воздух с помощью клапана СБРОС. Затем включают секундомер и по шкале манометра-реометра наблюдают за уровнем жидкости. Давление за одну минуту не должно повыситься больше чем на 50 Па (5 мм вод. ст.).

Для проверки насоса слюноотсасывателя, сохраняя вакуумметрическое давление в респираторе, нажимают 3-4 раза на грушу насоса. Если давление увеличивается, насос слюноотсасывателя исправен. По окончании проверки респиратор отсоединяют от прибора.

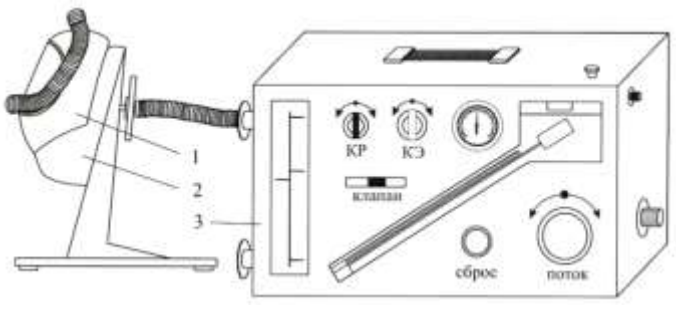
При проверке герметичности перекрытия капиллярной трубки открывают вентиль баллона, закрывают перекрывной вентиль магистрали манометра, затем вентиль баллона закрывают и через байпас выпускают кислород из кислородоподающей системы. Наблюдают за показанием манометра респиратора. Давление за одну минуту не должно снизиться больше, чем на 2,0 МПа. После проверки перекрывной вентиль снова открывают.

Положение органов управления при проверке респираторов приведено в табл. 2.

Таблица 2. Положение органов управления при проверке респираторов

Вид операции	Положение органов управления на панели			
	КЛАПАН	КР	КЭ	ПОТОК
Нагнетание воздуха в систему	Откр.	Манометр	Нагнет.	Больше
Отсасывание воздуха из системы	Откр.	Манометр	Отсас.	Больше
Измерение герметичности при избыточном давлении	Закр.	Манометр	Нагнет.	Меньше
Измерение герметичности при вакуумметрическом давлении	Закр.	Манометр	Отсас.	Меньше
Измерение расхода реометром	Закр.	Реометр	Нагнет.	Меньше
Измерение потока, поступающего через штуцер расходомера	Закр.	Любое	Отсас.	Меньше
Отсасывание воздуха через штуцер расходомера	Закр.	Любое	Отсас.	Больше
Нерабочее состояние	Откр.	Манометр	Любое	Меньше

Корректировка фактического расхода кислорода в зависимости от температуры и перепада давления в месте измерения проводится по тарировочному графику (таблицам) согласно инструкции по эксплуатации.



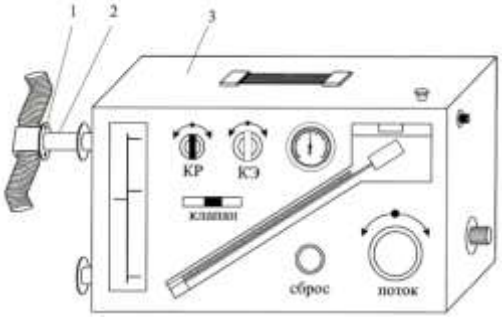


Рис. 4. Схема подсоединения респиратора с маской к УКП-5
1 – панорамная маска; 2 – приспособление ПМ;
3 – прибор УКП-5

Индикатор готовят к работе в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Затем загубник или маску респиратора присоединяют к индикатору, как показано на рис. 6 и рис. 7.

Для проверки герметичности системы респиратора при избыточном давлении включают избыточный клапан, устанавливают переключающий кран индикатора в положение «+», нажимают на кнопку КЛАПАН до отказа, ручным насосом создают в системе респиратора такое давление, при котором стрелка контрольного устройства выходит за конечную риску зоны «Г», и отпускают кнопку КЛАПАН. Перепуская воздух из системы респиратора с помощью кнопки КЛАПАН, доводят давление до такого значения, при котором стрелка установится на конечной риске зоны «Г». Затем включают секундомер и наблюдают за стрелкой контрольного устройства. В течение одной минуты стрелка не должна выйти за нижний предел зоны «Г».

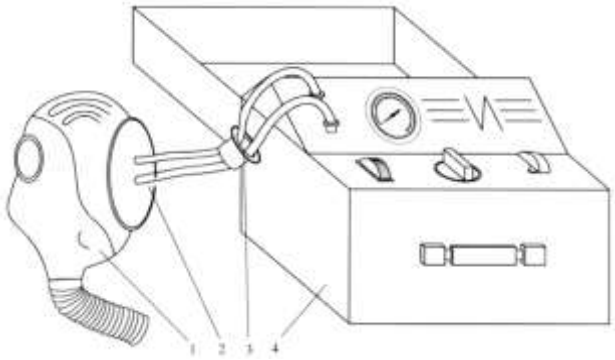


Рис. 6. Схема присоединения респиратора со шлем-маской к индикатору ИР
1 – шлем-маска; 2 – приспособление для проверки шлем-маски; 3 – фланец овальный присоединительный; 4– индикатор ИР

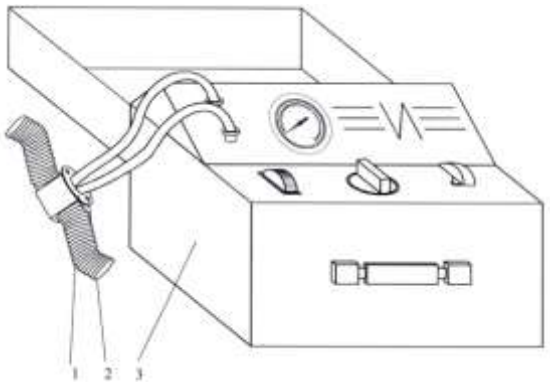


*Рис. 7.***Схема присоединения респиратора с загубником к индикатору ИР**
1 – загубник; 2 – фланец овальный присоединительный; 3 – индикатор ИР со шлем-

При проверке герметичности кислородоподающей системы и подачи кислорода редуктором, не удаляя из респиратора приспособление, предотвращающее срабатывание избыточного клапана, переключающий кран индикатора переводят в положение «Д» и открывают вентиль баллона респиратора. Герметичность всех соединений кислородоподающей системы респиратора проверяют тлеющим фитильком или мыльной пеной. Утечек кислорода не должно быть. Установившаяся стрелка контрольного устройства показывает величину постоянной подачи кислорода. При давлении в баллоне (20±1) МПа стрелка должна находиться в пределах зоны «Д».

При проверке на срабатывание избыточного клапана его освобождают от приспособления. Переключающий кран индикатора устанавливают в положение «+», закрывают крышку респиратора и, при наличии постоянной подачи кислорода, определяют давление, при котором открывается и работает избыточный клапан. Стрелка контрольного приспособления должна находиться в пределах зоны «С».

При проверке на срабатывание легочного автомата нажимают кнопку

КЛАПАН индикатора до отказа, переводят переключающий кран в положение «-» и с помощью насоса отсасывают воздух из системы респиратора, наблюдая за показанием стрелки контрольного устройства, которая должна установиться в пределах зоны «С». После проверки отпускают кнопку КЛАПАН.

Для проверки герметичности системы респиратора при вакуумметрическом давлении, переключающий кран индикатора ставят в положении «-», закрывают в респираторе вентиль баллона. Нажимают на кнопку КЛАПАН до отказа и с помощью насоса создают в системе респиратора такое вакуумметрическое давление, при котором стрелка контрольного устройства выйдет за конечную риску зоны «Г», после чего отпускают кнопку КЛАПАН. Слегка нажимая ее, доводят давление в системе респиратора до такой величины, при которой стрелка контрольного устройства устанавливается против конечной риски «Г». Включают секундомер и наблюдают за стрелкой контрольного устройства. В течение одной минуты стрелка не должна выйти за нижний предел зоны «Г».

Проверки насоса слюнособирательницы и герметичности перекрытия капиллярной трубки осуществляют аналогично проверкам с помощью прибора УКП-5.

Особенности проверок респираторов, укомплектованных панорамными и шлем-масками

Панорамными масками укомплектованы респираторы Р-30, шлем-масками укомплектованы респираторы Р-34. Данные лицевые части респираторов присоединяются к приборам при помощи приспособлений: панорамная маска – герметизирующим диском или устройством ПМ; шлем-маска – при помощи герметизирующего диска с хомутом.

Панорамную маску проверяют на исправность оголовья и разговорного устройства.

При субъективной проверке дыхательных клапанов панорамную маску прижимают к лицу, а шлем-маску выворачивают и прижимают горловиной ко рту.

Годовая ревизия респиратора

Годовая ревизия респиратора (сервисное обслуживание) производится в специализированном предприятии. Перед отправкой респиратора в специализированное предприятие он должен быть в чистом состоянии, освобожденным от ХП-И патроном и пустым кислородным баллоном.

Порядок и объем производства годовой ревизии респиратора (сервисного обслуживания) должен производится в соответствии технического регламента, включающего в себя: разборку респиратора на детали и узлы; осмотр деталей и узлов с последующей их дефектовкой; заменой изношенных деталей и узлов новыми и исправными; настройку рабочих параметров респиратора; метрологическое обеспечение. При этом не должны снижаться требования норм и допусков, установленных заводскими инструкциями по эксплуатации респиратора,в течении гарантийного срока его эксплуатации.

Для текущего ремонта и восстановленияизделийвоздуховодной системы и фурнитуры респиратора собственными силами в каждом подразделении должен быть комплект запасных частей, перечень и количество которых определяется командиром отряда.

Проверка составных частей респиратора

Проверка составных частей респираторов, а также запасных баллонов, патронов и холодильников производится при их ремонте и годовой ревизии.

Проверку массы рабочего регенеративного патрона и холодильника на соответствие нормам, указанным в инструкции, следует проводить после снаряжения их, а также раз в месяц, если аппарат не применялся.

Проверка запасных регенеративных патронов, холодильников и баллонов производится один раз в месяц. Проверяется наличие пломб на ящике для хранения, состояние и плотность набивки патронов.

Проверяется срок годности баллонов и давление в них.

Производится годовое обслуживание (ревизия) запорного вентиля баллона в подразделении ВГСЧ или в специализированном предприятии.

Проверяются условия хранения охлаждающих элементов, их готовность к применению. Элемент считается негодным, если после извлечения его из контейнера из него выльется более 50 г воды. Подробное описание порядка снаряжения холодильников приведено в руководствах (инструкциях) по эксплуатации конкретного типа респиратора.

Критерии пригодности основных деталей респиратора

Воздуховодная система

Дыхательный мешок считается годным, если он герметичен, выворотные фланцы и резиновая трубка хорошо увязаны, резина, из которой он изготовлен, не имеет признаков старения (трещин, потертостей, вздутий, кратеров от выкрошившихся твердых частиц и т.п.), допускается не более 2 заплат.

Регенеративный патрон пригоден для дальнейшей эксплуатации, если он исправен и герметичен, имеет не более трех вмятин глубиной до 3 мм размером 10-15 мм, резьба и поверхности прилегания уплотнительных колец не имеют забоин и рисок, сетки перегородок не имеют порывов и плотно приварены к рамкам.

Холодильник пригоден к дальнейшей эксплуатации, если он герметичен, имеет не более трех вмятин глубиной до 3 мм размером 10-15 мм, резьбы и поверхности прилегания уплотнительных колец и крышки не имеют рисок и забоин.

Клапан избыточный пригоден к дальнейшей эксплуатации при обязательной замене мембраны и обратного (грибкового) клапана, если клапан не имеет рисок и забоин, торец резиновой подушки цел и не имеет рисок и дефектов.

Клапаны дыхательные при годовой ревизии подлежат обязательной замене.

Дыхательные шланги пригодны к дальнейшей эксплуатации, если они герметичны (в сборе с соединительной коробкой, и мундштучным

приспособлением); прочно увязаны на патрубках вдоха и выдоха соединительной коробки; не имеют потертостей и отслоений тканевой оболочки от резиновой основы, а также признаков старения резины; резьбы гаек и поверхности прилегания уплотнительных колец не имеют забоин и рисок.

Соединительная коробка с мундштучным приспособлением пригодна к дальнейшей эксплуатации, если она герметична (в сборе с дыхательными шлангами); места прилегания резиновых колец (прокладок) не имеют забоин и рисок; ремешки для крепления оголовья не имеют трещин и порывов; винт обеспечивает надежное крепление лицевой части с соединительной коробкой; торцевая поверхность и кромка соединительного винта в месте прилегания выбрасывающего резинового клапана не имеет рисок, забоин и налипших частиц; резиновые детали не имеют признаков старения.

Шлем-маска (при наличии) пригодна к дальнейшей эксплуатации, если она герметична и резина не имеет порывов, трещин, расслоений и признаков старения; целы элементы крепления с соединительной коробкой и стекла (отсутствуют трещины, расслоения, не нарушена прозрачность).

Дыхательная маска (при наличии) пригодна к дальнейшей эксплуатации, если она герметична, резина корпуса, подмасочника и оголовья не имеет порывов, трещин, расслоений и не потеряла эластичность; целы пряжки, кнопки (в том числе места их крепления) и панорамное стекло (отсутствуют трещины, расслоения, не нарушена прозрачность).

Кислородораспределительная система

Баллон с вентилем пригоден к дальнейшей эксплуатации, если он герметичен, имеет исправный вентиль, не содержит влаги и продуктов коррозии. При открытии вентиля из штуцера баллона, установленного вертикально горловиной вниз, на белой бумаге, закрепленной на вертикальной стенке на расстоянии 10-15 мм против штуцера, не появляются следы влаги и ржавчины (давление кислорода в баллоне должно быть 15-20 МПа (150-200 кгс/см2).

Запрещается заполнять кислородом баллоны, краска и надписи на которых не соответствуют «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», на которых отсутствуют необходимые клейма, с истекшим сроком испытания, с неисправным вентилем, с поврежденным корпусом или нарушенной окраской.

К повреждениям корпуса баллона относятся: сильная коррозия, трещины, вмятины, вздутия, раковины и риски глубиной более 0,2 мм, а также износ резьбы горловины.

Неисправностями вентиля баллона являются: износ резьбы для присоединения баллона к ножке моноблока; изгиб или поломка шточка; образование глубокой кольцевой вмятины во фторопластовой вставке клапана; не открывается клапан при вращении маховичка; утечка кислорода через клапан и сальниковую гайку; не вращается маховичек вентиля. Шток с перкой пригоден к дальнейшей эксплуатации, если его торцевая и цилиндрическая поверхности, с которыми контактирует прокладка, гладкие и

не имеют царапин и забоин; не искривлены и целы перка и ось; вращение штока с перкой в собранном вентиле происходит свободно, без заеданий.

Гайка сальника пригодна к дальнейшей эксплуатации, если ее торцевая и цилиндрическая поверхности, с которыми соответственно контактируют прокладки, гладкие и не имеют царапин и забоин; грани шестигранника не сорваны.

Прокладка Р30.03.006 (указана классификация завода – изготовителя) пригодна к дальнейшей эксплуатации, если она монолитна, размер по высоте не менее 1,5 мм, отсутствуют риски, порывы, расслоения, порезы и вкрапления металлических и др. твердых частиц.

Прокладка Р30.03.05 пригодна к дальнейшей эксплуатации, если отсутствуют порывы, порезы (в том числе от кромки гайки сальника при предыдущих ее закручиваниях), размер по высоте не менее 1,2 мм.

Клапан Р30.03.120 пригоден к дальнейшей эксплуатации, если цела резьба и не нарушена запрессовка фторопластовой вставки; глубина кольцевой канавки на торце не превышает 0,2 мм и в ней отсутствуют царапины, вырывы и вкрапление инородных частиц.

Ранец и подвесная система

Подвесная система, поясной ремень и амортизатор, плечевой амортизатор пригодны к дальнейшей эксплуатации, если отсутствуют порывы кожи и значительное коробление, обеспечено надежное крепление к дюралюминиевому щитку.

Ранец пригоден к дальнейшей эксплуатации, если он обеспечивает надежное крепление всех узлов респиратора, не имеет более четырех вмятин глубиной до 5 мм размером до 25 мм, которые не исправляются рихтовкой.

Замена запасных частей

Замена составных частей производится по результатам дефектации. Величина износа отдельных составных частей респиратора зависит от ряда причин, в том числе:

- от длительности и интенсивности эксплуатации респиратора и воздействия на него внешних факторов;

- от вида материала детали респиратора.

Наиболее подвержены быстрому износу резинотехнические и резинотканевые изделия (кольца прокладочные, уплотняющие, лепестки клапанов, мембраны) по причине естественного «старения» материала.

В процессе постоянной нагрузки наблюдается «проседание» и потеря упругости у пружин.

Все запасные части, используемые для замены, должны иметь клеймо ОТК завода-изготовителя или должны быть упакованы в полиэтиленовый пакет с документом, подтверждающим их качество. Вновь используемые запасные части должны быть того завода-изготовителя, который производит выпуск респираторов.

При годовой ревизии респиратора резиновые уплотнительные кольца (прокладки) необходимо заменить новыми. Снятые резиновые уплотнительные кольца (прокладки) - утилизировать.

Демонтаж составной части для замены или ремонта должен производиться с помощью инструментов, исключающих повреждение деталей, особенно посадочных мест под уплотнительные кольца и прокладки. Если нормальная разборка не возможна (сорвана резьба, смяты грани гаек, коррозионное и температурное схватывание деталей и т.п.) допускается разрушение или частичное повреждение составной части для достижения разборки с последующей заменой ее составной частью.

Перечень деталей, подлежащих обязательной замене при проведении годовой ревизии респираторов Р-30 и Р-34 указан в табл. 3.

Таблица 3. Перечень деталей, подлежащих обязательной замене при проведении годовой ревизии респираторов Р-30 и Р-34

Методы обнаружения и устранения наиболее характерных неисправностей респиратора

№ п/п	*Наименование*	*Обозначение*	*Норма на одну операцию*
1.	Кольцо	Р30.05.011	1
2.	Клапан	Р30.05.006	1
3.	Кольцо	Р30.05.004	1
4.	Кольцо	Р30.05.003	1
5.	Клапан	Р30.05.002	1
6.	Клапан дыхательный	Р12.00.01.000	2
7.	Клапан	Р30.03.120	1
8.	Прокладка	Р30.03.105	1
9.	Прокладка	Р30.03.106	1
10.	Фильтр	Р30.02.030	
11.	Клапан редукционный	Р30.02.060	1
12.	Седло клапана л/а	Р12.02.10.000	1
13.	Фильтр-сетка	Р12.02.00.004	1
14.	Мембрана	Р12.02.04.000	1
15.	Мембрана	Р30.02.040	1
16.	Мембрана с диском	Р12.02.11.000	1
17.	Мембрана	Р30.02.015	1
18.	Кольцо уплотнительное	Р12.02.00.038	1
19.	Фильтр редуктора	Р30.02.050	1
20.	Мембрана	Р30.02.005	3
21.	Прокладка	Р30.00.205	1
22.	Кольцо	Р30.00.203	1
23.	Кольцо прокладочное	Р12.05.00.003	2
24.	Клапан грибковый	Р30.00.504	1
25.	Мембрана	Р30.00.520	1

Обнаруженные при (полной, беглой) проверке или годовой ревизии неисправности респиратора устраняются с использованием инструмента и принадлежностей комплектов респиратора и контрольного прибора УКП-5. Неисправности, связанные с потерей герметичности респиратора при избыточном давлении, могут устраняться с последующей проверкой на индикаторе ИР.

Негерметичность респиратора при избыточном давлении

При обнаружении негерметичности респиратора, местá и причины неисправности определяются при избыточном давлении 800 Па (80 мм вод. ст.) с выключенным избыточным клапаном в следующей последовательности:

Проверяется надежность соединения респиратора с контрольным прибором, в том числе соединение овального штуцера прибора с загубником респиратора, шлем-маски или дыхательной маски с соответствующим приспособлением.

Подтягиваются незначительным усилием накидные гайки резьбовых соединений воздуховодной системы респиратора и, в случае отрицательного результата по показаниям прибора, последовательно осматриваются в указанных соединениях прокладки. Каждый раз после осмотра уплотнений очередного соединения в системе респиратора восстанавливается нормируемое избыточное давление и по показаниям прибора оценивается результат. Негерметичность устраняется путем замены прокладок в соединениях.

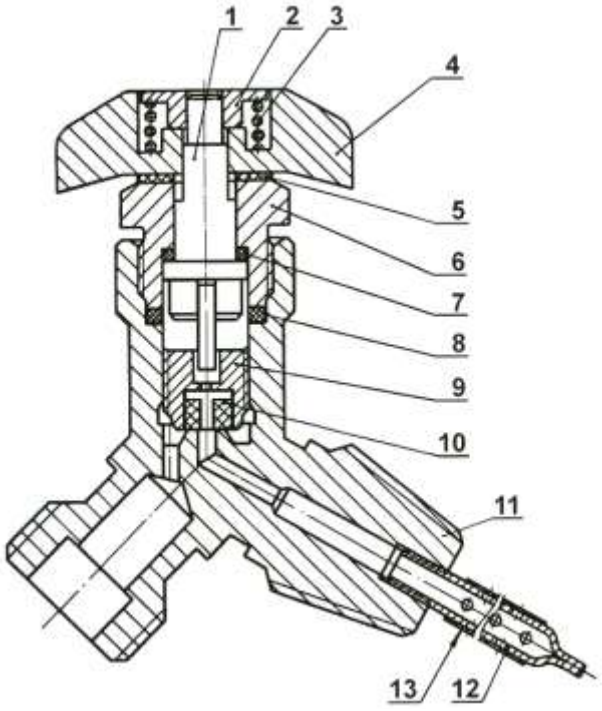


Рис. 8. Запорный вентиль баллона
1 - шток; 2- гайка; 3 – пружина; 4 – маховик; 5- прокладка; 6 – гайка сальниковая; 7, 8 – прокладки; 9 – клапан; 10 – вставка фторопластовая; 11 – корпус вентиля; 12 – фильтр; 13 – сетка

В случае неудовлетворительных результатов поиска мест негерметичности от моноблока респиратора отсоединяется дыхательный мешок и в его накидную гайку ввинчивается заглушка, воздуховодная система респиратора в сборе, присоединенная к прибору, вынимается из ранца и при нормируемом избыточном давлении погружается в ванну с водой. Место утечки выявляется по выделению пузырьков воздуха. В случае обнаружения дефектов в узлах воздуховодной системы, выполняется их ремонт или замена новыми.

В случае негерметичности соединения панорамного стекла с корпусом дыхательной маски наиболее вероятной причиной является ослабление затяжки обойм. Неисправность устраняется затяжкой винтов обоймы.

При неисправности разговорно-соединительного устройства причиной негерметичности могут быть повреждения разговорной мембраны, неправильная установка уплотнительного кольца или старение его резины, а также ослабление прижимного усилия резьбового кольца. Неисправности устраняются подтяжкой резьбового кольца, заменой разговорной мембраны или уплотнительного кольца.

Если при предыдущих проверках причины потери герметичности в воздуховодной системе респиратора не обнаружены, проверяется наличие возможной утечки через сальниковое уплотнение запорного вентиля баллона (гайка 6, прокладки 7 и 8, рис. 8). Для проверки воздуховодная система респиратора в собранном виде помещается в ранец респиратора, дыхательный мешок присоединяется к моноблоку и в респираторе (при закрытом вентиле баллона и отключенном избыточном клапане) создается нормируемое избыточное давление. Утечка может быть выявлена по образованию пузырьков воздуха при обмыливании штока (1) и гайки сальниковой (6) или при погружении респиратора в воду. В случае обнаружения утечки вентиль баллона разбирается, осматриваются детали сальникового уплотнения и, при необходимости, заменяются прокладки.

Потери герметичности в системе респиратора могут иметь место также в результате утечек в резьбовых соединениях моноблока, манометре и его капиллярной трубки. При закрытом запорном вентиле баллона клапаны редуктора, байпаса и легочного автомата (10, 31, рис. 1.10) находятся в открытом состоянии и при избыточном давлении 800 Па в воздуховодной системе респиратора допустима вероятность потери герметичности в указанных выше узлах кислородоподающей системы.

Для определения места негерметичности при открытом вентиле баллона тлеющим фитильком проверяется резьбовое соединение редуктора, байпаса, легочного автомата и манометра, а также герметичность капиллярной трубки манометра и предохранительного клапана.

При невозможности определить утечку кислорода вышеуказанным способом, вентиль баллона закрывается, моноблок и капиллярная трубка с манометром проверяются при нормируемом избыточном давлении 800 Па (80 мм вод. ст.) по выделению пузырьков воздуха при обмыливании резьбовых соединений или при погружении в воду. В случае обнаружения места утечки выясняется причина, для чего соответствующий узел разбирается, осматриваются уплотнения и при необходимости заменяются новыми.

Негерметичность респиратора при вакуумметрическом давлении

Наиболее вероятными причинами могут быть неисправности вентиля баллона в том числе:

- утечка в соединении вентиля баллона с ножкой входного штуцера кислородораспределительного блока. Для устранения потери герметичности в указанном соединении необходимо отсоединить баллон от респиратора, осмотреть прокладку (3) и при необходимости заменить;
- подпитка кислородом системы респиратора из баллона вследствие негерметичного перекрытия клапаном (9, рис. 8) сопла в корпусе вентиля. Для определения причины негерметичности баллон отсоединяется от кислородораспределительного блока и тлеющим фитильком проверяется (при закрытом запорном вентиле) наличие утечки в соединительном штуцере корпуса вентиля. Допускается определение наличия утечки по выделению пузырьков кислорода при обмыливании или погружении вентиля в воду.

При наличии утечки кислород из баллона должен быть выпущен полностью, запорный вентиль разобран и произведена замена его клапана уполномоченными специалистами;

- подсос воздуха в систему респиратора через сальниковое уплотнение вентиля баллона. Как правило, указанная неисправность выявляется при проверке респиратора избыточным давлением.

Превышение нормируемой величины постоянной подачи кислорода

Наиболее вероятными причинами отклонения являются утечки кислорода через клапанные устройства аварийного клапана, основного клапана легочного автомата или редуктора.

Снижение ниже нормируемой величины постоянной подачи кислорода редуктором

Наиболее вероятной причиной неисправности является засорение дозирующего отверстия или фильтра в канале клапана легочного автомата.

Недостаточная подача кислорода легочным автоматом

Наиболее вероятными причинами неисправности являются засорение фильтра редуктора и (или) фильтра входного штуцера, недостаточная пропускная способность клапанного устройства редуктора или пониженное давление в камере редуктора из-за усадки регулирующей пружины.

Другие типичные случаи неисправности лёгочного автомата

После сборки респиратора может возникнуть самопроизвольная непрерывная работа легочного автомата. Причиной неисправности является отсутствие прокладки или резиновая трубка не надета на трубку в дыхательном мешке. Для устранения неисправности свинчивается накидная гайка дыхательного мешка со штуцера моноблока и проверяется наличие прокладки или одевается трубка.

В случае если, как правило, после сборки моноблока, легочный автомат не срабатывает, причиной неисправности является его неправильная или некачественная сборка. В случае срабатывания легочного автомата при вакуумметрическом давлении более 300 Па (30 мм вод. ст.) или менее 100 Па (10 мм вод. ст.) основной причиной является усадка регулирующих пружин (37 и (или) 19, рис. 10). Для устранения неисправности производится регулировка легочного автомата регулирующей гайкой уполномоченными лицами.

Неисправности избыточного клапана

При открывании и работе избыточного клапана при избыточном давлении в системе респиратора менее 100 Па (10 мм вод. ст.) основными причинами является ослабление регулирующей пружины (5, рис. 1.9.) или попадание частиц ХП-И между клапаном мембраны (2) и резиновой подушкой (8) или между фасонным резиновым кольцом мембраны и донышком (9). Для устранения неисправности избыточный клапан отсоединяется от регенеративного патрона, разбирается и подвергается осмотру мембрана (2), ее клапан (в центральной части) и фасонное кольцо (по окружности) на предмет наличия прилипших частиц ХП-И. Мембрана, резиновая подушка и донышко промываются, просушиваются и после сборки

избыточного клапана проверяются пределы его срабатывания. В случае неудовлетворительных результатов проверки в избыточном клапане заменяется регулирующая пружина (5).

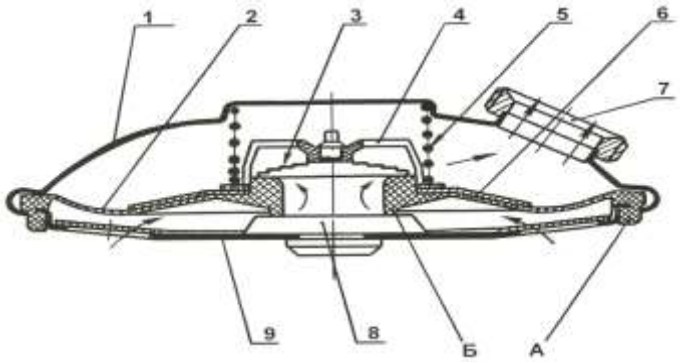


Рис.9. Клапан избыточный
1- корпус; 2- мембрана резиновая; 3- клапан обратный; 4- скоба пластмассовая; 5- пружина; 6-жесткий диск; 7- штуцер; 8- подушка резиновая; 9- донышко; А- кольцо фасонное; Б- клапан

Недостаточная подача кислорода байпасом

Основной причиной неисправности является недостаточная пропускная способность клапанного устройства байпаса. Неисправность устраняется путем замены клапанного устройства.

Неисправности перекрывного вентиля и капиллярной трубки манометра респиратора

Наиболее вероятные причины неисправностей – деформация мембран (7, рис. 10) перекрывного вентиля капиллярной трубки манометра или утечка кислорода в магистрали «капиллярная трубка-манометр».

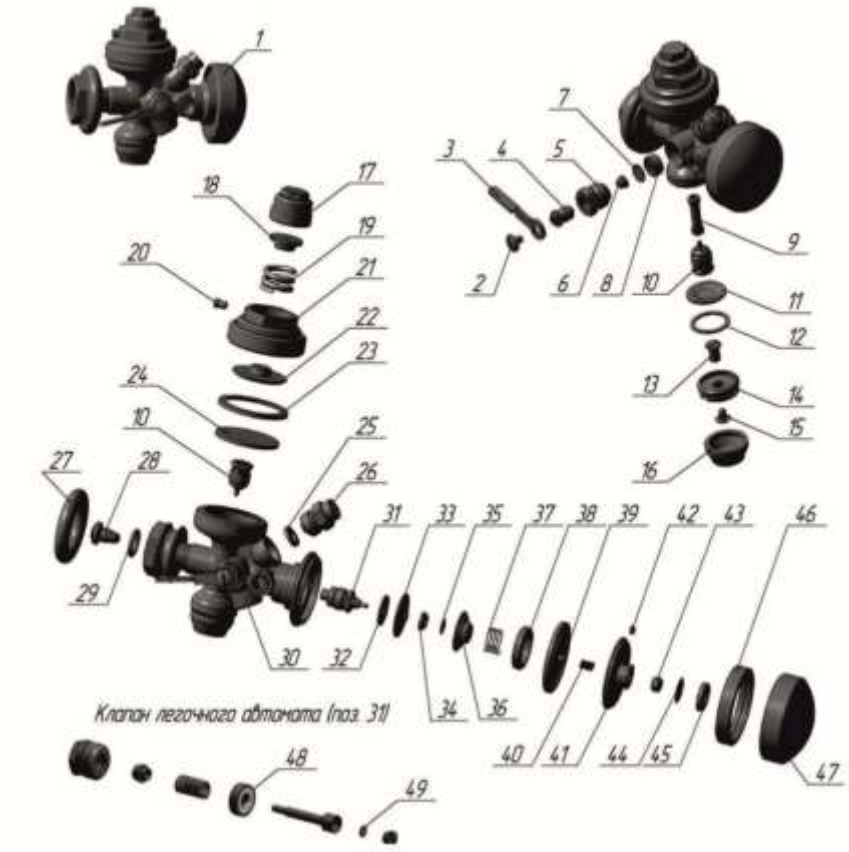


Рис. 1.10. **Блок кислородораспределительный**

1-блок кислородораспределительный; 2-винт; 3-рычаг; 4-шпиндель; 5-гайка; 6-диск; 7-мембрана; 8, 48-седло клапана; 9-фильт редуктора; 10-клапан редукционный; 11-мембрана; 12-шайба; 13-кнопка; 14-гайка; 15-винт; 16-колпак; 17-головка регулирующая; 18-диск центрирующий; 19-пружина регулирующая; 20-винт стопорный; 21-крышка редуктора; 22-диск нажимной; 23-шайба; 24-мембрана с диском; 25-прокладка; 26-клапан предохранительный; 27-кольцо; 28,49-фильтр; 29-кольцо уплотняющее; 30-корпус блока; 31-клапан легочного автомата; 32-шайба; 33-мембрана; 34-гайка; 35-фильтр-сетка; 36-сопло; 37-пружина; 38-

При наличии утечки кислорода в системе «капиллярная трубка-

манометр» давление кислорода по показаниям манометра понижается при открытом вентиле баллона и закрытом перекрывном вентиле. Место негерметичности определяется тлеющим фитильком в соединениях капиллярной трубки с моноблоком респиратора и манометром или непосредственно в манометре. Устранение неисправности достигается подтягиванием резьбовых соединений или заменой прокладок в указанных выше соединениях, а также заменой манометра или капиллярной трубки.

Лицевые части регенеративных респираторов

В регенеративных респираторах применяются три вида лицевых частей СИЗОД: мундштучное приспособление с загубником и носовым зажимом, маска и шлем-маска.



Рис.11.Маска дыхательная «Панорама-Нова» 1 – корпус; 2 – панорамное стекло; 3 – обойма; 4 – стеклоочиститель;5 – мембрана разговорная; 6 – разговорно-соединительное устройство; 7 – подмасочник;

В подразделениях ВГСЧ ФГУП «ВГСЧ» в основном используются дыхательные маски «Панорама Нова» фирмы «Дрегер » (рис. 11), а также находят применение маски отечественного производства ПМ-88М.

Маски «Панорама Нова» выпускаются трех модификаций: Panorama Nova Z, Panorama Nova ZS и Panorama Nova ZST. Они снабжены центральным резьбовым соединением с дыхательными аппаратами.

Панорама Нова Z – маска для дыхательных аппаратов с временем действия до 90 минут.

Панорама Нова ZS и ZST – маски для дыхательных аппаратов с временем действия более 90 минут.

Панорама Нова ZST с телефонным переговорным устройством позволяет поддерживать постоянную связь отделения с КП.

Панорама Нова ZS и ZST снабжены «дворником», который находится внутри маски и приводится в движение рычагом, находящемся на внешней поверхности стекла. Панорама Нова ZST оснащена телефонным устройством, обеспечивающим связь.

Маска типа «Panorama Nova» (рис. 11) состоит из резинового корпуса (1), сферического панорамного стекла (2), закрепленного в корпусе при помощи двух обойм (3). Запотевание стекла устраняется стеклоочистителем (4). Разговорная мембрана (5) уплотнена в гнезде разговорно-соединительного устройства (6) резиновым кольцом и зажимается резьбовым кольцом. В кольцевую проточку устройства (6) установлен подмасочник (7). К воздуховодной системе респиратора маска

присоединяется винтом.

При постановке маски на расчет, после применения, ремонта или замены деталей производится ее помывка теплой водой с мылом и дезинфекция (согласно установленной в подразделениях ВГСЧ технологии).

Сушка маски не должна производиться лучевым теплом (не допускается попадание прямых солнечных лучей), температура в сушильном шкафу не должна превышать + 50 ОС.

Примечание: каждый регенеративный респиратор и воздушный дыхательный аппарат может комплектоваться кислородным (воздушным) стальным или металлокомпозитным баллоном различной емкости.

Воздушные дыхательные аппараты

Аппарат воздушный дыхательный РА-94

Назначение и техническая характеристика

Аппараты воздушные изолирующие серии РА 94 Plus предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной, обедненной кислородом и задымленной газовой среды при тушении пожаров в зданиях, сооружениях и на производственных объектах в диапазоне температур окружающей среды от –40 до +60 ОС.





Рис.12. Воздушные дыхательные ап

Таблица 4. Техническая характеристика аппарата РА-94

Показатели	Значения
Продолжительность работы аппарата зависит от емкости используемого баллона с воздухом и интенсивности дыхания пользователя, мин, не менее:	
среднее время защитного действия (без смены баллона емкостью 6,8 л –7,0 л) при расходе воздуха 30 л/мин и температуре окружающей среды 25 ОС	60
среднее время защитного действия (без смены баллона емкостью 6,8 л –7,0 л) при расходе воздуха 30 л/мин и температуре окружающей среды 40 ОС	45
среднее время защитного действия (без смены баллона емкостью 9,0 л) при расходе воздуха 30 л/мин и температуре окружающей среды 25 ОС	80
среднее время защитного действия (без смены баллона емкостью 9,0 л) при расходе воздуха 30 л/мин и температуре окружающей среды 40 ОС	60
Первичное (входное) давление редуктора, бар (МПа)	300 (30)
Вторичное (редуцированное) давление редуктора, бар (МПа)	6-9 (0,6-0,9)
Расход воздуха редуктором, л/мин, свыше:	1000
при 20 бар	500
Установка свистка, бар (МПа)	55±10 (5,5±1,0)

Свисток может быть настроен и на другое давление при запасе воздуха в баллоне выше 200 литров.	
Срабатывание предохранительного клапана, бар (МПа), свыше	13-20 (1,3-2,0)
Сопротивление дыханию при вдохе (при синусоидальном расходе 40х2,5 л/мин и давлении в баллоне выше 20 бар), мбар (мм. вод. ст.), не более.	5 (5)
Размеры аппарата без баллона (длина, ширина, высота), с несущими ремнями в свернутом положении, мм, не более:	620х320х150
Масса аппарата без баллона, кг	3,0
Масса легочного автомата, кг	0,5
Масса панорамной маски, кг	
Панорама Нова	0,55
Панорама Нова Стандарт Р	0,5
Футура	0,67

В аппарате используются панорамные маски: Панорама Нова, Футура, Панорама Нова Стандарт Р, которые работают с избыточным давлением («подпор» в подмасочном пространстве); редуктор -300 бар, стандарт 5/8″ согласно DIN 477 (устройство редуктора показано на рис. 1.13); баллоны стальные или композитные баллоны емкостью от 6,8 до 9,0 литров с рабочим давлением в баллоне 300 бар (30 МПа).

Размеры и масса аппаратов с баллонами и маской указаны в табл. 5.

Таблица 5

Материал и емкость баллона	Размеры (без вентиля)	Масса баллона без воздуха (без вентиля) / с воздухом (с вентилем)
Сталь , 7 л /300 бар	600х140 мм	9,5 кг / ср. 12,0 кг
Сталь (B-Rus 7 /300), 7л/300 бар	565х145 мм	9,5 кг / ср. 12,3 кг
Композит 6,8-9,7 л / 300 бар	520х156 мм	5,62-6,96 кг / ср. 6,4 кг

Масса снаряженного аппарата в различной комплектации указана в табл. 6

Таблица 6

РА 94 с композитным баллоном 6,8 л и маской	10,7 кг.
РА 94 с композитным баллоном 9.0 л и маской	12,1 кг
РА 94 со стальным баллоном 7.0 л. и маской	16,0 кг.

Средний срок службы дыхательного аппарата – не менее 10 лет.

Устройство и работа аппарата

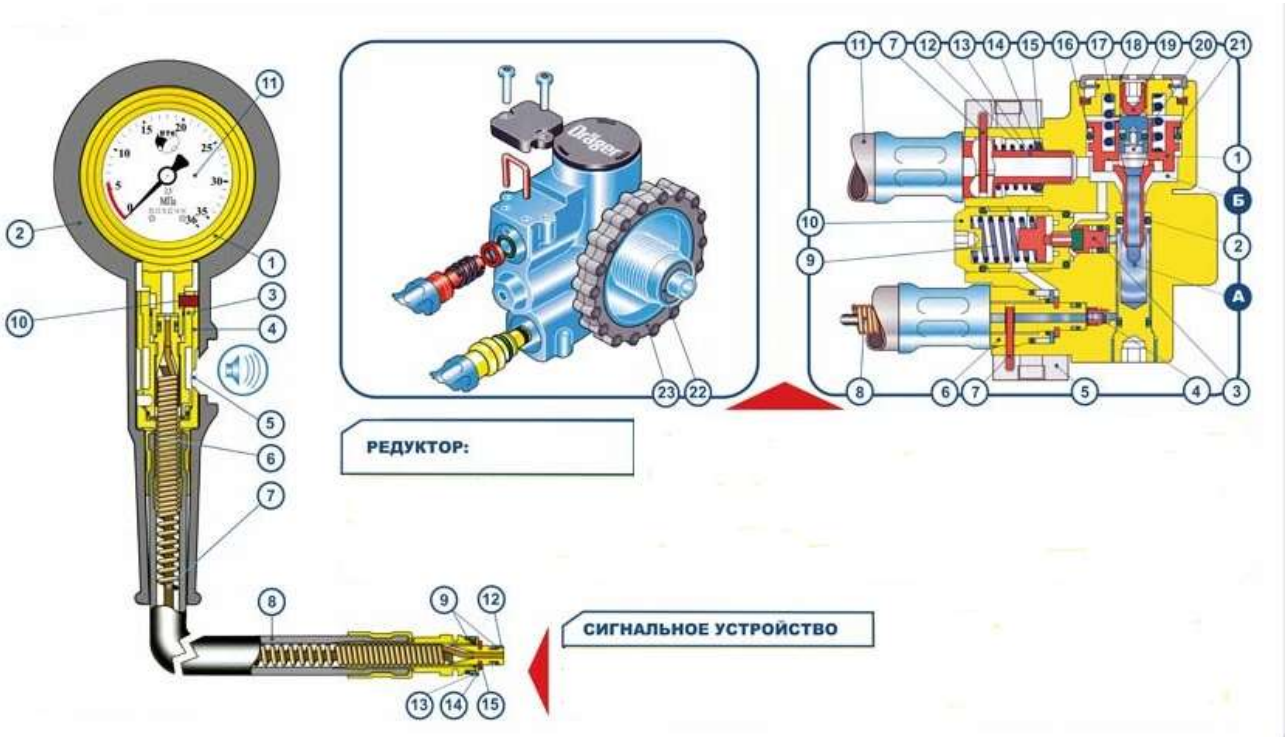


Рис.13. Редуктор воздушного аппарата и сигнальное устройство

Редуктор

1 – поршень; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – клапан сигнального устройства; 4 – дюза; 5 – крышка; 6 – штуцер капилляра; 7 – скоба; 8 – капилляр; 9 – пружина сигнального устройства; 10 – винт регулировки сигнального устройства; 11 – шланг среднего давления; 12 – пружина предохранительного клапана; 13 – штуцер шланга среднего давления; 14 – фиксатор уплотнительного кольца; 15 – уплотнительное кольцо предохранительного клапана; 16 – уплотнительное кольцо; 17 – пружина поршня; 18 – пломба заглушка; 19 – винт регулировочный; 20 – плунжер; 21 – защитное кольцо; 22 – уплотнительное кольцо штуцера; 23 – маховик; А – полость высокого давления; Б – полость редуцированного давления

Сигнальное устройство

1 – корпус манометра; 2 – защитный кожух; 3 – корпус свистка; 4 – трубка свистка; 5 – отверстие сигнального устройства; 6 – капилляр; 7 – ось капилляра; 8 – шланг; 9 – уплотнительные кольца; 10 – винт; 11 – циферблат; 12 – штуцер; 13 – фильтр; 14 – шайба; 15 – стопорное кольцо

Панорамная маска

1– полуобойма; 2 – панорамное стекло; 3 – подмасочник; 4 – клапан вдоха; 5 – переговорная мембрана; 6 – клапанная коробка; 7 – крышка; 8 – клапан выдоха; 9 – шейный ремень; 10 – корпус; 11 – оголовье; 12 – пряжка

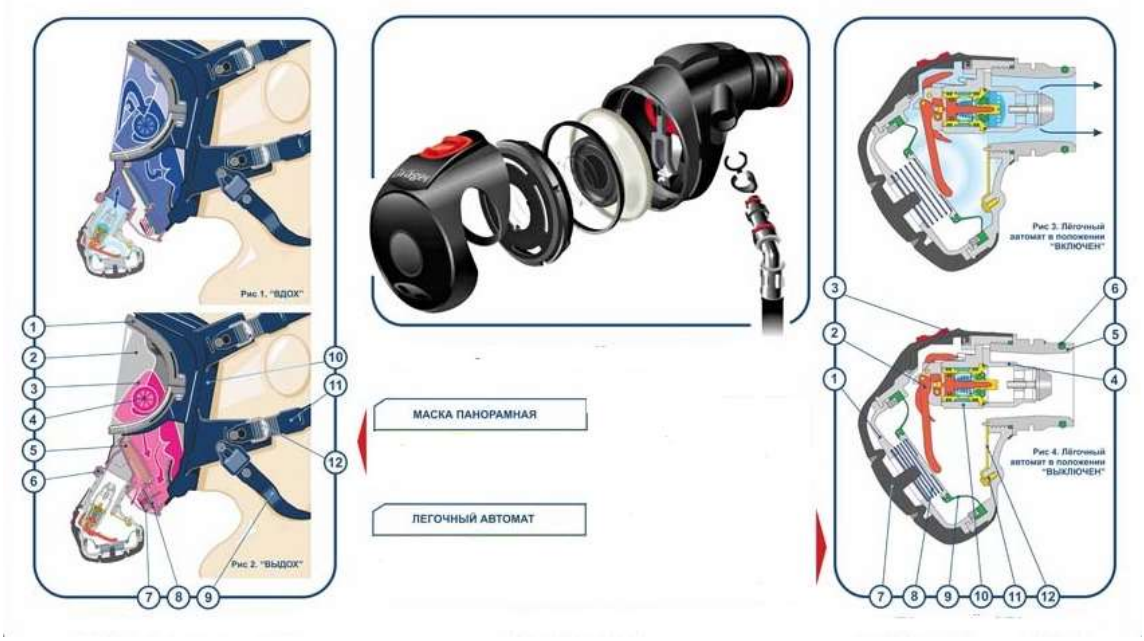


Рис. 14. Панорамная маска и легочный автомат

Легочный автомат

1 – крышка с байонетной защелкой; 2 – рычаг сбалансированного порщня; 3 – кнопка выключения; 4 – корпус эжектора; 5 – штуцер; 6 – кольцо; 7 – крышка резиновая; 8 – пружина; 9 – мембрана; 10 – корпус механизма сбалансированного поршня; 11 – фиксирующий винт: 12 – скоба

Подготовка к эксплуатации

Установка одного баллона:

Проверяется целостность резьбы на вентили цилиндра и на маховичке редуктора.

Проверяется правильность положения и целостности уплотнительного кольца маховичка редуктора.

Установите «спинку» горизонтально, распустите ремень крепления баллона и сдвиньте пряжку ремня фиксации двух баллонов в сторону к крепежу шлангов, образуя тем самым одну полную петлю.

Протяните баллон сквозь ремень, располагая резьбу вентиля над маховиком редуктора.

Поднимите аппарат в вертикальное положение, навинтите маховик на вентиль баллона (до упора), и, после этого, закрепите противовибрационную защелку на маховик редуктора.

Положите «спинку» горизонтально, возьмите свободный конец ремня крепления баллона, натяните его по периметру баллона, чтобы привести в действие замок Camlock, закрепите ремень на липучках.

Проверка исправности аппарата перед постановкой на расчет

Проверка на отсутствие утечки из высоконапорного шланга (проверка № 1)

Конфигурация с одним баллоном 300 бар. Нажмите на установочный рычаг легочного автомата, чтобы поднять и выключить механизм избыточного давления. При нажатии на установочный рычаг нельзя одновременно давить на центр резиновой крышки легочного автомата, кроме того, нельзя давить рычагом в фиксатор.

Откройте медленно, но до конца, вентиль баллона, нагнетая тем самым воздух в систему. В двух баллонной конфигурации достаточно открыть один баллон.

Замечание: если на легочном автомате сразу же обнаружится утечка, нажмите на центральную часть резиновой крышки, чтобы включить механизм избыточного давления, а затем нажмите на установочный рычаг с тем, чтобы его опять выключить. Повторите эти действия 2 или 3 раза, чтобы устранить утечку.

Если утечка не устраняется, то легочный автомат необходимо сдать на ремонт.

Закройте вентиль баллона и наблюдайте за показаниями манометра. Показания на манометре не должны падать быстрее, чем 10 бар в минуту.

Проверка блока предупредительного свистка.

Закройте ладонью руки входное отверстие легочного автомата, нажмите на центральную часть резиновой крышки, включая тем самым механизм избыточного давления. Осторожно поднимая руку и поддерживая небольшое падение давления, медленно выпускайте воздух из системы.

Наблюдайте за показаниями манометра. Свисток должен зазвучать при заданном значении давления.

Примечание: дыхательные аппараты поставляются с установленным значением 55 бар ± 5 бар.

Подсоединение легочного автомата к лицевой маске.

Убедитесь, что штекерный разъем лицевой маски и уплотнительное О-кольцо легочного автомата не повреждены и не загрязнены. Вставьте легочный автомат во входной разъем лицевой маски до защелкивания. Проверьте надежность крепления. Потяните легочный автомат из маски – осевое перемещение должно отсутствовать.

Проверка давления в баллоне.

Проверяется по манометру при открытом вентиле баллона.

Текущее техническое обслуживание

Проводится после каждого использования аппарата.

Снятие баллона с воздухом

Вентиль баллона должен быть закрыт, а в системе не должно быть воздуха.

Поднимите свободный конец ремня крепления баллона, открывая замок Camlock, и распустите ремень. Отстегните противовибрационную защелку (если имеется) от маховичка редуктора, и отвинтите маховичок от вентиля баллона. Отодвиньте баллон от редуктора, снимите его с аппарата.

Перезарядите баллон.

Зарядка баллона воздухом

Заполните баллоны воздухом до давления, указанного на горловине или боковой поверхности цилиндра.

Дыхательный воздух под высоким давлением в баллоне аппарата должен соответствовать требованиям международного стандарта EN 132.

Заправлять можно только баллоны: которые соответствуют

Национальным Стандартам;

на которые нанесены дата и клеймо проведения заводских испытаний; имеют не просроченные клейма о прохождении очередных контрольных испытаний соответствующими уполномоченными органами.

Визуальный осмотр

Поверьте целостность:

- несущей конструкции («спинки»);
- всех ремней, пряжек и застежек; вентилей баллонов;
- лицевой маски;
- баллона (композитные баллоны с поврежденной оплеткой не допускаются к повторному использованию, см. инструкцию по эксплуатации композитных баллонов).

Очистка, дезинфекция и сушка

Тщательно очистите, продезинфицируйте и просушите все загрязненные части после использования аппарата. Применяйте подходящие ванны для используемых моющих и дезинфицирующих растворов. Погрузите и вручную перемешайте в растворе все очищаемые компоненты.

Очистка производится моющим раствором фирмы Drager или мыльным раствором. Температура не должна превышать 30 ОС.

Дезинфекция производится специальными растворами Desi / EW80-Des или другими, например «Биодез- Оптима» (для дезинфекции в ванне). Температура не должна превышать 30 ОС.

Примечание: если легочные автоматы подвергаются регулярной мойке в растворе, то рекомендуется смазывать их уплотнительные О-кольца после каждых 100 моек и дезинфекций, и в любом случае менять их каждые три года.

С целью определения исправности и правильности функционирования (действия) узлов и механизмов аппарата производятся проверки типовые для воздушных аппаратов (приведены в следующем параграфе).

Маркировка аппарата

На спинку аппарата наносится наклейка с указанием:

- модели аппарата: PA 90 Plus (для PA 94 Plus и PA 92 Plus);
- значком органа, ответственного за европейскую сертификацию (CE 96 0088);
- значком органа ответственного за сертификацию в России;
- заводским номером аппарата (4 буквы и 4 цифры), содержащим информацию о дате выпуска.

Определение даты выпуска по заводскому номеру производится на основании следующей таблицы:

PPYM – NNNN

где PP - внутренний номер заводского подразделения;

Y - буква, определяющая год выпуска;

M – буква, определяющая месяц выпуска;

NNNN – 4-х-значный-номер аппарата (начинающийся с 0001 каждый месяц).

Основные неисправности и методы их устранения»

Таблица 6

Неисправность	Причина	Устранение
Утечка из лицевой маски - (проверка на наличие утечек в аппарате, находящемся в эксплуатационном положении)	1. Неисправно или отсутствует уплотнительное О-кольцо на штуцере легочного автомата 2. Утечки в выпускном клапане маски 3. Неисправна переговорная мембрана 4. Не затянуты головные ремни	Отрегулируйте или замените уплотнительное кольцо Прочистите, отрегулируйте или замените Замените Затяните
Неудовлетворительная слышимость	Неисправна переговорная мембрана	Замените
Утечка в шланге высокого давления	1. Проверьте плотность соединений. 2. Проверьте уплотнения на шланговых соединениях	При необходимости затяните При необходимости замените уплотнение
Сброс воздуха из предохранительного клапана	Неисправен редуктор	Верните редуктор на фирму
Утечка воздуха из легочного автомата (постоянный расход)	1. Изношены уплотнительные кольца байонетной защелки 2. Утечка из сбалансированного поршня. 3. Неправильно вставлена мембрана 4. Нажата кнопка байпаса	Замените Верните сбалансированный поршень на фирму Отрегулируйте Выключите
Неправильно срабатывает предохранительный свисток	Свисток загрязнен	Почистите и проверьте
Предупредительный свисток звучит непрерывно	1. Повреждено уплотнение высоконапорного капилляра 2. Неисправен механизм активации свистка	Замените уплотнение и проверьте Верните редуктор на фирму

Воздушные дыхательные аппараты типа АИР – 98МН, АП-98-7К, АП-2000

Назначение и технические характеристики

Аппараты дыхательные АИР-98МН, АП-98-7К, АП-2000 работают по открытой схеме дыхания (вдох из аппарата - выдох в атмосферу) и предназначены для защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия токсичной и задымленной газовой среды при тушении пожаров и аварийно-спасательных работах в зданиях, сооружениях и на производственных объектах и эвакуации пострадавшего из зоны с непригодной для дыхания атмосферой при использовании со спасательным устройством.

Таблица 7. Технические характеристики

Показатели	Значения			
	АИР-98МН		АП-98-7К	АП-2000
Количество баллонов, шт.	1	2	1	1
Вместимость баллонов, л	7,0	4,0	7,0	7,0
Рабочее давление в баллоне, МПа	29,4	29,4	29,4	29,4
Давление на выходе из редуктора, МПа	0,7	0,8	0,55-1,0	0,9
Давление срабатывания предохранительного клапана, МПа	1,2	1,4	2,2	1,8
Время защитного действия при расходе 30 л/мин, не менее, мин	60	70	60 (t=25 ОС) 45 (t=25 ОС)	60 (t=25 ОС) 45 (t=25 ОС)
Избыточное давление в подмасочном пространстве при нулевом расходе, Па	500	500	250±100	300±100
Сопротивление дыханию на выходе при вентиляции 30 л/мин, Па, не более	350	350	350	350
Габаритные размеры, мм	650x320x220	650x320x220	650x320x220	*670x290x215
Масса, кг, не более			*11-16	*13-16
Масса спасательного устройства, кг	1,0	1,0	-	-
Срок службы, лет	10	10	10	10

*- колеблются в зависимости от исполнения.

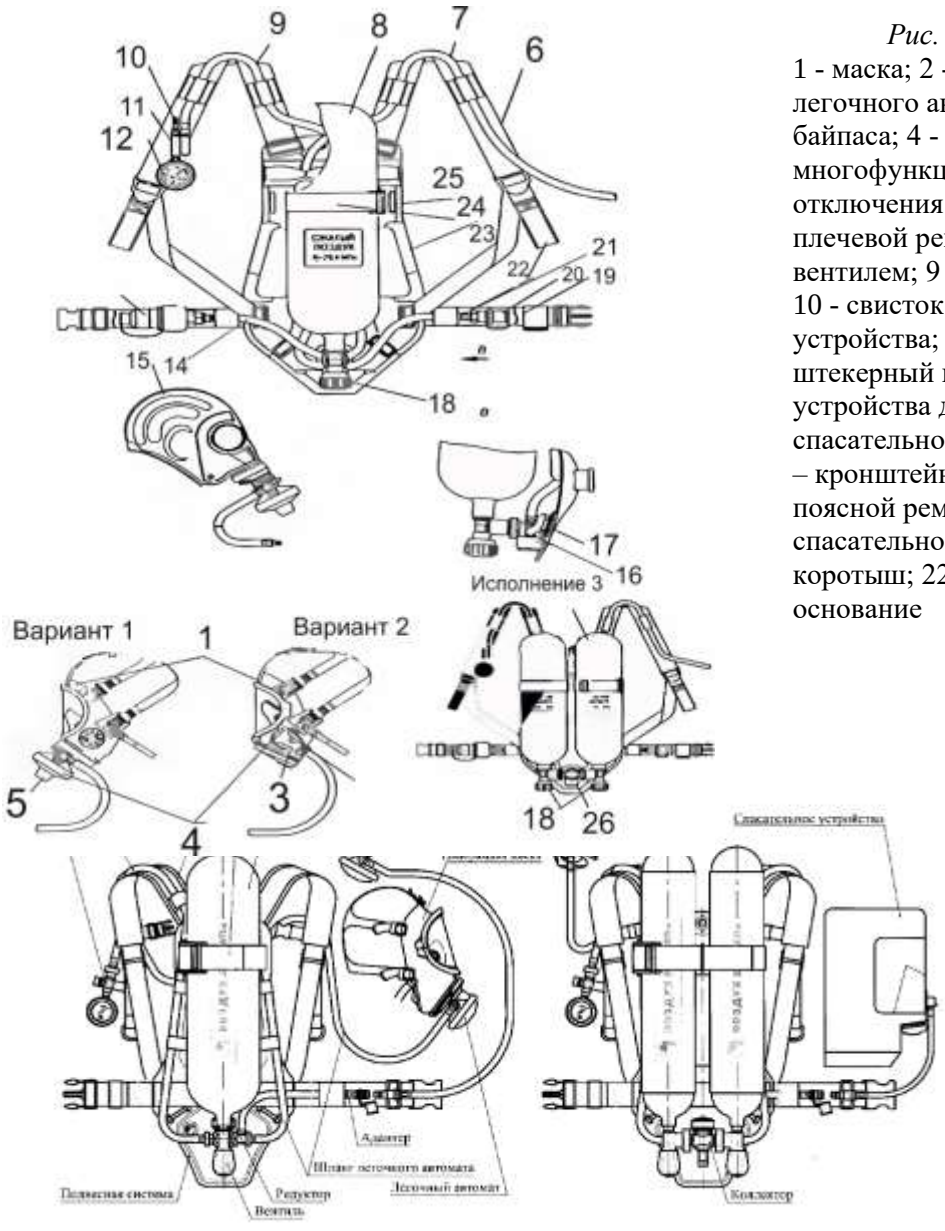


Рис. 4. Аппарат АП-2000
1 - маска; 2 - кнопка отключения легочного автомата, 3 - маховичок байпаса; 4 - легочный автомат; 5 - многофункциональная кнопка (байпаса и отключения легочного автомата); 6 - плечевой ремень; 7 – шланг;, 8 - баллон с вентилем; 9 - шланг высокого давления; 10 - свисток, 11 - корпус сигнального устройства; 12 – манометр; 13 - штекерный ниппель; 14 - шланг устройства для дозарядки; 15 - спасательное устройство; 16-редуктор; 17 – кронштейн; 18-маховичок вентиля; 19 - поясной ремень; 20 - замок подключения спасательного устройства; 21 - шланг-коротыш; 22 - концевой ремень; 23 – основание

Рис. 16. Аппарат АИР-98 в 2-х исполнениях

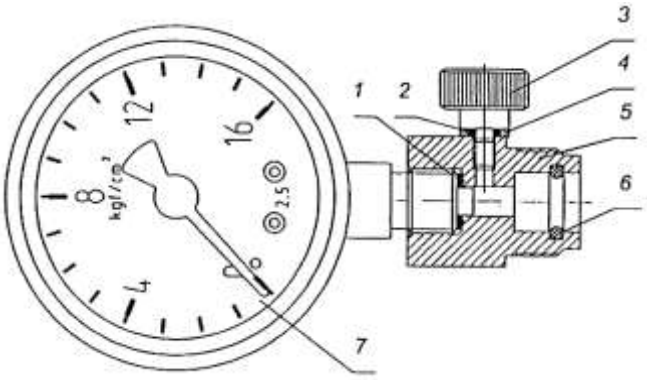
Техническое обслуживание

Средства измерения и принадлежности

Для контроля параметров аппарата в процессе эксплуатации применяется индикатор ИР-2 или система «Каскад».

Технические характеристики индикатора ИР-2, его описание и инструкция по применению приведены в руководстве по эксплуатации ИР-2.00.00.000РЭ и в данном Руководстве.

Для проверки давления на выходе редуктора применяется приспособление Пр-633 (рис. 17).



Для проверки параметров аппарата на индикаторе ИР-2 применяются приспособления из комплекта ЗИП индикатора и оборудование аппаратного зала (проверочный диск, муфта) и пробки из комплекта аппарата.

Проверки аппарата

Дыхательные аппараты на сжатом воздухе проверяются согласно Регламенту:

- перед заступлением на дежурство, перед включением;
- 1 раз в месяц и после применения;
- 1 раз в год профилактический осмотр (проводится лицом, допущенным к эксплуатации и обслуживанию аппаратов или в специализированном предприятии).

С целью определения исправности и правильности функционирования (действия) узлов и механизмов аппарата производятся:

- боевая проверка - непосредственно перед каждым включением в аппарат;
- проверка № 1 - непосредственно перед заступлением на боевое дежурство, а также перед проведением тренировочных занятий на свежем

воздухе и в непригодной для дыхания среде, если пользование аппаратом предусматривается в свободное от несения караульной службы время (боевого дежурства);

- проверка № 2 - после замены баллонов, дезинфекции, закрепления аппарата за спасателем, а также не реже одного раза в месяц, если в течение этого времени аппаратом не пользовались;
- проверка № 3 - в установленные календарные сроки, но не реже одного раза в год.

Проверка № 3 проводится на предприятии-изготовителе или в специализированной организации лицами, либо лицами, прошедшими соответствующую подготовку (если иное не оговорено инструкцией по эксплуатации изделия).

Боевая проверка, проверка № 1 и проверка № 2 проводятся пользователем аппарата.

Боевая проверка аппарата.

При боевой проверке необходимо проверить:

1) исправность маски и правильность подсоединения к ней легочного автомата;
2) герметичность аппарата на разрежение;
3) работу легочного автомата и клапана выдоха маски;
4) срабатывание сигнального устройства;
5) давление воздуха в баллоне.

Проверку исправности маски и правильности подсоединения к ней легочного автомата производят визуально. Проверяют отсутствие повреждений элементов маски и надежность соединения легочного автомата с маской, а для варианта 2 дополнительно:

пытаясь осторожно вращать легочный автомат, убеждаются, что фиксатор закрыт;

убеждаются, что маховичок байпаса находится в выключенном положении или выключают его, повернув на 90° по часовой стрелке.

Проверку герметичности аппарата на разрежение производят при закрытом вентиле баллона.

Для проверки необходимо плотно приложить маску к лицу и попытаться сделать неглубокий вдох. Если при вдохе создается большое сопротивление, не дающее сделать дальнейший вдох и не снижающееся в течение 2-3 с, аппарат считается герметичным.

Проверку исправности легочного автомата и клапана выдоха маски производят при надетой пользователем маске.

Для этого:

нажатием на кнопку до упора выключают механизм легочного автомата;

открывают вентиль баллона (одного из баллонов);

надевают маску на голову и производят ее подгонку;

после первого глубокого вдоха убеждаются, что легочный автомат включился, и в полости маски возникло избыточное давление, для чего

делают несколько вдохов и выдохов; затем, затаив дыхание, подсовывают палец под обтюратор маски и убеждаются в наличии постоянного потока воздуха из-под маски;

убирают палец из-под обтюратора и, затаив приблизительно на 10 с дыхание, прислушиваются, чтобы убедиться в отсутствии утечки воздуха по обтюратору маски.

При обнаружении утечки регулируют положение маски подтягиванием ремней, избегая их перетягивания, и повторно проверяют отсутствие утечки. После этого выключают легочный автомат нажатием на кнопку до упора и снимают маску.

Проверку срабатывания сигнального устройства проводят в следующей последовательности:

открывают и закрывают вентиль баллона и, осторожно нажимая на кнопку байпаса (вариант 1) или поворачивая маховичок байпаса (вариант 2), стравливают воздух из внутренних полостей аппарата, одновременно наблюдая за показаниями манометра;

в момент возникновения звукового сигнала отмечают показание манометра аппарата и убеждаются, что оно соответствует установленному требованию.

Проверку давления воздуха в баллоне (баллонах) производят при открытом вентиле по манометру. При проверке фиксируют показание манометра, которое должно быть не менее 25 МПа (250 кгс/см2). При необходимости аппарат дозаряжают.

Проверка № 1

При проверке № 1 необходимо проверить:

1) исправность маски;
2) исправность аппарата в целом;
3) наличие избыточного давления в подмасочном пространстве и герметичность системы высокого и редуцированного давления;
4) давление срабатывания сигнального устройства;
5) исправность устройства дополнительной подачи воздуха (байпаса);
6) давление воздуха в баллоне.

Проверку исправности маски производят визуально. Проверяют укомплектованность маски и отсутствие повреждений ее элементов. Для этого:

отсоединяют маску от легочного автомата;

выворачивают наружу подбородочную чашу;

производят осмотр стекла маски и ее корпуса, корпуса подмасочника, клапанов вдоха, клапана выдоха и переговорного устройства;

убеждаются в отсутствии повреждений панорамного стекла, разрывов мембраны переговорного устройства, проколов корпуса маски и подмасочника.

Проверку исправности аппарата в целом производят внешним осмотром. При этом:

подсоединяют легочный автомат к маске, предварительно проверив

отсутствие повреждений уплотнительного кольца, а затем - надежность соединения;

проверяют надежность крепления подвесной системы аппарата, баллона (баллонов), манометра и убеждаются в отсутствии механических повреждений узлов и деталей.

Перед проверкой наличия избыточного давления в подмасочном пространстве (с помощью индикатора ИР-2) и герметичности системы высокого и редуцированного давления выключают механизм легочного автомата, убеждаются в надежности подсоединения маховичков редуктора, вентиля (вентилей и тройника), а также в том, что маховичок байпаса находится в выключенном положении или выключают его, повернув на 90° по часовой стрелке (для варианта 2).

Для проверки:

надевают маску на проверочный диск в сборе с муфтой;

соединяют один штуцер переходника из состава индикатора ИР-2 с диском;

открывают вентиль баллона;

делают через свободный штуцер переходника один глубокий вдох и соединяют этот штуцер с индикатором ИР-2;

фиксируют положение показывающей стрелки индикатора. Результат проверки считается положительным, если показывающая стрелка индикатора находится в пределах зоны "Р";

отсоединяют штуцер переходника из состава индикатора ИР-2 от диска и заглушают его с помощью заглушки;

определяют по манометру аппарата давление воздуха;

закрывают вентиль баллона и наблюдают за показаниями манометра.

Если в течение 1 мин падение давления воздуха в системе не превышает 2 МПа (20 кгс/см2), аппарат считается герметичным.

При обнаружении негерметичности необходимо найти место утечки. Для этого при открытом вентиле (вентилях) на все места соединений наносят мыльную пену и по росту пузырей определяют место негерметичности. Обнаруженную утечку устраняют подтягиванием маховичка редуктора (и маховичков тройника при его наличии) или заменой уплотнения при закрытом вентиле баллона (вентилях баллонов) и отсутствии давления в системе аппарата.

Проверку давления срабатывания сигнального устройства производят в следующей последовательности:

открывают и закрывают вентиль баллона;

плавно нажимают на кнопку байпаса (вариант 1) или поворачивают маховичок байпаса (вариант 2), стравливают воздух из аппарата и наблюдают за показаниями манометра;

в момент возникновения звукового сигнала отмечают показание манометра аппарата и убеждаются, что оно соответствует требованию руководства.

Проверку исправности устройства дополнительной подачи воздуха

(байпаса) производят следующим образом:

открывают вентиль баллона (одного из баллонов);

плавным нажатием на кнопку или поворотом маховичка открывают дополнительную подачу воздуха и убеждаются в исправности устройства по характерному звуку подачи воздуха.

Проверку давления воздуха в баллоне (баллонах) производят по манометру при открытом вентиле баллона. При необходимости аппарат дозаряжают.

Проверка № 2

При проверке № 2 необходимо проверить:

1) исправность маски;
2) исправность аппарата в целом;
3) наличие избыточного давления в подмасочном пространстве и герметичность системы высокого и редуцированного давления;
4) давление срабатывания сигнального устройства;
5) герметичность воздуховодной системы с легочным автоматом спасательного устройства;
6) исправность легочного автомата и клапана выдоха спасательного устройства;
7) исправность устройства дополнительной подачи воздуха (байпаса);
8) давление воздуха в баллоне (баллонах). Проверки по пунктам 1-4, 7, 8 проводят в объеме и последовательности, предусмотренными настоящим руководством для проверки №1. Проверки по пунктам 5 и 6 проводят нижеследующим образом.

Проверку герметичности воздуховодной системы с легочным автоматом спасательного устройства производят с помощью индикатора ИР-2 последовательно при вакуумметрическом и избыточном давлении.

Для проверки:

отсоединяют шланг легочного автомата;

герметизируют входной штуцер легочного автомата пробкой 9В8.656 363, а клапан выдоха (только для проверки при избыточном давлении) - пробкой 9В8.656.363-01;

надевают маску спасательного устройства на проверочный диск в сборе с муфтой и соединяют его с индикатором ИР-2 с помощью переходника из состава индикатора ИР-2;

индикатором ИР-2 создают последовательно вакуумметрическое и избыточное давление, при котором стрелка показывающего контрольного устройства достигает конца зоны "Г" или отклоняется несколько дальше;

после выдержки в течение 1 мин фиксируют положение показывающей стрелки контрольного устройства.

Результат проверки считается положительным, если при вакуумметрическом и избыточном давлениях стрелка не вышла за начало зоны "Г" шкалы контрольного устройства.

В противном случае необходимо найти место утечки, для чего на места соединений наносится мыльная пена и по росту пузырей определяется место

негерметичности.

Обнаруженную негерметичность устраняют подтягиванием соответствующего соединения или заменой уплотнения.

Проверку исправности легочного автомата и клапана выдоха спасательного устройства производят с помощью индикатора ИР-2. Для проверки:

соединяют маску спасательного устройства 15 с воздуховодной системой аппарата через замок 20 (см. рис. 1.15);

надевают маску спасательного устройства на проверочный диск в сборе с муфтой и соединяют с помощью переходника из состава индикатора ИР-2 диск с муфтой с индикатором ИР-2;

открывают вентиль баллона (одного из баллонов), создают индикатором ИР-2 вакуумметрическое давление и фиксируют положение показывающей стрелки индикатора, соответствующее моменту открытия клапана легочного автомата.

Результат проверки считается положительным, если показывающая стрелка индикатора в момент открытия клапана легочного автомата находится в пределах зоны "АСВ-2".

Проверка № 3

Проверка № 3 аппарата предусматривает:

неполную разборку, осмотр, промывку, чистку, дезинфекцию и сборку аппарата;

проверку № 2 (пп. 3-8);

проверку давления на выходе редуктора (без расхода);

зарядку аппарата.

Неполную разборку аппарата производят в следующей последовательности:

отсоединяют маску 1 от легочного автомата 4;

отсоединяют легочный автомат 4 (вариант 1) от шланга 7;

открывают замок 25, отсоединяют баллон 8 от редуктора 16 (исполнения 1, 2, 4) или баллоны 8 от тройника 26 (исполнение 3);

снимают баллон (баллоны) 8 с основания 23;

отсоединяют тройник 26 от редуктора 16 (для исполнения 3);

при наличии спасательного устройства (рис.1.15) отсоединяют маску спасательного устройства 1 и шланг 4 от легочного автомата 2;

отворачивают крышку легочного автомата и вынимают мембрану (аналогичные действия выполняют для разборки легочного автомата спасательного устройства);

снимают крышку (рис. 1.15) клапанной коробки 13, вынимают пружину и клапан выдоха 8 (для варианта 1);

снимают крышку (рис. 14) клапанной коробки 6, вынимают клапан выдоха 8 (для варианта 2).

Осмотр аппарата производят в следующей последовательности:

Осматривают маску.

В легочном автомате осматривают корпус легочного автомата, кнопку

выключения, мембрану.

В легочном автомате осматривают корпус, кнопку выключения 5, фиксатор 13, маховичок байпаса 8 и уплотнительное кольцо и убеждаются в отсутствии повреждений. При обнаружении повреждений уплотнительного кольца его заменяют новым из комплекта ЗИП.

При обнаружении повреждений, препятствующих дальнейшей эксплуатации легочного автомата, производят его ремонт или заменяют новым.

Производят осмотр уплотнительного кольца А редуктора. При наличии повреждений кольца его заменяют новым из комплекта ЗИП.

Производят осмотр шлангов 7, 9, 14 и 21 (рис. 15) и убеждаются в отсутствии порезов и разрывов внешней оболочки рукавов шлангов.

При обнаружении потертостей, трещин или порезов оболочки шлангов их заменяют новыми.

Осмотр баллона с вентилем (баллонов с вентилями и тройником) производят следующим образом:

осматривают баллон в соответствии с документацией на него;

осматривают вентиль на отсутствие внешних повреждений;

осматривают уплотнительные кольца тройника. При наличии повреждений колец их заменяют новыми из комплекта ЗИП.

Осмотр спасательного устройства (при наличии) проводят в следующей последовательности.

Подвергают внешнему осмотру маску 1 спасательного устройства, клапан выдоха. Убеждаются в отсутствии разрывов, порезов, проколов в маске и плотном прилегании клапана выдоха. При необходимости маску заменяют новой.

Производят осмотр поверхности шланга 4, корпуса легочного автомата 2, кнопки байпаса 3, мембраны. Убеждаются в отсутствии порезов и проколов рукава шланга, мембраны, повреждении пластмассового корпуса легочного автомата и кнопки байпаса. При необходимости производят замену шланга или ремонт легочного автомата.

При осмотре все уплотнительные кольца снимают, промывают этиловым спиртом от старой смазки и смазывают тонким слоем новой смазки. Применяемая смазка - ВНИИ НП-282 ТУ 38 101 1261. Норма расхода на каждое кольцо:

этилового спирта - 3 г;

смазки -1 г.

Уплотнительные кольца и мембрана аппарата рассчитаны на весь срок службы и подлежат замене только при их повреждении.

Промывку, чистку и дезинфекцию аппарата проводят в соответствии руководства по эксплуатации, включая чистку, дезинфекцию мембран легочных автоматов, а также промывку и чистку клапанов выдоха.

Сборку аппарата производят в обратной последовательности.

После сборки аппарата производят проверку №2.

Проверку давления на выходе редуктора (без расхода) производят

следующим образом:

подключают спасательное устройство 15 к замку 20 (рис. 15);

отсоединяют легочный автомат 2 спасательного устройства (рис. 20) от шланга 4;

подключают приспособление Пр-633 (рис. 17) к шлангу легочного автомата спасательного устройства;

открывают вентиль баллона (одного из баллонов) и фиксируют показание контрольного манометра приспособления.

При наличии маски по варианту 1 данная проверка может производиться и без наличия спасательного устройства. Для проверки подключают приспособление Пр-633 к шлангу 7 (рис. 15), предварительно отсоединив легочный автомат 4.

Результат проверки считается положительным, если показание контрольного манометра находится в пределах 0,5 - 0,9 МПа (5 - 9 кгс/см2).

Проверку сигнального устройства производят в следующей последовательности (данная проверка производятся только в случае обнаружения негерметичности).

Сняв стопорное кольцо, вынимают ниппель шланга высокого давления из корпуса сигнального устройства. Производят осмотр резиновых уплотнительных колец.

Проверку шлангов высокого и низкого давления проводят в следующей последовательности.

Вывернув шланги из резьбовых отверстий редуктора, убеждаются в отсутствии повреждений герметизирующих колец.

Зарядку аппарата производят в соответствии с руководством по эксплуатации.

В случае обнаружения неисправности аппарата производится его ремонт лицами, прошедшими соответствующую подготовку на предприятии-изготовителе или в учебных центрах и получившими сертификат на право технического обслуживания и ремонта аппарата. Ремонт производится в соответствии с технической документацией по ремонту аппарата, которая выдается после прохождения обучения.

Маркировка аппаратов

Маркировка аппарата нанесена на табличке (заводском знаке), прикрепленной к основанию подвесной системы, и содержит условное обозначение аппарата, номер технических условий, дату выпуска, заводской номер. Там же нанесено наименование предприятия-изготовителя и его товарный знак, знак соответствия ГОСТ Р и знак соответствия нормам пожарной безопасности.

Маски дыхательных аппаратов

В состав аппарата в зависимости от комплектации могут входить два варианта масок:

- маска ПМ-2000 с легочным автоматом 9В5.893.497 - вариант 1;
- маска "Пана Сил" из неопрена или силикона с резиновым или сетчатым оголовьем с легочным автоматом 9В5.893.460 - вариант 2.

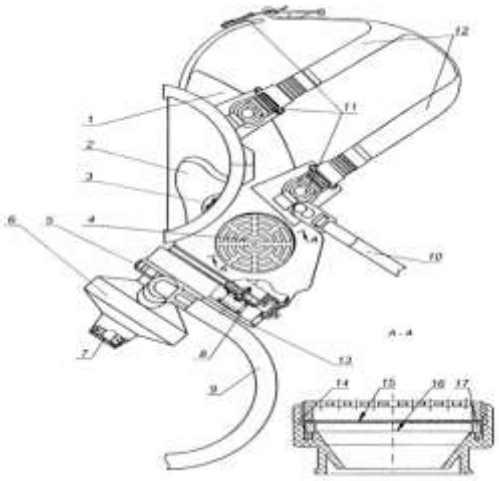


Рис.18. Маска ПМ-2000 с легочным автоматом

1 - корпус маски; 2 - подмасочник; 3 - клапаны вдоха; 4 - переговорное устройство; 5 - гайка; 6 - легочный автомат; 7 - многофункциональная кнопка; 8 - клапан выдоха; 9 - шланг легочного автомата; 10 - лямка; 11 -замок; 12 - ремни оголовья; 13 - крышка клапанной коробки; 14 - корпус;15 - сетка; 16 -

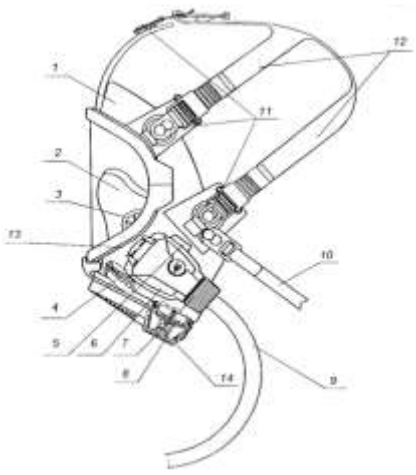


Рис 19. Маска «Пана Сил" из неопрена или силикона с резиновым или сетчатым оголовьем с легочным автоматом (вариант 2)»

1 - корпус маски; 2 - подмасочник; 3 - клапаны вдоха; 4 - переговорное устройство: 5 - кнопка отключения легочного автомата; 6 - легочный автомат; 7 - маховичок устройства дополнительной подачи (байпаса); 8 - клапан выдоха; 9 - шланг легочного автомата; 10 - лямка; 11 - замок;12 - ремни оголовья; 13 - фиксатор; 14 - крышка клапанной

Маска предназначена для изоляции органов дыхания, кожи лица и зрения человека от окружающей атмосферы, подачи воздуха от легочного автомата 6 в органы дыхания человека через клапаны вдоха 3, расположенные в подмасочнике 2, и удаления выдыхаемого воздуха через клапан выдоха 8 в окружающую среду.

В корпусе маски 1 имеется встроенное переговорное устройство 4, обеспечивающее возможность передачи речевых сообщений.

В конструкции маски предусмотрена возможность регулировки длины ремней оголовья 12.

Спасательное устройство

Спасательное устройство (рис. 20) предназначено для защиты органов дыхания и зрения пострадавшего человека при его спасении пользователем аппарата и выводе из зоны с непригодной для дыхания атмосферой. Спасательное устройство включает в себя:

носимую в сумке маску 1, представляющую собой лицевую часть ШМП-1 рост 2 ГОСТ 12.4.166;

легочный автомат 2 с кнопкой байпаса 3 и шлангом Легочный автомат крепится к маске с помощью гайки 5 с резьбой круглой 40х4.

Для подключения спасательного устройства к аппарату используется шланг-коротыш 21 (рис. 20), который предприятие - изготовитель устанавливает на аппарате при заказе спасательного устройства.



Рис. 20. Спасательное устройство
1-маска спасательного устройства; 2 - легочный автомат; 3 - кнопка байпаса; 4 - шланг; 5 - гайка.

В случае отсутствия заказа на редукторе устанавливается пробка.

Конструктивно легочный автомат спасательного устройства отличается от легочного автомата аппарата (вариант 1) отсутствием возможности создания избыточного давления и типом резьбы крепления к маске.

Маркировка масок

Маркировка маски ПМ-2000 нанесена на ее корпусе и содержит дату изготовления, товарный знак предприятия-изготовителя и его условное обозначение.

Условное обозначение того, что маска предназначена для аппаратов с избыточным давлением, нанесено в виде буквы "Р" на крышке клапанной коробки.

Маркировка маски "Пана Сил" нанесена под обтюратором на внутренней части маски и содержит дату изготовления.

На ободке маски находится наклейка, на которой указаны наименование предприятия-изготовителя и условное обозначение того, что маска предназначена для аппаратов с избыточным давлением.

Подмасочник маски ПМ-2000 также имеет маркировку, содержащую дату изготовления, условное обозначение предприятия-изготовителя и размер подмасочника "М", "С" или "Б".

Подбор и подгонка маски.

Корпус маски (вариант 1) имеет один рост и рекомендуется для использования людьми с горизонтальным (шапочным) обхватом головы 560 мм и более.

Подбор необходимого размера подмасочника производят в зависимости от значения морфологической высоты лица - расстояния от

нижней части подбородка до точки переносья, указанного в табл. 1.8.

Таблица 8.Подбор подмасочника

Морфологическая высота лица, мм	Размер подмасочника
От 100 и менее	Малый (М)
От 111 до 125	Средний (С)
От 126 и более	Большой (Б)

Маска "Пана Сил" поставляется одного типоразмера.

Подгонку маски производят следующим образом:

ослабляют ремни оголовья;

накладывают маску на лицо так, чтобы подбородок находился в подбородочной чаше маски;

натягивают ремни оголовья в следующей последовательности: щечные, височные и лобный.

При правильной подгонке пластина оголовья находится в области темени, а обтюраторы корпуса маски и подмасочника плотно прилегают к лицу. Необходимо избегать чрезмерно сильного натяжения ремней оголовья.

Шланговые дыхательные аппараты

Аппараты дыхательные шланговые предназначены для защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания токсичной или задымленной газовой среды при проведении работ в зданиях, сооружениях и на производственных объектах различных отраслей промышленности, а также для проведения аварийно-спасательных работ.

Область применения: закрытые емкости, цистерны, колодцы, отсеки и другие изолированные помещения подобного типа.

Противогазы данного типа рекомендуются к использованию в условиях, когда применение фильтрующее-поглощающих средств индивидуальной защиты органов дыхания человека запрещено или неизвестны состав и концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

В том случае, когда по условиям работы требуется шланг длиной более 10 м, присоединяют еще один шланг с помощью накидной гайки, которая должна быть затянута гаечным ключом до отказа. Шланг длиной более 20 м применять не рекомендуется (кроме аппаратов с принудительной подачей воздуха ПШ-40 ЭРВ, ПШ-40 РВ и других, согласно инструкции по эксплуатации), так как с увеличением длины шланга увеличивается сопротивление дыханию.

В данном разделе приводятся сведения о шланговых противогазах ПШ-1 и ПШ-2, ПШ-20РВ/ПШ-40РВ.

Шланговый противогаз ПШ-1

Рабочая часть шлангового противогаза ПШ-1 (рис. 21, рис. 22) состоит из резинотканевого рукава, к одному концу которого посредством гофрированной трубки присоединена резиновая шлем-маска, а другой конец соединен с фильтрующей коробкой, служащей для очистки вдыхаемого воздуха.

Во время работы с надетым противогазом воздух для дыхания поступает по шлем-маске путем самовсасывания. Выдох производится через

выдыхательный клапан.

Для обеспечения неподвижности фильтрующей коробки конец резинотканевого шланга закрепляется на металлическом штыре. Крепление резинотканевого шланга на человеке осуществляется с помощью спасательного пояса с плечевыми ремнями.

При выполнении работ в нефтяных баках, цистернах, колодцах других закрытых местах, а также на особо опасных работах каждого работающего должен обслуживать помощник, который остается снаружи и держит привязанную к спасательному поясу веревку, периодическим подергиванием которой осуществляется сигнализация с работающим. Сигнальная веревка должна быть прочной, так как она служит не только средством связи, но и для вытаскивания рабочего из опасной зоны при несчастном случае.

Противогаз выпускается в 3-х исполнениях:

- ПШ-1Б с воздухоподводящим шлангом длиной 10 м на барабане;
- ПШ-1С с воздухоподводящим шлангом длиной 10 м в сумке;
- ПШ-1Б-20 с воздухоподающим шлангом длиной 20м на барабане.

Шланговый противогаз ПШ-1Б

Противогаз с воздухопроводящим шлангом длиной 10 метров, смонтирован на металлическом барабане (безнапорная подача воздуха - самовсасывание).

Сопротивление постоянному потоку воздуха при объемном расходе 30 дм3 /мин (30 л/мин) на вдохе и выдохе, Па (мм вод. ст.), не более -200.

Противогаз герметичен при избыточном давлении воздуха, Па (мм вод. ст.) -1000 (100).

Прочность спасательной веревки и пояса к воздействию статической нагрузки в течение 5 мин, кг, не менее – 200.

Рабочий интервал температур, ОС - от +40 до – 40.

Масса, кг, не более – 16.

Шланговый противогаз ПШ-1С

Предназначен для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей в воздухе, не зависимо от их концентрации, а так же для работы в условиях недостатка кислорода в рабочей зоне. Противогаз комплектуется лицевой частью от промышленного противогаза (2 шт. разных ростов), гофрированными трубками, воздуходувными шлангами, предохранительным поясом, сигнально-спасательной веревкой. Подача воздуха осуществляется путем самовсасывания. Длина шланга - 10 м. Укладка – сумка. Масса противогаза не более10 кг. Сопротивление дыханию комплекта со шлангом длиной 10 м – не более 200 Па (20 мм вод. ст.); сопротивление дыханию одного шланга длиной 10 м – не более 80 Па (8 мм вод. ст.)

Масса комплекта со шлангом длиной 10 м без чемодана – 8 кг.

Шланговый противогаз ПШ-2 (ПШ-20) и его модификации

Шланговый противогаз ПШ-2 (ПШ-20) имеет то же назначение и принципиальное устройство, что и шланговый противогаз ПШ-1. Отличительной особенностью его является принудительная подача воздуха.

Одним из основных преимуществ шлангового противогаза ПШ-2 является отсутствие сопротивления дыханию, что обеспечивает возможность выполнить тяжелые работы в течение более длительного времени, чем при пользовании любым другим противогазом.

Противогазы шланговые ПШ-2 (ПШ-20) состоят из воздуходувки с электрическим или ручным приводом, одного или двух резиновых армированных воздухоподводящих шлангов длиной 20 или 40 метров (два шланга для одновременной работы двух человек), одного или двух комплектов лицевых частей, соединительных гофрированных трубок, амуниции из хлопчатобумажного, лавсанового или пропиленового материала, указанных на рис. 21 и рис. 22.

Амуниция состоит из поясного ремня с плечевыми лямками и сигнально-спасательной веревки (каната). Хлопчатобумажную амуницию рекомендуется использовать во взрывоопасной атмосфере, синтетическую (лавсановую или пропиленовую) – в условиях воздействия агрессивных сред (кислоты, щелочи и т.п.).

Воздуходувка может быть смонтирована в металлическом ящике или барабане. Противогазы комплектуются шлем-маской ШМП или панорамными масками МАГ, ППМ-88.

Противогаз имеет три исполнения: ПШ-2-20 - одноканальный с воздухоподводящим шлангом длиной 20 м; ПШ-2-40 - одноканальный с воздухоподводящим шлангом длиной 40 м; ПШ-2-20х2 - двухканальный с двумя воздухоподводящими шлангами длиной по 20 м каждый.

Принцип действия и техническая характеристика

Воздух, пригодный для дыхания, под лицевую часть подается из чистой зоны по шлангу с помощью установки (воздуходувки), работающей от электродвигателя или ручного привода. При работе в противогазах благодаря постоянной подаче чистого воздуха и созданию в системе избыточного давления исключается подсос загрязненного воздуха, предотвращается запотевание стекол лицевой части. Техническая характеристика противогаза шлангового ПШ-2 представлена в таблице 9.

Таблица 9

Показатели	Значения		
	ПШ-2-20	ПШ-2-40	ПШ-2-20х2
Количество воздуха, подаваемого под лицевую часть противогаза установкой подачи воздуха, дм3/мин, не менее: - от электродвигателя - от ручного привода при скорости вращения рукоятки (65±5) оборотов/мин	120 50	120 50	120 50
Количество каналов подачи воздуха, шт.	1	1	2
Количество работающих, чел.	1	1	2
Длина шланга воздухоподводящего, м	20	40	20
Прочность амуниции к действию статической нагрузки, Н, не менее	1960	1960	1960
Длина сигнально-спасательной веревки (каната), м	25±0,1	45±0,1	25±0,1
Масса противогаза, кг, не более	30	45	48

Гарантийный срок хранения противогаза, лет, не менее: - хлопчатобумажной сигнально-спасательной веревки (каната) в комплекте противогаза	3 1	3 1	3 1

Не рекомендуется работать в шланговом противогазе ПШ-2 в помещениях, где имеется опасность запутать шланг.

При пользовании шланговым противогазом ПШ-2 необходимо соблюдать следующие правила:

при работе вентилятора от электромотора редуктор должен быть отключен;

при работе от ручного привода редуктор должен быть включен.

Несоблюдение первого правила снижает производительность вентилятора, что вызывает уменьшение подачи воздуха по шлангам.

При невыполнении второго правила вентилятор вообще не будет вращаться и подавать воздух.

Противогазы шланговые ПШ-20РВ и ПШ-40РВ предназначены для защиты органов дыхания и зрения человека при выполнении работ в замкнутых объемах (емкостях, колодцах, отсеках) в атмосфере, где возможно содержание кислорода менее 18 % по объему, вредных веществ более 2000 ПДК.

Противогазы шланговые ПШ-20РВ и ПШ-40РВ представляют собой дыхательные приборы изолирующего типа, воздухонапорные, с автономным ручным вентилятором (воздуходувкой), находящимся в зоне чистого воздуха.

Воздух для дыхания подается под маску, создавая избыточное давление, что исключает подсос загрязненного воздуха. Барабан установлен на подставке, снабжен двумя складывающимися ручками для переноски. В положении хранения и транспортирования шланг наматывается на барабан, вовнутрь которого укладываются запасные элементы.

Противогазы шланговые воздухонапорные ПШ-20РВ и ПШ-40РВ рекомендуется использовать при выполнении работ малой и средней тяжести, когда чистый воздух можно забирать на расстоянии не более 20 м (для противогаза ПШ-20РВ) и на расстоянии до 40 м (для противогаза ПШ-40РВ).

Противогазы шланговые ПШ-20 ЭРВ и ПШ-40 ЭРВ представляют собой дыхательные приборы изолирующего типа, воздухонапорные, с электро-ручным вентилятором (воздуходувкой), находящимся в зоне чистого воздуха. Воздух для дыхания подается под маску, создавая избыточное давление, что исключает подсос загрязненного воздуха.

Барабан установлен на подставке, снабжен двумя складывающимися ручками для переноски. В положении хранения и транспортирования шланг наматывается на барабан, вовнутрь которого укладываются запасные элементы.

Противогазы шланговые воздухонапорные ПШ-20 ЭРВ и ПШ-40 ЭРВ рекомендуется использовать при выполнении работ малой и средней тяжести, когда чистый воздух можно забирать на расстоянии не более 20 м (для противогаза ПШ-20 ЭРВ) и на расстоянии до 40 м (для противогаза ПШ-

40 ЭРВ).

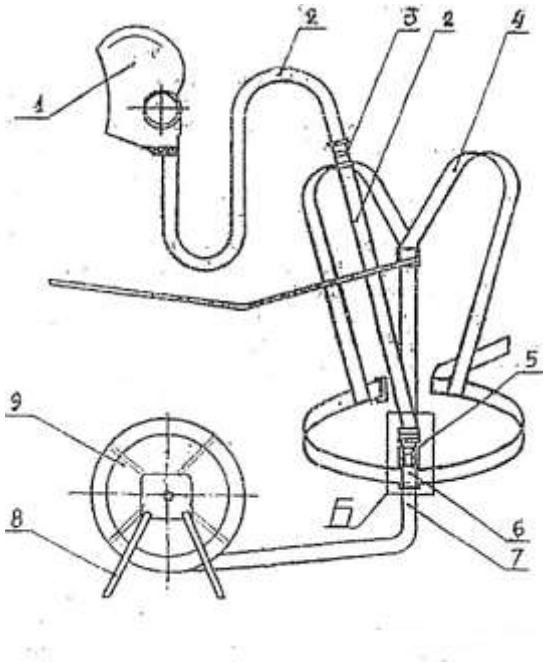


Рис. 121. Общий вид шлангового противогаза
1 - лицевая часть; 2 - гофрионаиная трубка; 3 - угольник; 4 - предохранительный пояс; 5 - гайка; 6 - скоба; 7 - воздухоподводящий шланг; 8 - подставка; 9 - барабан.



1 **2** **3**

Рис. 22.Шланговый проти

Техническое обслуживание

Проверка шланговых противогазов проводится в сроки указанные в «Регламенте технического обслуживания горноспасательного оснащения ФГУП «ВГСЧ».

Техническое обслуживание противогаза включает в себя:

- разборку, очистку, сушку;
- дезинфекцию;
- контроль исправности.

Использованные шланговые противогазы разбираются, при необходимости протираются ветошью, смоченной водой или мыльным

раствором, просушиваются. Шланги и гофрированные трубки продуваются сжатым воздухом.

Лицевые части подвергаются дезинфекции. Периодическая дезинфекция проводится при постоянном использовании одним работником не реже 1 раза в неделю. Внеочередной дезинфекции подлежат лицевые части при передаче от одного пользователя другому.

Контроль исправности противогаза после использования проводится внешним осмотром.

Периодический контроль исправности противогаза заключается в проведении полной проверки и испытании предохранительного пояса на прочность.

Полная проверка шлангового противогаза включает:

Внешний осмотр: проверяется исправность шлем-маски, гофрированных трубок, резино-тканевого шланга на отсутствие проколов, надрывов.

Проверку наличия резиновых прокладочных колец в местах соединения гофрированных трубок между собой, со шлем-маской и со шлангом, исправность очковых обойм, стекол.

Герметичность шлем-маски в месте соединения ее с гофрированной трубкой проверяется следующим образом: шлем-маска надевается на голову, гофрированная трубка у места соединения ее со шлем-маской перегибается и делается три-четыре глубоких вдоха. Если дышать невозможно, то шлем-маска и место соединения ее с гофрированной трубкой герметичны. Шлем-маска должна быть подобрана по размеру и плотно прилегать к лицу, не вызывая болевых ощущений.

В том случае, когда по условиям работы требуется шланг длиной более 10 м, присоединяют еще один шланг с помощью накидной гайки, которая должна быть затянута гаечным ключом до отказа. Шланг длиной более 20 м применять не рекомендуется, так как с увеличением длины шланга увеличивается сопротивление дыханию.

Герметичность шланговой линии проверяется в соответствии с графиком проверки противогаза и в соответствии с методикой ГОСТ 12.4.166-85, учитывая требования завода-изготовителя, указанные в руководстве по эксплуатации изделия. А также при возможном нарушении герметичности соединений и комплектующих изделий после ремонта или нештатных ситуаций при эксплуатации противогаза.

Для проведения проверки герметичности шланговой линии необходимы:

- приспособление (рис. 1.23);
- секундомер 2 класса точности;
- манометр 1 класса точности (0 – 1 кгс/см2).

Перед проведением проверки приспособление проверяют на герметичность, закрывая входное отверстие герметизирующего зажима и подавая через клапан на приспособление (рис. 23) сжатый воздух до избыточного давления (0,27 ± 0,01 кгс/см2), если в течение 1 минуты

давление не меняется, приспособление герметично. Далее проверяется герметичность шланговой линии при давлении (0,135 _+0,005 кгс/см2), падение давления не допускается.

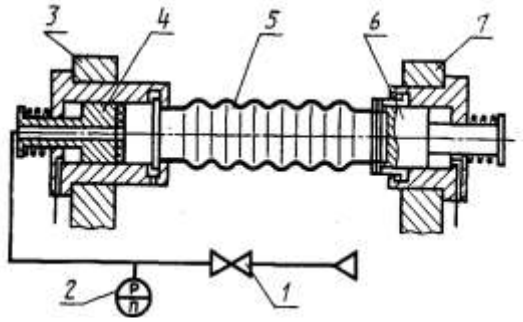


Рис. 23. Схема приспособления для испытания герметичности шланговой линии
1-клапан с педальным управлением; 2-манометр; 3, 7 - стойка; 4, 6- герметизирующий зажим; 5 - испытуемая трубка (шланг).

Предохранительный пояс с сигнально – спасательной веревкой необходимо испытывать на прочность статической нагрузкой 2000 Н (200 кгс) один раз в год или после ремонта (замены) составных частей согласно установленной методики в специализированных предприятиях (мастерских).

При работе в атмосфере, содержащей вещества 1и 2 класса опасности необходима периодическая проверка противогаза на человеке в камере с раздражающим веществом.

Контрольная аппаратура для проверки респираторов

Основными показателями, определяющими исправность и работоспособность респираторов являются герметичность воздухопроводной системы и параметры работы устройств, обеспечивающих подачу кислорода.

В горноспасательной службе для проверки регенеративных респираторов используются два типа контрольных устройств:

А) Первое из них, более простое – индикатор ИР (ИР-2, ПИК-1), при помощи которого осуществляют пять основных видов проверки: герметичности воздухопроводной системы при давлении и разрежении; величину постоянной подачи кислорода; давления, при котором открывается избыточный клапан; подача кислорода аварийным клапаном; разрежения, при котором открывается легочный автомат.

Б) Второе, более сложное и точное устройство – универсальный контрольный прибор УКП-5. Он позволяет осуществлять те же основные пять видов проверки, что и индикатор ИР, а также проверять параметры работы наиболее важных узлов респиратора. В случае возникновения сомнений по результатам проверки на индикаторе ИР, респиратор должен быть проверен на приборе УКП-5.

Индикаторы для проверки респираторов

Назначение и техническая характеристика

Индикаторы ИР, ИР-2, ПИК-1 (далее - индикатор) предназначены для проверки основных эксплуатационных параметров кислородных изолирующих регенеративных респираторов (Р-30, Р-34) в собранном виде без оценки параметров в единицах физических величин. Индикатор

позволяет проверять в респираторах: состояние герметичности воздуховодной системы при избыточном и вакуумметрическом давлениях; постоянную подачу кислорода редуктором; срабатывание легочного автомата и избыточного клапана. Кроме того, индикатор ИР-2 имеет возможность контролировать параметры противогазов типа КИП и аппаратов со сжатым воздухом типа АСВ, АИР и других указанных заводом – изготовителем. Индикаторы рассчитаны на применение при температуре окружающей среды от 5 до 50 ОС и относительной влажности от 30 до 80 %.

Проверка индикатором должна производиться при температуре окружающей среды от 5 до 50 ОС и относительной влажности от 30 до 80 %.

Устройство всех индикаторов аналогично и показано на рис. 24 на примере ИР-2.

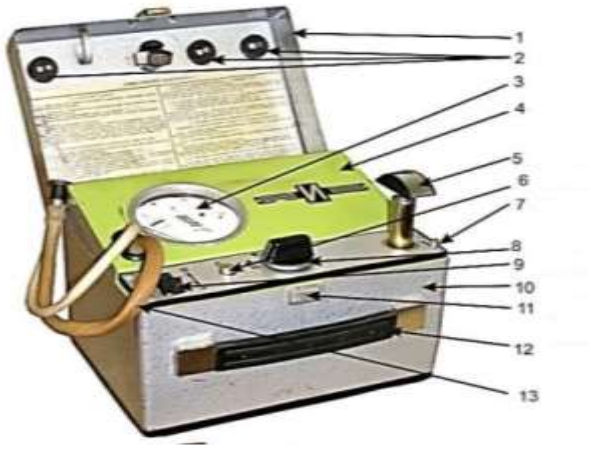


Таблица 10. Основные технические данные индикатора ИР

Показатели	Значения
Давление, при котором срабатывает избыточный клапан, контролируемое зоной «С», Па (мм вод. ст.)	От 98 до 294 (10±30)
Вакуумметрическое давление, при котором срабатывает легочный автомат, контролируемое зоной «С», Па (мм вод. ст.)	От 98 до 294 (10±30)
Давление при проверке герметичности воздуховодной системы респиратора избыточным и вакуумметрическим давлением 785 Па, контролируемое зоной «Г», Па (мм вод. ст.)	50 (5)
Постоянная подача кислорода редуктором, контролируемая зоной «Д», л/мин	От 1,3 до 1,5
Габариты, мм	250 × 200 × 180
Масса, кг	6

Техническое обслуживание

Техническое обслуживание и порядок работы с индикаторами типа ИР определены их техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

Перед каждым случаем применения прибор подлежит проверке внешним осмотром.

При внешнем осмотре индикатора проверяется: соответствие комплектности прибора паспортным данным и описи; наличие внешних признаков повреждения, грязи и пыли на внутренней и внешней поверхностях корпуса; исправность замка (11) и защелки прибора (7); сохранность защитного покрытия металлических частей прибора от коррозии; сохранность резиновых трубок коллектора от старения (13); подвижность и плавность хода ручки переключающего крана (8), ручки для переноски (12); целостность надписей на корпусе и крышке прибора.

1 раз в год производится техническое обслуживание, ремонт и настройка параметров прибора в специализированном предприятии или подразделении ВГСЧ.

Индикатор не занесен в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации (ГРСИ) и не подлежит метрологической поверке.

Подготовка прибора к работе

При подготовке прибора к работе производится внешний осмотр и проверяется герметичность при избыточном (вакуумметрическом) давлении, для чего:

- устанавливается ручка переключающего крана в положение «+» или «-»;
- перекрывной клапан переводится в положение ОТКР;
- насосом создается избыточное (вакуумметрическое) давление, необходимое для установки показывающей стрелки контрольного устройства на конечную риску;
- кнопка перекрывного клапана переводится в положение ЗАКР.

Если созданное давление несколько больше необходимого, то оно приводится к заданному уровню (кратковременно нажимается кнопка перекрывного клапана). Индикатор считается герметичным, если в течение одной минуты показывающая стрелка отклонилась не более чем на одно деление шкалы.

После окончания проверки или работы на приборе он приводится в положение, соответствующее режиму ожидания в готовности к применению.

Универсальный контрольный прибор УКП-5

Назначение и техническая характеристика

Прибор предназначен для проверки параметров кислородных изолирующих респираторов по отдельным узлам и в сборе, используется при проверке аппаратов искусственной вентиляции легких (ГС-10, ГС-11), а также для настройки и проверки индикаторов типа ИР (ПИК-1).

Прибор представляет собой сочетание наклонного манометра-реометра, двухпоплавкового расходомера реометрического типа и системы автономного питания для создания воздушного потока, состоящей из двухлитрового баллона со сжатым кислородом, редуктора и эжектора. В респираторе с помощью прибора проверяется:

- герметичность воздуховодной системы при избыточном и вакуумметрическом давлениях;
- постоянная подача кислорода редуктором;

- давление, при котором срабатывает избыточный клапан;
- вакуумметрическое давление, при котором
срабатывает легочный автомат;
- вакуумметрическое давление, при котором легочный автомат обеспечивает заданную подачу кислорода;
- подача кислорода аварийным клапаном.



Рис. 25. Прибор УКП-5

Таблица 11. Основные технические и метрологические характеристики

Показатели	Значения
Диапазон измерения манометром избыточного и вакуумметрического давлений, Па (мм вод. ст.)	От 0 до 981 (100)
Цена деления шкалы манометра, Па (мм вод. ст.)	9,8 (1,0)
Основная погрешность манометра, % от верхнего предела шкалы, не более	±2,5
Порог чувствительности манометра, Па (мм вод. ст.), не более	5 (0,5)
Давление, измеряемое манометром с воздушным компенсатором, кПа (мм вод. ст.)	4,9±0,98 (500 ± 100)
Диапазон измерения реометром объемного расхода кислорода, л/мин	от 0,6 до 2,0
Основная погрешность реометра, % от верхнего предела измерения, не более	±4,0
Расход кислорода, измеряемый расходомером, л/мин: верхним поплавком нижним поплавком	 10 60; 90; 150
Погрешность расходомера, % от нормальной величины, не более	±10,0
Максимальный поток, создаваемый эжектором при сопротивлении до 2000 Па, (200 мм вод. ст.), л/мин	150
Избыточное и вакуумметрическое давления, создаваемые эжектором, кПа (мм вод. ст.), не менее	5,88 (600)
Объем кислорода в баллоне, приведенный к нормальным условиям, л	400
Габариты, мм	450×250×198
Масса, кг	12,0

Техническое обслуживание

Техническое обслуживание и порядок работы с прибором УКП-5 определены его техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

Перед каждым случаем применения прибор подлежит проверке

внешним осмотром.

При внешнем осмотре прибора проверяется: соответствие комплектности прибора паспортным данным и описи; наличие внешних признаков повреждения, грязи и пыли на внутренней и внешней поверхностях корпуса; исправность фиксаторов крышек прибора, позволяющих устанавливать их на корпус прибора и снимать с него без значительных усилий; сохранность защитного покрытия металлических частей прибора от коррозии; подвижность маховичков кранов (7,9, рис.25а) и редуктора (10, рис. 25б)), которые должны поворачиваться плавно, без значительных усилий, а рычаг (8) перекрывного клапана – легко переключаться и четко фиксироваться в каждом из двух положений; целостность измерительных трубок манометра-реометра (3) и расходометра (6), которые должны быть прямыми и прозрачными, без пороков, затрудняющих отсчет; сохранность и четкость отметок, букв и цифр на шкалах манометра и расходомера, а также на панели; наличие клейма о поверке на манометре и его номера в перечне о поверке с оценкой срока истечения текущего межповерочного интервала; исправность установочной головки (12) манометра-реометра, которая должна позволять устанавливать и надежно фиксировать панель с измерительной трубкой под заданным углом к горизонтальной плоскости (по уровню); давление кислорода в баллоне (15) и срок его очередного технического освидетельствования по клейму; наличие на приборе маркировочной таблички с нанесенными на ней установленными в паспорте прибора данными.

1 раз в год производится техническое обслуживание, ремонт и настройка параметров прибора в специализированном предприятии.

Прибор занесен в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации (ГРСИ) и подлежит метрологической поверке с межповерочным интервалом один раз в год.

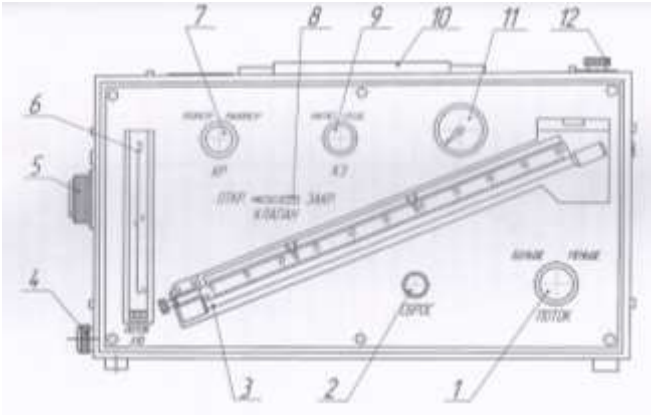


Рис. 25а. Вид прибора спереди (без крышки)
1-маховичек вентиля редуктора; 2- маховичок клапана сброса; 3- манометр-реометр; 4- штуцер расходомера; 5 - штуцер коллектора; 6 - расходомер; 7 – маховичок крана реометра; 8 - головка рычага клапана; 9- маховичок крана эжектора; 10- ручка; 11- манометр кислородный; 12- головка установочная

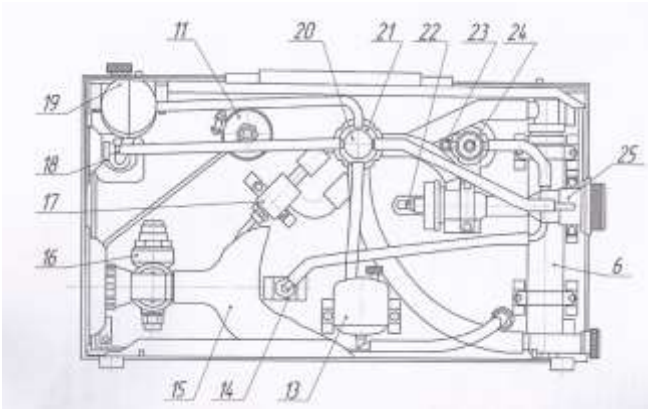


Рис. 25б. Вид прибора сзади (без крышки)
6-расходомер; 11- манометр кислородный; 13- бачок нижний; 14- клапан сброса; 15- баллон; 16- редуктор; 17- эжектор; 18- штуцер манометра-реометра; 19- бачок верхний; 20,21- кран распределительный; 22- клапан; 23- штуцер дозирующий; 24- кран реометра; 25- коллектор

Подготовка прибора к работе

Перед применением прибора проверяется герметичность систем высокого и низкого давления, работоспособность эжектора и производится установка пределов зоны допускаемого изменения значений постоянной подачи кислорода редуктором респиратора.

Для проверки герметичности системы манометра необходимо присоединить патрубок с овальным фланцем к штуцеру прибора, а выходное отверстие патрубка закрыть заглушкой. Ручка КЛАПАН устанавливается в положение ОТКР., ручка КР – в положение МАНОМЕТР, ручка КЭ – в положение НАГНЕТ. Ручки ПОТОК необходимо повернуть в сторону МЕНЬШЕ до упора, а верхний штуцер манометра открыть. Открывают вентиль баллона, плавно вращая ручку ПОТОК в сторону БОЛЬШЕ, создают в проверяемой системе давление 1000 Па (100 мм вод. ст.) и быстро переводят ручку КЛАПАН в положение ЗАКР. Если при этом давление оказалось больше необходимого, уменьшают его путем перепуска воздуха с помощью клапана сброса. Затем поворачивают ручку ПОТОК в сторону МЕНЬШЕ до упора и наблюдают за уровнем жидкости в измерительной трубке манометра. Система считается герметичной, если в течение минуты уровень жидкости в измерительной трубке не понизится.

Для проверки работоспособности эжектора прибора снимается заглушка со штуцера (13) коллектора, устанавливается рычаг (8) «КЛАПАН» в положение «ОТКР», маховичок (7) «КР» - в положение «МАНОМЕТР», маховичок (9) «КЭ» - в положение «НАГНЕТ», а маховичок (1) «ПОТОК» поворачивается в направлении «МЕНЬШЕ» до упора. Открывается вентиль баллона и вращением маховичка (1) в направлении «БОЛЬШЕ» создаются последовательно такие потоки воздуха, чтобы поплавки расходомера устанавливались поочередно против соответствующих рисок на его шкале: верхний (черный) поплавок - против риски с обозначением 1, нижний (красный) - против рисок с обозначением 6; 7; 9; 10 и 15. Проверяется устойчивое положение поплавка против каждой риски.

Затем маховичок (9) переводится в положение «ОТСАС» и прибор опробуется таким же способом при отсасывании.

Установка пределов зоны допускаемого изменения значений постоянной подачи кислорода редуктором респиратора на шкале манометра-реометра прибора производится с помощью передвижных стрелок.

Верхний и нижний пределы зоны, соответствующие крайним допустимым значениям измеряемого расхода (1,4±0,1 л/мин), определяются с учетом поправок на изменение температуры и атмосферного давления по двум номограммам, составленным для нижнего предела расхода кислорода 1,3 л/мин и для верхнего предела 1,5 л/мин. Номограммы прикреплены на внутренней стороне передней крышки прибора и являются обязательными для указанного в свидетельстве прибора. На каждой номограмме на диагональной прямой, обозначающей зону значений перепада давлений, находится точка пересечения координат действительных значений температуры (t, ОС) в помещении в момент использования прибора и атмосферного давления (Р, мм рт. ст.). По точке пересечения («Х») на

диагонали в точке «С» определяется перепад давления (h, мм вод. ст.), по величине которого на шкале манометра-реометра устанавливаются стрелки для верхнего и нижнего пределов расхода кислорода.

В подразделениях заблаговременно перед проверкой респираторов определяются (по сведениям КИЛ, службы СДС) возможные максимальные и минимальные значения барометрического давления по месту дислокации, а также температуры воздуха в проверочных помещениях. По номограмме для нижнего предела постоянной подачи кислорода определяется перепад давления при максимальной температуре и минимальном давлении, а по номограмме для верхнего предела – перепад давления при минимальной температуре и максимальном давлении

Номограммы и графике градуировки реометра прибора ежегодно обновляются специализированным предприятием, производящим техническое (сервисное) обслуживание прибора.

После окончания проверки или работы на приборе он приводится в положение, соответствующее режиму ожидания в готовности к применению:

при закрытом вентиле баллона и открытом клапане (8) поворотом маховичка (1) выпускается кислород из системы высокого давления, после чего маховичок возвращается до упора в сторону «меньше». Маховичок (7) устанавливается в положение «манометр», штуцеры (4;5 и 18) закрываются заглушками, баллон заполняется кислородом до давления (20±1) МПа и устанавливается в прибор;

проверяется комплектность прибора, приспособления и инструмент укладываются в ящик на задней крышке, устанавливаются на свои места крышки и прибор помещается на место своего постоянного хранения.

Рекомендации по использованию спирта этилового при эксплуатации универсального контрольного прибора УКП-5

Для обеспечения правильной настройки и проверки параметров изолирующих регенеративных респираторов, плотность спиртового раствора в приборе УКП-5 должна соответствовать 0,85 г/см3 при Н.У. (УКП-5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации).

Необходимая (рабочая) плотность водно-спиртового раствора, используемого в контрольном приборе УКП-5, в зависимости от температуры окружающего воздуха указаны в табл. 12.

Таблица12

Темпе-ратура, град	Плот-ность, г/см3	Содер-жание, % об	Темпе-ратура, град	Плот-ность, г/см3	Содер-жание, % об	Темпе-ратура, град	Плот-ность, г/см3	Содер-жание, % об
10	0,858	80,2	20	0,850	83,2	30	0,841	86,2
11	0,858	80,5	21	0,849	83,5	31	0,840	86,5
12	0,857	80,8	22	0,848	83,8	32	0,840	86,8
13	0,856	81,1	23	0,847	84,1	33	0,839	87,1
14	0.855	81,4	24	0,847	84,4	34	0,838	87,4
15	0,854	81,7	25	0,846	84,7	35	0,837	87,6
16	0,853	82,0	26	0,845	85,0	36	0,836	87,9
17	0,853	82,3	27	0,844	85,3	37	0,835	88,2
18	0,852	82,6	28	0,843	85,6	38	0,834	88,5

19	0,851	82,9	29	0,842	85,9	39	0,833	88,7

Содержать во взводах в качестве резерва запас окрашенного спиртового раствора плотностью 0,85 г/см3 при Н.У. в специально герметически закрываемых сосудах и использовать его по мере расходования в приборе.

Производить периодически не реже 1 раза в 3 месяца промывку верхнего и нижнего бачков манометров и заливку их новым спиртовым раствором.

При сомнениях и подозрениях в истинной плотности спиртового раствора, находящегося в приборе, проверять плотность раствора этилового спирта весовым методом в газоаналитических (контрольно-испытательных) лабораториях ВГСЧ. Минимальная проба для взвешивания должна составлять не менее 10 мл.

Приспособления для проверки панорамных и шлем-масок

Устройство (приспособление) ПМ-3

Назначение и устройство



Рис. 1.26. Устройство ПМ-3

Приспособление ПМ-3 предназначено для проверки герметичности панорамных масок изолирующих регенеративных респираторов.

Приспособление (рис. 26а) состоит из подставки (1), к которой крепится пластина (12) со стаканом (13). В стакане расположена гильза (15). Между подставкой и пластиной защемлен задний фланец груши (2). Передний фланец груши надет на переднюю часть винта (23) и зажат между стаканами (4) и (9) гайкой (6). Проворачиванию винта (23) препятствует стопорный болт (11). Винт может перемещаться в гильзе и герметизируется кольцом (14). На задней части винта нарезана трапецеидальная резьба, на которую навинчена гайка (22) маховика (18). На заднюю часть винта надет гофрированный шланг (24).

Подсоединение приспособления к контрольному прибору УКП-5 осуществляется с помощью штуцера (25) и гайки (26). Между штуцерами (25) и (29) размещено уплотнительное кольцо (27). Гайка (22) запрессована в маховик и дополнительно крепится от проворота гуженами (30). Маховик армирован резиновым кольцом (17).

На гильзу надет шарикоподшипник (19) и прижат к стакану (13) гайкой (21). Стакан и гильза герметизируются уплотнительным кольцом (31). На шарикоподшипник надет упор (16). Между шарикоподшипником и маховиком расположено кольцо (32). Маховик и упор соединяются болтами

(20). Стакан (10) с пластиной (5) прижимается к стакану (9) гайкой (7). В грушу заливается 1,2 кг глицерина через наливное отверстие, герметизируемое винтом (33) с уплотнительным кольцом (3).

Для проверки на герметичность воздуховодной системы приспособления служит пробка (8).

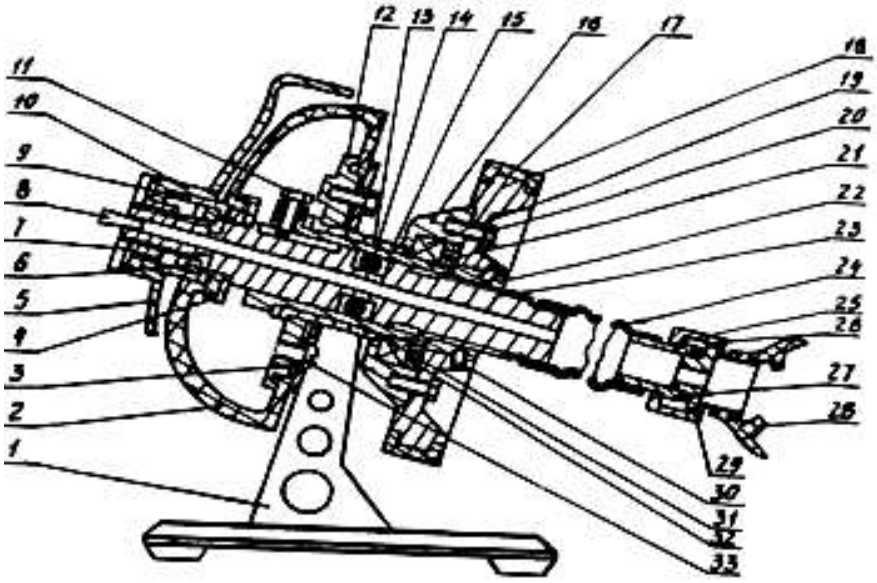


Рис. 26а. Устройство приспособления ПМ-3

Подготовка приспособления ПМ-3 к работе

Подготовка приспособления к работе включает установку пластины, соответствующей типу проверяемой маски, проверку прижимного устройства на герметичность, проверку на герметичность воздуховодной системы.

Установка пластины.

Пластина (5) выполнена съемной и в верхней части наружной поверхности имеет маркировку.

Для проверки на герметичность масок первого типоразмера (тип 13145) используются пластины с маркировкой "ПМ МЕДИ-1", масок второго типоразмера (тип 13245) - пластины с маркировкой "МЕДИ-2", масок третьего типоразмера (тип 13345)-с маркировкой "МЕДИ-3".

Необходимо установить соответствие пластины типоразмеру проверяемой маски. При несоответствии необходимо заменить пластину для чего ключом отвинтить гайку (7), снять пластину со стакана (9), на ее место установить соответствующую пластину и завинтить гайку.

Проверить симметричность установки пластины относительно продольной оси груши (2) и при необходимости ослабить гайку (7), развернуть пластину в нужную сторону и вновь затянуть гайку.

Проверка на герметичность прижимного устройства

Произвести внешний осмотр приспособления и убедиться в отсутствии течи глицерина. Вращением маховика (18) по часовой стрелке довести пластину (5) до соприкосновения с грушей, повернуть маховик еще на полтора оборота и в таком состоянии выдержать 1-1,5 мин. Если течи не

наблюдается, прижимное устройство считается герметичным.

Проверка на герметичность воздуховодной системы ПМ-3

Подсоединить штуцер (25) к прибору УКП-5, закрыть отверстие винта пробкой (8). Создать в воздуховодной системе ПМ-3 избыточное, а затем вакуумметрическое давление 80 мм вод. ст.±10 мм вод. ст. Воздуховодная система приспособления считается герметичной, если в течение одной минуты не наблюдается падения избыточного или вакуумметрического давления.

Проверка масок на герметичность

Подсоединить приспособление ПМ-3 к контрольному прибору УКП-5. Протереть влажной ветошью обтюратор маски и грушу ПМ-3. Надеть маску на пластину (5) так, чтобы обтюратор маски оказался между пластиной и грушей, а лобный ремешок внизу. Вращая маховик, зажать обтюратор маски. Загерметизировать гнездо подсоединения маски к респиратору заглушкой. Создать в подмасочном пространстве избыточное, а затем вакуумметрическое давление 80 мм вод. ст.± 10 мм вод. ст.

Проверка на герметичность системы маски с респиратором производится аналогичным способом, только взамен заглушки подсоединяется соединительная коробка со шлангами и респиратор.

Маска отдельно, а также маска совместно с респиратором считается герметичной, если в течение четвертой минуты после создания избыточного или вакуумметрического давления падение давления не превысит 5 мм вод. ст.

Стенд «Надувная тестовая голова»

Стенд «Надувная тестовая голова» фирмы «Drager» предназначен для проверок защитно-дыхательных масок. Надувная резиновая голова используется для моделирования формы головы человека так, чтобы маску можно было проверить на герметичность и определить утечку, если она имеет место.

Стенд включает в себя следующие составные части (рис. 27):

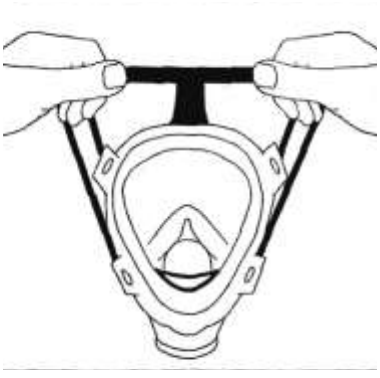


Рис. 28. Дыхательная маска

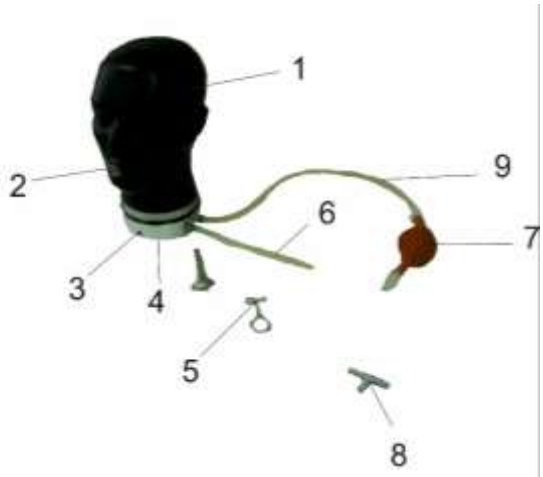


Рис. 27 Устройство стенда

1- резиновая «голова»; 2 – мундштук; 3 – отверстие для крепления

головы к основанию; 4 – металлическая подставка; 5 – зажим для трубки; 6 – трубка для надувания «головы»; 7 – насос-груша; 8 – Т-разъем; 9 – испытательная труба.

Подготовка стенда к проверке маски

Для подготовки стенда и маски к проверке необходимо:

Подключить насос-грушу (поз. 7 рис. 27) к трубке для надувания «головы» (поз. 6 рис.27). Вместо насоса-груши могут быть использованы воздушный компрессор, баллон со сжатым воздухом или трубопровод сжатого воздуха, прибор для создания избыточного давления и разряжения (типа УКП-5).

Освободить от зажима трубку для надувания «головы», умеренно раздуть «голову» и пережать трубку зажимом.

Увлажнить водой внутри рамки маски и соприкасающуюся с маской поверхность «головы».

Надеть маску на «голову», начиная с совмещения подбородка маски с подбородком «головы».

Надев маску, стянуть регулировочные ремни к перекрестью (рис.28). При необходимости поправить маску.

Равномерно стянуть ремни шеи и ремни затылка, при необходимости подтянуть теменной ремень (рис.29).

Снять зажим с трубки для надувания «головы» и дополнительно раздуть «голову», пока рамка маски плотно не приляжет по всей контактной поверхности к «голове», затем зажать нагнетательную трубку.

Проверка маски

Для проверки маски необходимо собрать схему, подобную изображенной на рис.30, используя соответствующие переходники и контрольные приборы (манометры, УКП-5, ИР и т.п.). Создать в подмасочном пространстве давление и проконтролировать его падение за определенное время. После проверки снять маску и выпустить воздух из-под маски и из «головы».

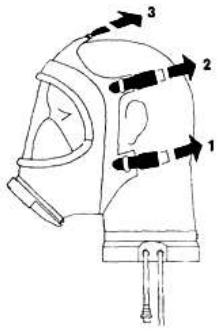


Рис. 29

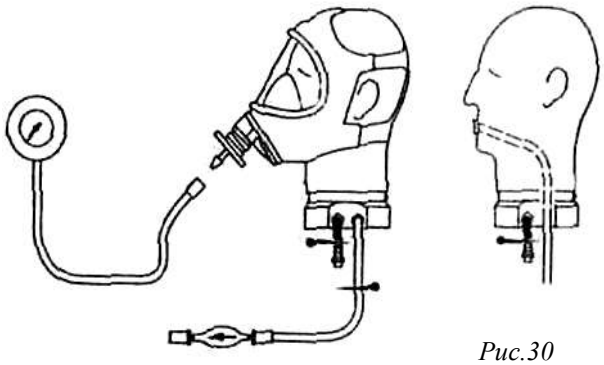


Рис.30

Хранение

Стенд должен храниться в сухом прохладном месте, защищенным от пыли и коррозии. Не допускается прямое тепловое излучение.

Техническая характеристика

Технические данные стенда указаны в табл. 13.

Таблица 13

Размеры, высота х ширина, мм:	280х190
Давление воздуха, максимум, мм вод. ст.	
в «голове»	500
в трубке	200
Масса, кг	2,5

Приборы проверки дыхательного аппарата на сжатом воздухе

Система контроля дыхательных аппаратов СКАД

Назначение и техническая характеристика

Система контроля дыхательных аппаратов СКАД-1 (далее по тексту – система) предназначена для проверки показателей дыхательных аппаратов со сжатым воздухом типа АИР-98МИ, ПТС «Профи», ПТС "Базис", ПТС "Фарватер", ПТС "Спасатель", РА-90 Plus, АП-98-7К, АП-2000, АП «Омега», АИР-300СВ и лицевых частей дыхательных аппаратов на соответствие требованиям, изложенным в руководствах по эксплуатации на дыхательные аппараты.

Система позволяет проводить следующие виды проверок:

- величины вакуумметрического давления воздуха, при котором включается легочный автомат;
- величины избыточного давления воздуха, создаваемого легочным автоматом;
- величины избыточного давления в подмасочном пространстве лицевой части при нулевом расходе воздуха;
- величины давления воздуха, при котором открывается клапан выдоха лицевой части;
- величины редуцированного давления, давления открытия предохранительного клапана и герметичности клапана редуктора;
- герметичности воздуховодной системы дыхательного аппарата;
- герметичности лицевой части при вакуумметрическом давлении;
- герметичности спасательного устройства при вакуумметрическом давлении;
- величины вакуумметрического давления воздуха, при котором открывается клапан легочного автомата спасательного устройства без избыточного давления под лицевой частью.

Система выполнена в климатическом исполнении У категории 4 по ГОСТ 15150, но для работы при температуре окружающего воздуха от 5 до 50 ОС и относительной влажности до 80%.

Таблица 14. Основные технические характеристики системы «СКАД»

Показатели		Значение
1	Диапазон измерения избыточного и вакуумметрического давления, Па	минус 1250 …+1250
2	Диапазон измерения редуцированного давления, МПа	0 … 2,0
3	Диапазон измерения времени, с	0 … 3600
4	Полезный объем насоса, дм3, не менее	0,5

5	Габаритные размеры, мм, не более контрольно-измерительного блока муляжа головы человека проверочного диска	 450x260x220 380x280x220 370x140x300
6	Масса, кг, не более контрольно-измерительного блока муляжа головы человека проверочного диска	7,0 1,8 3,5

* - муляж головы человека применяется для проверок импортных лицевых частей, а проверочный диск - для проверок лицевых частей, изготовленных в России.

Таблица 15. Состав, маркировка и назначение деталей комплекта переходников

Обозначение	Маркировка	Наименование и назначение	Тип дыхательного аппарата	Место присоединения к аппарату
СКАД15.001	1	Переходник с наружной резьбой М18х1,5 и штуцером для подключения аппарата к БРС.	АИР-98МИ ПТС «Авиа» ПТС "Профи" ПТС "Спасатель" ПТС "Фарватер"	Шланг легочного автомата
СКАД15.002	2	Переходник для подключения разъема аппарата к БРС	АП-98-7К АП-2000 АП «Омега»	Разъем
СКАД15.003 СКАД15.009	3	Переходник с наружной резьбой М45х3 и внутренней резьбой 40х4 и прокладка	Все типы	Легочный автомат без избыт. давления
СКАД15.004	4	Переходник с наружной резьбой М45х3 и штуцером для подключения муляжа (или проверочного диска)		
СКАД15.005	5	Переходник с наружной резьбой М45х3 и гнездом для подключения легочного автомата с байонетным соединением	АП-98-7К	Легочный автомат
СКАД15.006	6	Заглушка для проведения проверки герметичности системы		
СКАД15.008	8	Заглушка клапана выдоха лицевой части типа ШМП	Все типы с ШМП	Клапан выдоха
СКАД15.010	10	Переходник с наружной резьбой М45х3 и гнездом для подключения легочного автомата со штекерным соединением	ПТС "Профи" ПТС "Фарватер" ПТС	Легочный автомат

			«Базис» РА-90 Plus	
СКАД15.020	20	Переходник для подключения редуктора "Drager" к БРС	ПТС «Базис» РА-90 (94)Plus	Гнездо редуцированного давления
СКАД15.030	30	Переходник для подключения разъема аппарата к БРС	Все типы, кроме АП-98-7К АП-2000 АП «Омега»	Разъем
СКАД15.040	40	Переходник с наружной резьбой М20х1 и штуцером для подключения аппарата к БРС.	АП-98-7К АП-2000 АП «Омега»	Шланг легочного автомата

Устройство системы

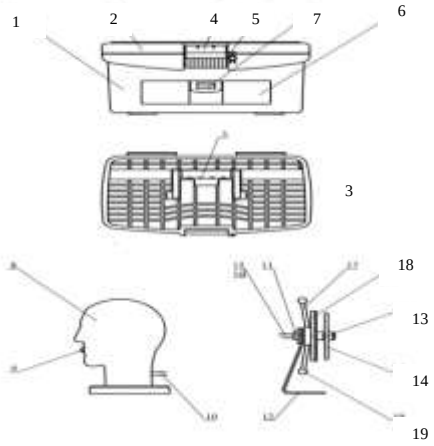


Рис.31. Система контроля дыхательных аппаратов СКАД
1 - переносной корпус; 2 – крышка; 3- ручка для переноса; 4 - замок крышки; 5 - проушина для транспортной пломбы; 6 - отсек для переходников; 7 - кнопка-фиксатор; 8 - корпус; 9 - штуцер; 10 - трубка; 11 - корпус; 12 – кронштейн; 13 - гайка; 14 - лицевой диск; 15 - соединительный ниппель; 16 – трубка; 17 – маховик; 18 - прижимной диск; 19 – рукоятка



Рис.32. Панель управления системы СКАД
1 - присоединительная муфта; 2 - уплотнительная прокладка; 3 - заглушка; 4 - кнопка сброса избыточного (или вакуумметрического) давления; 5 - рычаг переключения «избыток - вакуум»; 6 - мановакуумметр; 7 - рукоятка насоса; 8 – фиксатор; 9 - кнопка сброса редуцированного давления; 10 - быстроразъемное соединение (БРС); 11 - манометр редуцированного давления;12 – секундомер

Система (рис. 31) состоит и
противоударного корпуса 1 с крышкой 2
крышки 4, проушины для транспортной пло
и кнопки - фиксатора 7.

Муляж головы человека (или прове
крепления лицевой части при проведении пр

Муляж головы человека состоит из корпуса 8 со штуцером 9 и трубкой 10, через которые подмасочное пространство соединяется с системой.

Проверочный диск состоит из корпуса 11, установленного на кронштейне 12. На корпусе гайкой 13 закреплен лицевой диск 14 и присоединительный ниппель 15 с трубкой 16. Маховик 17 и установленный на нем прижимной диск 18 перемещаются по резьбовой части корпуса при помощи рукоятки 19.

В корпусе системы размещен контрольно-измерительный блок. Органы управления блоком, контрольно-измерительные приборы и устройства

подключения к блоку (присоединительная муфта и быстроразъемное соединение) вынесены на панель управления.

На панели управления (рис. 32) размещены присоединительная муфта 1 с уплотнительной прокладкой 2 и заглушкой 3, кнопка сброса избыточного (или вакуумметрического) давления 4, рычаг переключения «избыток - вакуум» 5, мановакуумметр 6, рукоятка насоса 7 с фиксатором 8, кнопка сброса редуцированного давления 9, быстроразъемное соединение (БРС) 10, манометр редуцированного давления 11, секундомер 12. На быстроразъемное соединение надет защитный колпак.

Принцип действия системы

Контрольно-измерительный блок системы состоит из двух автономных блоков:

- блока низкого давления;
- блока редуцированного давления.

Блок низкого давления

Источником давления в блоке служит ручной поршневой насос 1 с пружиной возврата штока насоса в рабочее (крайнее верхнее) положение.

При нажатии на рукоятку насоса воздух под давлением поступает к пневмораспределителю 2, переключение которого в одно из его положений определяет создание в блоке избыточного или вакуумметрического давления. От пневмораспределителя избыточное (вакуумметрическое) давление поступает к муфте 3, к которой присоединяется непосредственно или через переходник проверяемый узел аппарата, далее к мановакуумметру 4, предназначенному для контроля давления в блоке и пневмораспределителю 5, предназначенному для сброса давления в блоке.

Блок редуцированного давления

Редуцированное давление от воздуховодной системы дыхательного аппарата поступает в блок через быстроразъемное соединение 6. Величина редуцированного давления контролируется по манометру 7.

Сброс давления в блоке осуществляется пневмораспределителем 8 и перевести рычаг переключения 5 в положение "избыток".

Использование системы

Перед использованием системы по назначению необходимо:

- подготовить систему к работе;
- проверить герметичность системы с подключенным муляжом головы (или проверочным диском).

Подготовка системы к работе

Установить систему и муляж головы (или проверочный диск) на рабочем месте, открыть крышку корпуса.

Начальное положение стрелки мановакуумметра 6 (рис. 32) должно соответствовать положению «0». При необходимости провести корректировку начального положения стрелки при помощи регулировочного винта, для чего снять заглушку со стекла мановакуумметра и через отверстие в стекле выставить положение стрелки («вывести на ноль»).

Завести секундомер 12 и проверить его работоспособность пробным

пуском.

Привести рукоятку 7 насоса в рабочее положение, повернув фиксатор 8 по направлению стрелки, указанной на панели.

Подготовку муляжа головы для подключения к системе провести по методике, изложенной в руководстве по эксплуатации на муляж.

Проверку герметичности системы с подключенным муляжом головы (или проверочным диском) проводить последовательно избыточным и вакуумметрическим давлением.

Установить в муфту 1 (рис. 32) переходник № 4 и подсоединить к нему муляж головы (или проверочный диск). Установить на муляж головы заглушку № 6 (или заглушить отверстие в корпусе проверочного диска).

Перевести рычаг переключения 5 в положение "избыток" ("вакуум").

Рукояткой насоса 7 плавно создать в системе избыточное (вакуумметрическое) давление 1000 Па. Контроль давления по мановакуумметру 6.

Нажав на кнопку сброса 4, снизить давление в системе до 950±50 Па.

Включить секундомер 12. Выдержать систему в течение 1 мин, наблюдая за показаниями мановакуумметра.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 4.

Система с подключенным муляжом головы (или проверочным диском) считается герметичной, если не наблюдается изменение давления.

Внимание!

Во избежание зависания стрелки мановакуумметра не рекомендуется создавать избыточное давление более 1250 Па (вакуумметрическое - менее минус 1250 Па), для устранения зависания стрелки нажать и удерживать кнопку сброса 4 до момента начала движения стрелки.

Работа с системой

При подключении к системе дыхательных аппаратов на уплотнительные кольца нанести смазку ЦИАТИМ-221.

При установке лицевой части на муляж головы обтюратор лицевой части и муляж в месте прилегания обтюратора протереть тампоном, обильно смоченным в водопроводной воде, для удаления абразивных материалов и других посторонних частиц.

Проверки проводить на непросушенных лицевой части и муляже или нанеся на них мыльный раствор для повышения герметичности места обтюрации.

Перед установкой лицевой части на муляж головы сбросить давление в муляже до рисок 1…2 на шкале индикатора, переведя и удерживая рычаг переключения в положении «сброс». Надеть лицевую часть на муляж. Поднять давление в муляже до верхней риски зеленого сектора шкалы индикатора, и после выдержки в течение 1,5±0,5 мин сбросить давление до установки стрелки индикатора на середине зеленого сектора. Данная величина давления в муляже является оптимальной для проверки всех типов лицевых частей.

Для установки лицевой части на проверочный диск необходимо

вращением маховика 17 (левая резьба) (рис. 31) отвести прижимной диск 18 от лицевого диска 14. На диск 14 надеть лицевую часть, перекинув предварительно оголовье на лицевую сторону. Вращением маховика прижать прижимной диск к лицевому, придерживая ремни лицевой части.

Проверка дыхательных аппаратов

Проверка величины вакуумметрического давления воздуха, при котором включается легочный автомат

Установить непосредственно или через переходник (№ 5 или № 10) выключенный легочный автомат в муфту 1 (рис. 32) системы.

Открыть вентиль баллона.

Перевести рычаг переключения 5 в положение "вакуум".

Рукояткой насоса 7 медленно создать в системе вакуумметрическое давление и наблюдать за показаниями мановакуумметра 6.

Момент, когда давление начнет возрастать, считается моментом включения легочного автомата.

Закрыть вентиль баллона.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 4.

Отсоединить легочный автомат от системы.

Проверка величины избыточного давления воздуха, создаваемого легочным автоматом

Установить непосредственно или через переходник (№ 5 или № 10) легочный автомат в муфту 1 (рис. 1.32) системы.

Включить легочный автомат (способ включения легочного автомата – см. руководство по эксплуатации на дыхательный аппарат).

Открыть вентиль баллона.

Контролировать величину избыточного давления по мановакуумметру 6.

Закрыть вентиль баллона.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 4.

Отсоединить легочный автомат от системы.

Проверка величины избыточного давления в подмасочном пространстве лицевой части при нулевом

расходе воздуха и герметичности воздуховодной системы дыхательного аппарата

Установить в муфту 1 системы переходник № 4 и подсоединить к нему муляж головы (или проверочный диск). Проверить собственную герметичность системы.

Надеть лицевую часть на муляж головы (или проверочный диск).

Установить легочный автомат в гнездо клапанной коробки лицевой части. Включить легочный автомат.

Открыть вентиль баллона. Зафиксировать показания мановакуумметра 6.

Закрыть вентиль баллона.

Включить секундомер и в течение 1 мин наблюдать за показаниями манометра аппарата.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 4.

Воздуховодная система аппарата считается герметичной, если в течение 1 мин падение давления не превышает 2,0 МПа.

Проверка величины давления воздуха, при котором открывается клапан выдоха лицевой части

Установить в муфту 1 системы переходник № 4 и подсоединить к нему муляж головы (или проверочный диск). Проверить собственную герметичность системы.

Надеть лицевую часть на муляж головы (или проверочный диск).

Установить выключенный легочный автомат в гнездо клапанной коробки лицевой части.

Перевести рычаг переключения 5 в положение "избыток".

Рукояткой насоса 7 медленно создавать в системе избыточное давление и наблюдать за показаниями мановакуумметра 6.

Момент, когда давление в системе перестанет возрастать, считается моментом открытия клапана выдоха лицевой части.

Проверка величины редуцированного давления, давления открытия предохранительного клапана и герметичности клапана редуктора

Присоединить к быстроразъемному соединению (БРС) системы непосредственно или через переходник (№ 1, № 2, № 20, № 30 или № 40) линию редуцированного давления аппарата.

Открыть вентиль баллона.

Включить секундомер. Контролировать в течение 1 мин величину редуцированного давления по манометру системы.

Провести проверку давления открытия предохранительного клапана редуктора по методике, изложенной в руководстве по эксплуатации дыхательного аппарата. Зафиксировать по манометру системы величину давления открытия предохранительного клапана.

Закрыть вентиль баллона.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 9.

Клапан редуктора считается герметичным, если величина редуцированного давления не изменяется.

Проверка герметичности лицевой части при вакуумметрическом давлении

Установить в муфту 1 системы переходник № 4 и подсоединить к нему муляж головы (или проверочный диск). Проверить собственную герметичность системы.

Надеть лицевую часть на муляж головы (или проверочный диск). Установить заглушку (легочный автомат с заглушенным шлангом) в линию вдоха лицевой части.

Перевести рычаг переключения 5 в положение "вакуум".

Рукояткой насоса 7 создать в системе вакуумметрическое давление 1100 ± 100 Па. Контроль давления по мановакуумметру 6.

Включить секундомер 12. Выдержать систему в течение 2,5 ± 0,5 мин.

Нажав на кнопку сброса 4, снизить давление в системе до 980 ± 20 Па.

Выдержать систему в течение 1 мин, наблюдая за показаниями мановакуумметра.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 4.

Снять заглушку из линии вдоха.

Лицевая часть считается герметичной, если падение давления в ней не превысило 50 Па в минуту.

Проверка герметичности спасательного устройства при вакуумметрическом давлении

Установить в муфту 1 системы переходник № 4 и подсоединить к нему муляж головы (или проверочный диск). Проверить собственную герметичность системы.

Надеть лицевую часть спасательного устройства на муляж головы (или проверочный диск). Присоединить к лицевой части легочный автомат спасательного устройства с заглушенным шлангом.

Перевести рычаг переключения 5 в положение "вакуум".

Рукояткой насоса 7 создать в системе вакуумметрическое давление 900±20 Па. Контроль давления по мановакуумметру 6.

Включить секундомер 12. Выдержать систему в течение 2,5±0,5 мин.

Нажав на кнопку сброса 4, снизить давление в системе до 800±20 Па. Выдержать систему в течение 1 мин, наблюдая за показаниями мановакуумметра.

Сбросить давление в системе, нажав на кнопку сброса 4.

Снять заглушку с легочного автомата.

Спасательное устройство считается герметичным, если падение давления за 1 мин не превысило 100 Па.

При использовании в спасательном устройстве ШМП-1 допускается падение давления 353 Па при создании вакуумметрического давления 1177 Па. При проведении проверки в клапан выдоха установить заглушку № 8.

Проверка вакуумметрического давления воздуха, при котором открывается клапан легочного автомата спасательного устройства без избыточного давления под лицевой частью

Проверку проводить по методике, изложенной в настоящем руководстве.

Общие требования к эксплуатации системы

Система может эксплуатироваться в стационарных условиях при температуре окружающего воздуха от 5 до 50 ОС и относительной влажности от 30 до 80 %.

Перед вводом в эксплуатацию необходимо снять транспортную пломбу, проверить внешним осмотром состояние системы и соответствие комплектности перечню, указанному в паспорте на систему.

После хранения или транспортирования системы без упаковки при температуре ниже 0 ОС произвести выдержку системы в течение 2 часов при температуре от 5 до 50 ОС.

Перед каждым применением системы необходимо проверять герметичность системы с подключенным муляжом головы (или проверочным

диском) в соответствии с настоящим руководством.

Для более быстрого сброса давления в блоке низкого давления вместо кнопки сброса 4 (рис. 32) допускается использовать рычаг переключения 5, переводя его в любое из положений ("избыток" или "вакуум").

Запрещается создавать насосом давление более 1250 Па, подключать к быстроразъемному соединению источник давления более 2,0 МПа.

Проверку дыхательного аппарата проводить при постоянной температуре окружающего воздуха. Допустимая скорость изменения температуры 1 ОС в час.

Беречь систему от падений и ударов.

После завершения работы с системой необходимо:

- установить рукоятку насоса 7 в транспортное положение;
- установить заглушку 3 на муфту 1;
- установить колпак на быстроразъемное соединение 10.

Поверка мановакуумметра и манометра, применяемых в системе, должна производиться не реже одного раза в год в установленном порядке.

Периодичность последующих переосвидетельствований приборов устанавливается аналогично контрольным приборам для проверки респираторов указанных в Регламенте.

Самоспасатели на химически связанном кислороде

Общие положения

Самоспасатели шахтные изолирующие (рис. 33 и рис. 34) предназначены для защиты органов дыхания человека при подземных авариях в угольных шахтах и других горнодобывающих предприятиях, связанных с образованием непригодной для дыхания атмосферы.



Рис.33. Самоспасатель ШСС-1У



Рис. 34. Самоспасатель ШСС-1П

Самоспасатель представляет собой изолирующий дыхательный аппарат разового применения с химически связанным кислородом и маятниковой схемой дыхания.

Самоспасатель относится к изделиям исполнения У, категории 5 по ГОСТ 15150, для эксплуатации при температуре от –20 °С до +40 °С,

относительной влажности воздуха до 100 % при35 °С, атмосферном давлении до 133,5 кПа.

Корпус самоспасателя может быть выполнен из углеродистой стали, никелированной стали или пластмассы. В модификациях самоспасателей буквенный индексы «У» и «Н» обозначают марку стали, индекс «П» - пластмассовый корпус.

Самоспасатель с буквенным индексом «Н» предназначен для шахт с повышенной агрессивностью производственной среды, характеризующейся кислотными шахтными водами и водами с повышенным содержанием коррозионно-активных компонентов: хлор- и сульфат ионов соответственно более 1000 и 800 мг/л.

Самоспасатель с буквенным индексом «П» имеет упрочненный выполненный из полимерного материала корпус.

Самоспасатель рассчитан на постоянное ношение или переключение в шахте и использование в аварийных условиях при выходе на свежую вентиляционную струю воздуха.

Модификации самоспасателей

Отечественной промышленностью и за рубежом выпускается много модификаций шахтных самоспасателей, в т.ч. одночасового срока действия: ШС-1У, ШСС-1П, ШСС-1М, ШСС-Т, ШСС-ТМ и др.

Основные модификации самоспасателей одночасового срока действия представлены в таблице 16.

Таблица 16. Технические характеристики самоспасателей

Показатели	Значения						
	ШСС-Т	ШСС-ТН	ШС-ТМ	ШСС-1М	ШСС-1У	ШСС-1П	ШС-90 новинка
Время защитного действия при нагрузках, мин, не менее							
- средней тяжести (легочная вентиляция 35 дм3/мин)	60	60	60	60	60	60	90
- тяжелой (легочная вентиляция 70 дм3/мин)	-	18	20	-	-	-	30
- в покое (легочная вентиляция 10 дм3/мин)	180	260	300	300	260	180	450
Температура вдыхаемой газовой смеси, ОС, не более	55	55	45	-	-	-	50
Температурный диапазон эксплуатации, ОС	от -20 до +40	от -20 до +40	от -20 до +40	от -20 до +40	от -10 до +40	-	от -20 до +40
Сопротивление дыханию (35 дм3/мин), мм вод. ст., не более	100	100	100	-	-	-	75
Габаритные размеры, мм	111х146 х248	111х146 х248	230х180 х80	270х150	270х150	-	240х90х 120
Масса самоспасателя, кг	3,0	3,0	2,4	3,0	3,0	3,0	3,9
Гарантийный срок эксплуатации, лет	5	5,5	7,5	5	5	5	7,5
Полный срок службы, лет	-	-	-	-	-	10	-
Изготовители	1	1	1	2	3	3	2

Удельное время защитного действия, мин/кг, (35 дм3/мин)	20	20	25	20	20	20	23,07

Примечание:

1.* - самоспасатели с индикатором герметичности.

2. Обозначения изготовителей: 1- ОАО «Корпорация «РОСХИМЗАЩИТА» (бывший «ТамбовНИХИ»); 2– ООО «Гайский завод горноспасательного оборудования «ОЗОН» (г. Гай, Россия); 3 –ПАО «Донецкий завод горноспасательного оборудования», Украина.

Устройство самоспасателя

Во всех изолирующих самоспасателях на химически связанном кислороде принята маятниковая система дыхания с незначительными конструктивными отличиями. Принципиальная схема и устройство изолирующего самоспасателя на примере ШСС-1М приведены на рис. 35, ШСС–Т - на рис. 36.

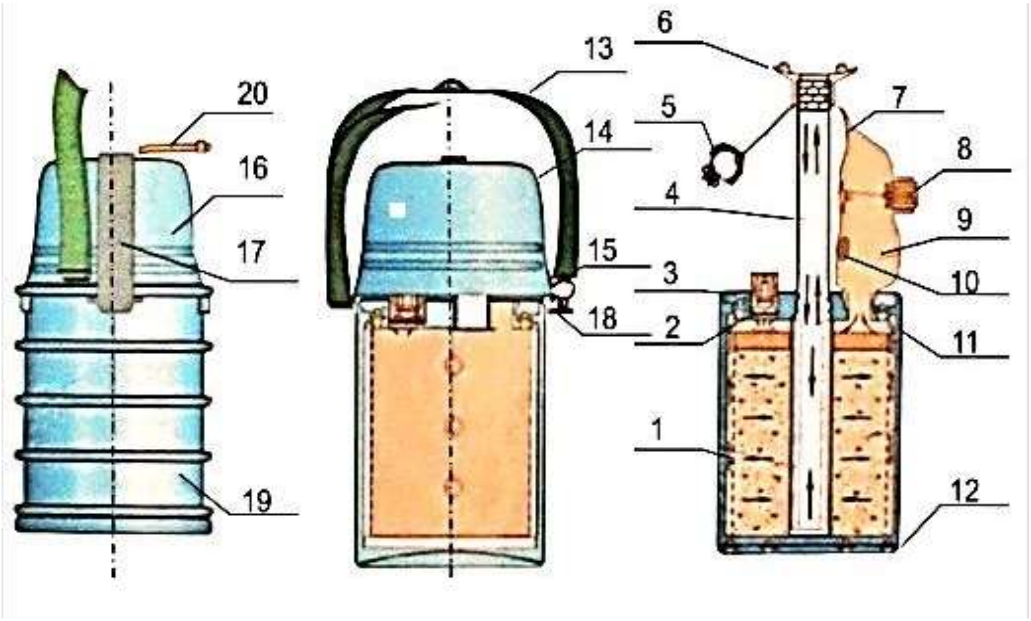


Рис.35. Устройство самоспасателя ШСС-1М

Самоспасатель ШСС-1М (рис. 35) состоит из патрона (1) с пусковым устройством (3) и пусковым брикетом (2), мешка (9) с избыточным клапаном (8) и узлом защиты брикета (кнопки 7 и пробка 10), шланга (4) с загубником (6) и зажима (5). Эти элементы вмонтированы в корпус (19) на амортизаторах (11, 12) и закреплены кольцом (18).

Узел защиты предохраняет пусковой брикет от влаги. В собранном виде пробка располагается в патрубке патрона, а кнопка – в гнезде пробки. В невскрытом виде мешок и шланг уложены упорядоченно под крышкой (16), которая посредством двух лент (14, 17) и быстровскрываемого замка с ремнем (20) прикрепляется к корпусу и герметизируется кольцом (15). Для удобства ношения корпус снабжен плечевым ремнем (13).

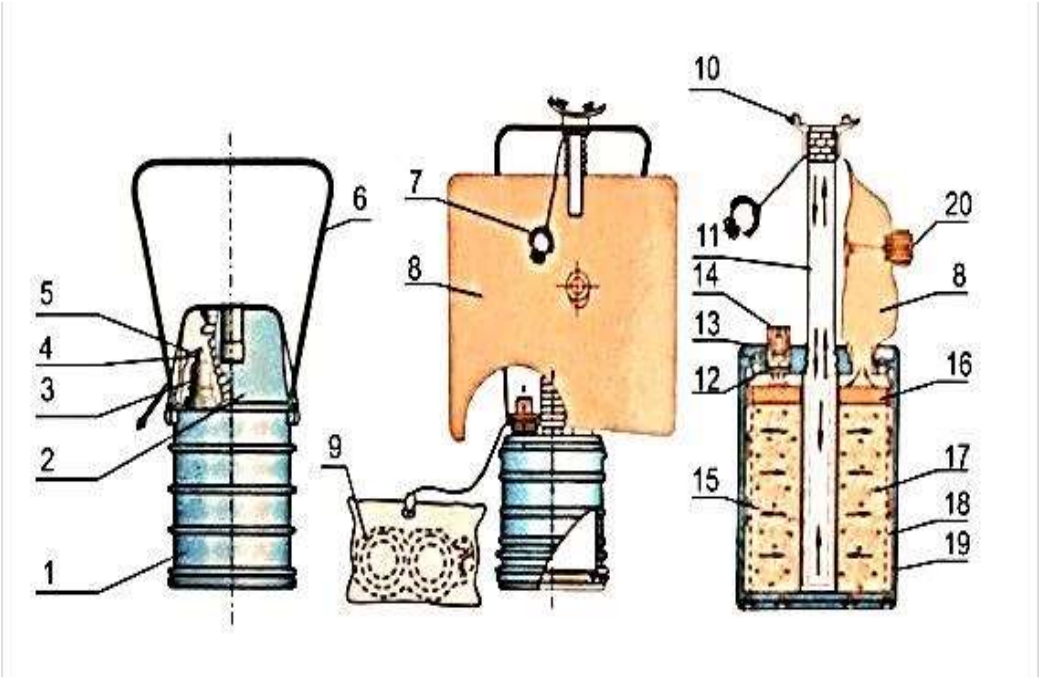


Рис.36.Устройство самоспасателя ШСС-Т 1 - корпус; 2 – крышка; 3 – пусковое устройство; 4 – колпак пускового устройства; 5 – шнур; 6 – ремень для ношения; 7 –носовой зажим; 8 – дыхательный мешок; 9 – противодымные очки; 10 – загубник; 11 – гофрированная трубка; 12 – ампула; 13 – ударник; 14 – пружина; 15 – фильтр; 16 – пусковой брикет; 17 – регенеративный продукт; 18 – обечайка сетчатая; 19 - обечайка наружная; 20 – избыточный клапан

Самоспасатель ШСС-Т (последняя модификация) имеет индикатор герметичности и допускает проверку на герметичность без прибора типа ПГС.

Самоспасатель пломбируется заводом-изготовителем: на пломбе наносится товарный знак и клеймо ОТК. Пломба должна сохраняться в течение всего срока службы самоспасателя.

Техническое обслуживание

В горноспасательных подразделениях изолирующие самоспасатели содержатся на оперативном расчете и подвергаются проверкам с периодичностью 1 раз в квартал или 1 раз в месяц (согласно ТОиИЭ на изделие) внешним осмотром и на герметичность, внешним осмотром перед спуском в шахту.

При внешнем осмотре проверяется наличие пломбы, отсутствие пробоин, вмятин на корпусе, сохранность плечевого ремня, наличие маркировочной таблицы, целостность окраски. При наличии вмятин на корпусе самоспасателей глубиной более 15 мм или пробоин самоспасатель к эксплуатации не допускается.

Проверка герметичности изолирующих самоспасателей производится на приборе ПГС или др. Проверка самоспасателей с индикатором производится согласно инструкции по эксплуатации изделия.

Для проверки самоспасатель помещают в камеру прибора плавно закрывают крышку, уровень жидкости в трубке манометра должен находится

между отметками «4800» и «5200» (4800…5200) Па. Самоспасатель считается герметичным и пригодным к эксплуатации, если в течение 15 с падение давления в камере прибора не превышает 400 Па (40 мм вод. ст.).

Забракованные или использованные самоспасатели подлежат уничтожению в соответствии с инструкцией по их эксплуатации.

Приборы проверки герметичности самоспасателей

Назначение, технические и метрологические характеристики

Приборы предназначены для проверки герметичности изолирующих самоспасателей типа ШСС, находящихся в эксплуатации на горнодобывающих предприятиях и подразделениях ВГСЧ. Для этих целей используются приборы ПГС, ПГИ, индикатор ИГС-1 (рис. 37, рис. 38).



Рис. 37. Прибор ПГС



Рис. 38. Прибор ПГИ

Таблица 17. Технические и метрологические характеристики приборов

Показатели	Значения		
	ПГС	ПГИ	ИГС-1
Рабочее давление, создаваемое в камере, кПа (мм вод. ст.)	5,0±0,2 (500±20)	5,0±0,2 (500±20)	5,0±0,2 (500±20)
Пределы измерения давления, кПа (мм вод. ст.)	3,8-5,3 (380-530)	3,8-5,3 (380-530)	0-10 (0-1000)
Относительная погрешность манометра, %	±2,5	±2,5	
Время проверки самоспасателя, с	25		15
Габаритные размеры, мм	535х400х675	535х400х675	Ø250х350
Масса, кг	8,5	8,5	5,5

Прибор ПГС

Прибор предназначен для проверки герметичности самоспасателей, габариты которых равны или меньше суммарных объемов большого и малого вкладышей.

Устройство прибора

Прибор ПГС (рис. 39) состоит из камеры в сборе и манометра (11). Камера служит для размещения в ней проверяемого самоспасателя, а

манометр – для наблюдения за изменением избыточного давления в камере.

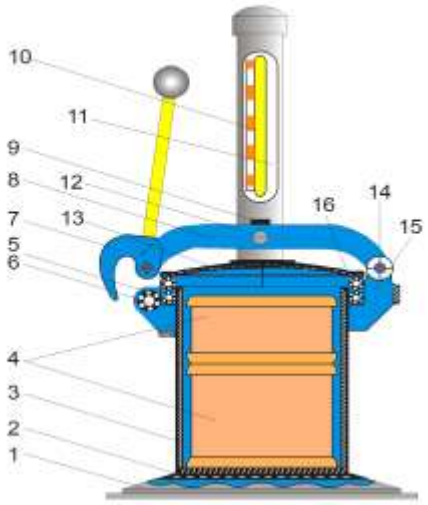


Рис. 39. Прибор для поверки самоспасателей
основание; 2 - амортизатор; 3- цилиндр; 4- вкладыши; 5 - крышка; 6- втулка; 7- эксцентрик; 8- рычаг; 9 - регулировочный винт; 10 - шкала; 11 - манометр; 12 - винт; 13- крыш- ка; 14 - ось; 15 - кронштейн; 16 - кольцо.

Камера (рис. 39) представляет собой цилиндр (3), дном которого служит коническое основание. В верхней части цилиндра находится фланец, в паз которого вставлено эластичное резиновое кольцо. На дно камеры уложен амортизатор (2). К верхней части цилиндра кронштейном (15) прикреплено запирающее устройство. При закрытой крышке камера герметизируется, и ее объем уменьшается за счет сжатия эластичного кольца, вследствие чего воздух, находящийся внутри, сжимается и в камере создается избыточное давление. Крышка соединена винтом (12) с рычагом (8), при помощи которого регулируется величина рабочего (избыточного) давления в камере.

Манометр (рис. 39) состоит из манометрической трубки, бачка и защитной трубы-кожуха с окном для шкалы (10), которая крепится к трубе винтами. Манометрическая трубка выполнена из стекла только в диапазоне измерений манометра, а остальная ее часть заменена резиновой трубкой.

Стеклянная часть (11) манометрической трубки закреплена в защитном кожухе с помощью амортизатора. Уровень воды в бачке определяется высотой сливной трубки, закрываемой колпачком. В боковую часть бачка впаяна металлическая трубка для соединения его со штуцером прибора посредством резиновой трубки. В верхней части труба- кожух заканчивается воронкой для заливки воды и закрывается крышкой (5). На внутренней стороне крышки имеются ребра, обеспечивающие зазор между ее торцом и трубой, необходимый для сообщения манометрической трубки с атмосферой. В средней части манометр прикреплен к камере с помощью кронштейна, в отверстие которого вставлена резиновая муфта. Манометр помещен в муфту и застопорен винтом. В качестве рабочей жидкости используется подкрашенная дистиллированная вода. К прибору прикладываются большой и малый вкладыши, суммарный объем которых равен объему самоспасателя.

Техническое обслуживание

Прибор ПГС подлежит проверке перед каждым применением. Прибор подлежит поверке с межповерочным интервалом 12 месяцев в специализированной организации. Прибор зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений.

Перед применением прибор подлежит внешнему осмотру, проверке на герметичность и проверке величины рабочего давления, создаваемого в

камере прибора. Проверка должна выполнятся при температуре 20±5 °С и ее колебания время проверки не должны превышать ±2 °С; прибор должен быть выдержан в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха не менее двух часов; регулировка давления должна быть плавной, без перехода за пределы проверяемого значения.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям: комплектность прибора отвечает паспортным данным; детали прибора не должны иметь пороков, ухудшающих его внешний вид и затрудняющих применение; прибор не должен иметь внешних признаков повреждения, грязи и пыли на внутренней и внешней поверхностях; металлические части прибора должны иметь защитные покрытия, устойчивые против атмосферной коррозии; трубка манометра должна быть прозрачной, без изъянов, затрудняющих отсчет; прибор должен быть снабжен маркировочной табличкой, на которую нанесены: товарный знак завода-изготовителя; знак Государственного реестра; условное обозначение прибора; класс точности прибора – 2,5; порядковый номер и год выпуска. Обнаруженные дефекты и нарушения должны быть устранены.

Прибор должен быть подготовлен к проверке: ручка должна быть ввинчена в эксцентрик; кольцо -вставлено в паз фланца, манометр - вставлен вертикально в муфту , зафиксирован винтом и присоединен резиновой трубкой к штуцеру; рабочая жидкость должна быть прозрачной и слегка подкрашенной; ручка крышки должна поворачиваться плавно, без затирания.

Проверка величины рабочего давления в камере прибора

Для проверки в камеру помещаются вкладыши и камера закрывается крышкой при помощи эксцентрикового затвора. Уровень жидкости в трубке манометра по шкале должен совпадать с контрольной отметкой «500» (или «5000»). В случае отклонения величины рабочего давления производится его регулирование с помощью регулировочного винта (9). Ослабляется стопорный винт и для повышения рабочего давления винт ввинчивается, а для снижения – вывинчивается.

Проверка герметичности прибора выполняется при помещенных в камеру вкладышах и отрегулированном рабочем давлении в ней. Камера прибора закрывается крышкой при помощи эксцентрикового затвора и в этом положении при давлении в ней 5000 Па делается выдержка прибора в течение трех минут.

Прибор считается герметичным, если по истечении трех минут показания манометра остаются постоянными еще в течение двух минут.

Ежегодная поверка.

Поверка включает выполнение работ и соблюдение условий проверки, предусмотренных инструкцией по эксплуатации и дополнительно - определение основной погрешности показаний манометра прибора. Проверка выполняется специалистом специализированной организации с выдачей свидетельства установленной формы.

Устранение возможных неисправностей прибора

При обнаружении негерметичности прибора осматриваются и протираются влажной ветошью уплотняющие поверхности резинового кольца и крышки, проверяется целостность резиновых трубок. При необходимости, кольцо и трубки заменяются. Проверяется герметичность вкладышей.

В случае, если при проверке герметичности прибора уровень рабочей жидкости в манометре не поднимается выше отметки «4400», производится пополнение ее количества в бачке прибора: снимаются крышка манометра и колпачок сливной трубки, через воронку доливается в бачок подкрашенный раствор. Раствор наливается с помощью спринцовки до появления его из сливной трубки. Затем колпачок и крышка должны быть установлены на свои места. По мере необходимости, но не реже, чем через три месяца, раствор в приборе заменяется полностью. Объем рабочей жидкости в бачке не превышает 50 мл.

Для приготовления рабочей жидкости два-три кристаллика метилоранжа растворяется (размешиванием до полного растворения) в 100 мл дистиллированной воды.

Хранение прибора

Прибор в подразделениях содержится в готовности к применению в помещении «проверочной» или ином помещении, распоряжением по подразделению закрепляется за лицом командного состава.

Результаты ежегодной проверки прибора заносятся в свидетельство установленной формы.

Прибор ПГИ

Прибор предназначен для контроля герметичности самоспасателей типа ПДУ-3, ШСС-Т, ШСС-1У и регенеративных патронов типа РП-Т внешним давлением в собранном виде в процессе их изготовления, испытаний, эксплуатации и хранения.

Устройство прибора ПГИ аналогично прибору ПГС с незначительными конструктивными изменениями.

Противотепловые средства защиты

Костюм изолирующий теплозащитный ИК-ТГЗ (комбинированный термохимический защитный костюм ИК-ТГЗ)

Назначение и основные характеристики

Предназначен для защиты горноспасателей от прямого и одновременного воздействия контактного тепла (250 ОС), конвективного тепла (70-100 ОС), лучистого тепла (10 кВт/м2), а также высококонцентрированного хлора, аммиака, окислов азота и хлористого водорода при ликвидации нештатных ситуаций в условиях их производства, хранения и транспортировки. Изделие изготовлено из специальных материалов отечественного производства, дающих возможность проводить работы в различных экстремальных условиях (климатических и производственных). ИК-ТГЗ используется вместе с дыхательным аппаратом, например, КИП-8, АСВ-2, РВЛ, Р-30 и другими. Защита человека от

указанных выше факторов – 20 мин. Масса изделия – 8,5 кг. Костюм показан на рис. 1.40.

Состав комплекта: комбинезон, перчатки, рукавицы, сапоги.

Комбинезон состоит из внешнего термоотражающего костюма и внутреннего противохимического - из многослойного материала, устойчивого к воздействию аммиака, хлора, концентрированных кислот, нефтепродуктов, органических растворителей. Воздушная прослойка между

Рис. 40. Костюм изолирующий ИК-ТГЗ

и обеспечивает термоустойчивость в течение 30 минут при температуре наружного воздуха до 450 ОС и 1 минуты - до 1000 ОС.

Рис.41. Теплоотражающие комплекты:
1 - ТОК-800; 2 - ТОК-200





Техническое обслуживание

1 раз в квартал костюм ИК-ТГЗ подвергают полному профилактическому осмотру с целью определения их пригодности к дальнейшей эксплуатации, при этом проверяется при осмотре комплектность, отсутствие повреждения материала верха костюма, целостность швов, наличие и работоспособность фурнитуры и соединительных элементов изделия, наличие и целостность стекла в иллюминаторе.

После каждого применения проводить внешний осмотр на проверку целостности и отсутствия повреждений.

Теплоотражательные и теплозащитные костюмы ТОК-200, ТОК-800

Назначение и основные характеристики

Комплект теплоотражательный для горноспасателей (далее ТОК-200) и теплозащитный комплект (далее ТК-800) (рис. 41) предназначены для защиты от повышенных тепловых воздействий (температуры окружающей среды до 200 ОС (для ТОК-200) и 800 ОС (для ТК-800), теплового излучения

плотностью до 18 кВт/м2(для ТОК-200) и до 40 кВт/м2 (для ТК-800) и других факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведения связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, выполняемых в непосредственной близости к открытому пламени, а также от неблагоприятных климатических воздействий отрицательных температур, ветра и осадков.

ТОК-200 и ТК-800 относятся к полутяжелому типу специальной защитной одежды от повышенных тепловых воздействий (СЗО ПТВ).

Таблица 18. Основные характеристики ТОК-200 и ТОК-800

Показатели	Значения	
	ТК-800	ТОК-200
Время защитного действия, с, не менее, при:		
- температуре окружающей среды		
до +200 ОС	960	600
до +800 ОС	120	
- тепловом потоке		
до 18 кВт/м2	960	600
до 40 кВт/м2	120	
Время контакта с открытым пламенем	Не менее 30 с	Не менее 20 с
Технические данные	Детали выполнены из металлизированной ткани, представляющей собой сочетание кремнеземной ткани с металлизированной полиэтилентерефталатной пленкой (далее МТ) В качестве изолятора использован войлок тонкошерстяной АТИМ – 9 или холостопрошивной ватин	Детали выполнены из металлизированной ткани ALPHAMARITEX артикул 3025/9680 (производство Германия) В качестве изолятора использован холостопрошивной ватин, в качестве прокладки – бязь с огнезащитной прокладкой
Условные размеры комплектов (при маркировке)	1 (рост 157-170 см, окружность груди – до 100 см) 2 (рост 170-182 см, окружность груди – 104 см) 3 (рост более 182 см, окружность груди – 108 см)	1 (рост 158-164 см, окружность груди – 96-100 см) 2 (рост 170-176 см, окружность груди – 104-108 см) 3 (рост более 182-188 см, окружность груди–112-116 см)
Масса комплекта	16-20 кг (в зависимости от размера)	8-10 кг (в зависимости от размера)
Состав комплекта	комбинезон с отсеком на спине для размещения дыхательного аппарата; капюшон с удлиненной пелериной с металлизированным панорамным термостойким стеклом; однопальные рукавицы; сапоги; - комплект принадлежностей и	куртка с отсеком на спине для размещения дыхательного аппарата; брюки; капюшон с удлиненной пелериной и металлизированным панорамным термостойким стеклом; трехпалые перчатки;

	документации	бахилы; - комплект принадлежностей и документации

Меры безопасности при использовании.

При использовании ТОК-200 и ТОК-800 запрещается:

допускать к работе лиц, не имеющих соответствующей подготовки и опыта работы по тушению пожаров, а также не изучивших конструкцию костюма;

работать в костюме, не соответствующем размеру и росту человека, а также имеющих термические и механические повреждения;

снимать детали костюма (рукавицы, капюшон или бахилы) до выхода из опасной зоны. Зона опасного воздействия тепловой радиации, в которой можно работать в костюме, устанавливается лицом, возглавляющим тушение пожара.

Количество работающих в зоне тепловых воздействий должно быть не менее трех.

При интенсивных тепловых воздействиях, а также в условиях задымления, использовать ТОК-200 и ТК-800 в комплекте со средствами защиты органов дыхания.

Технические неисправности и методы их устранения

Ремонт ТОК-200 и ТОК-800 производится при помощи материалов, входящих в ремкомплект изделия.

При повреждении деталей костюма, если это не связано с прожогами, разрыв зашить встык, прикрыть шов со всех сторон на 1-1,5 см полоской ткани и пришить через край термостойкими нитками.

При прожогах площадью не более 0,5 дм2 на поврежденные места костюма наложить заплаты, прошивая через край термостойкими нитками.

При повреждении смотрового стекла – заменить.

При повреждении фурнитуры – заменить на исправную.

При наличии дефектов, не подлежащих ремонту в условиях потребителя при помощи ремкомплекта, костюм подлежит списанию.

Устройство

Теплозащитные костюмы ТОК-200 и ТОК-800 (рис. 41) по конструкции аналогичны и отличаются наличием в комплекте ТК-800 дополнительного внутреннего теплоизоляционного слоя (теплоизолирующей подстежки). Комплект состоит из куртки однобортной с запахом на левую сторону с текстильной застежкой с защитным клапаном на кнопках, с воротником стойкой, втачными рукавами. Спинка куртки выполнена с отсеком для размещения дыхательного аппарата. На нижней части рукава – хлястик с

затяжкой. Капюшон с удлиненной пелериной, задняя часть настрочена на спинку куртки, а передняя - пристегивается при помощи двух хлястиков с полукольцами к переду куртки, с отверстием для дыхания, прикрытым клапаном. В капюшоне имеется обзорный иллюминатор, в которой вставлено панорамное стекло с теплоотражательным покрытием.

Брюки шлейками закрепляются на плечах. Бахилы с теплоизолирующим вкладышем и стелькой. В нижней части голенищ предусмотрены ремешки с полукольцами для фиксации бахил поверх обуви. Рукавицы двупалые с удлиненными крагами.

Очистка костюмов от загрязнения осуществляется с помощью тампона, смоченного в водном растворе универсального моющего средства нейтрального характера, при температуре 30 ОС.

О результатах проверки вносится запись в журнал согласно Регламента.

Техническое обслуживание

1 раз в квартал комплекты ТОК-200 и ТК-800 подвергают полному профилактическому осмотру с целью определения их пригодности к дальнейшей эксплуатации, при этом проверяется при осмотре комплектность, отсутствие повреждения материала верха костюма, целостность швов, наличие и работоспособность фурнитуры и соединительных элементов изделия, наличие и целостность стекла в иллюминаторе.

Проверяется:

наличие всех изделий, входящих в комплект ТОК-200, ТК-800;

отсутствие повреждений материала верха;

целостность швов;

наличие и работоспособность фурнитуры и соединительных элементов изделия;

наличие стекла в иллюминаторе.

После каждого применения проводить внешний осмотр на проверку целостности и отсутствия повреждений.

Костюм противотепловой ПТК-80



Назначение и основные характеристики

Костюмы ПТК-80 (рис. 42) предназначены для защиты горноспасателей при ведении горноспасательных работ при высокой температуре окружающей среды в атмосфере, непригодной для дыхания. ПТК-80 выполнен в климатическом исполнении V категории 5 по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре от 40 до 150 °С и влажности воздуха до 300 г/кг.

В комплекте с ПТК-80 рекомендуется применять доработанные регенеративные

респираторы Р-34.

Рис. 1.42. Костюм противотепловой ПТК-80

Костюмы ПТК-80 изготавливаются двух размеров, указанных в табл. 19, размеры обуви взяты по ГОСТ 126-79.

Устройство и комплектация костюма показаны на рисунке 43.

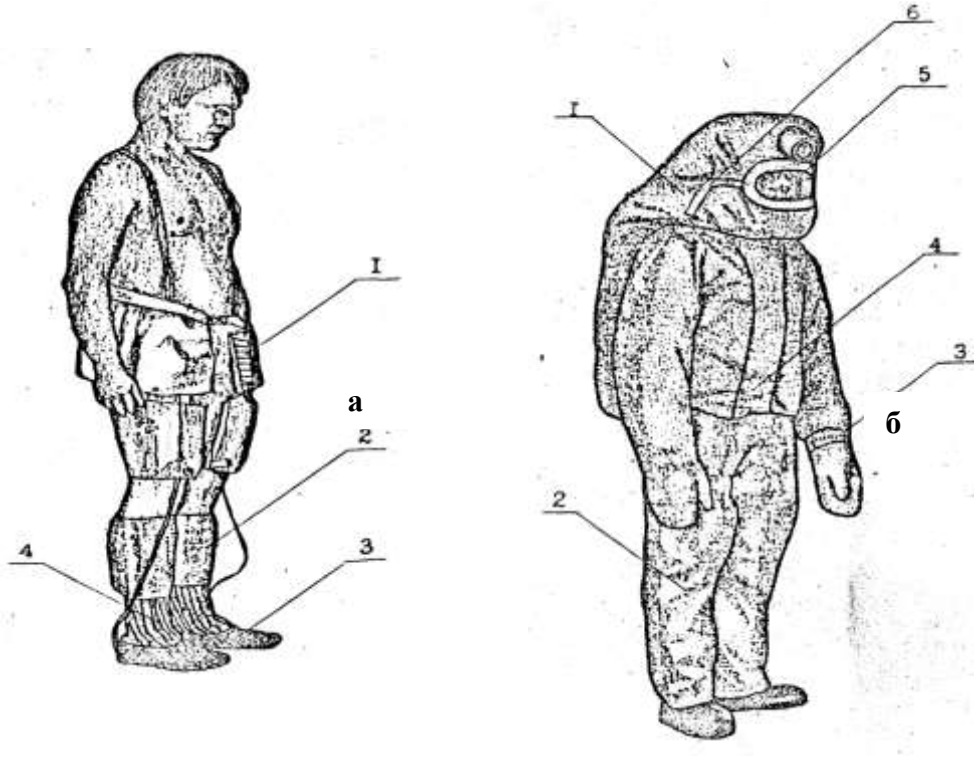


Рис. 43. Костюм ПТК-80

а. 1 – пояс охлаждающий; 2 – щитки охлаждающие; 3 – тапки;4 – носки полушерстянные

б. 1 – куртка противотепловая с капюшоном; 2 – полукомбинезон;3 – рукавицы; 4 – застежка; 5 – смотровой проем; 6 – дворник

Устройство и работа

Защитное свойство костюма направлено на изоляцию тела человека от воздействия высокой температуры окружающей среды и стабилизацию температуры тела с помощью водоледяных охлаждающих элементов.

Костюм состоит из теплоизолирующих и охлаждающих деталей. К первым относятся: куртка противотепловая с капюшоном и рукавицами (рис. 1.43), полукомбинезон защитный, брюки противотепловые, бурки теплоизолирующие, носки полушерстяные. Ко вторым - капюшон охлаждающий с нашитой на него специальной каской, куртка охлаждающая, пояс охлаждающий, щитки охлаждающие, перчатки эластичные резиновые, тапки с охлаждающими стельками. Костюм снаряжается охлаждающими элементами ОЭ-1 или ОЭ-3, ОЭ-2 и используется в комплекте с доработанным респиратором на базе Р-34 с панорамной маской, головным аккумуляторным светильником СГГ-5 и высокочастотным аппаратом связи.

Куртка с капюшоном теплоизолирующая отрезная, однобортная с пятьюметаллическими быстро расстегивающимися застежками и

специальной пряжкой на поясе, имеет клапан, прикрывающий их и фиксируемый текстильной застежкой. Куртка выполнена шестислойной, верх из прорезиненной ткани. Рукавицы выполнены заодно с рукавами и имеют проймы на запястьях. Застежка куртки позволяет тепловику расстегивать ее самостоятельно.

Смотровой проем на капюшоне штампованный из алюминиевого листа фиксируется на панорамной маске текстильной лентой с металлическими застежками.

Таблица 19. Размеры костюма и обуви

Размеры костюма, см	Размер обуви, см
170, 176-90,100	300
182,185-104,108	320

Таблица 20. Основные эксплуатационные характеристики ПТК-80

Показатели	Норма
Время противотепловой защиты, мин., не менее, при температуре окружающей среды:	
40 оС	100
50 °С	100
150 °С	25
Масса заряда водяного льда, кг, не более	7,62
Масса снаряженного ПТК-80 с респиратором светильником и аппаратом ВЧ связи, кг, не более	29
Групповой показатель долговечности: средний полный срок службы, лет, не менее	5

Таблица 21. Состав изделия костюма ПТК-80

Наименование	кол-во, шт.	Группа
Куртка противотепловая с капюшоном и рукавицами	1	Детали теплоизолирующие
Полукомбинезон защитный	1	
Брюки противотепловые	1	
Брюки теплоизолирующие	1	
Носки полушерстяные	2	
Капюшон охлаждающий с каской специальной	1	Детали охлаждающие
Куртка охлаждающая	1	
Пояс охлаждающий	1	
Щитки охлаждающие	1	
Тапки	1	
Стелька холодильная :	2	
Перчатки эластичные №10	2	
Жгут резиновый (кольцо)	2	
Элемент охлаждающий ОЭ-1	2	
Элемент охлаждающий ОЭ-2	20	
Элемент охлаждающий ОЭ-3	2	
Респиратор специальный регенеративный на базе Р-34	1	Защиты дыхания и освещения
Маска панорамная специальная	1	
Светильник аккумуляторный головной СГГ-5	1	

Элементы охлаждающие низкотемпературные ОЭ4	8	
Сумка противотепловая	1	Вспомогательные Детали
Сумка транспортная	1	
Коврик	1	
ЗИП	1	

Костюм комплектуется специальным термометром, а также вспомогательными частями: сумкой противотепловой, транспортной сумкой, низкотемпературными охлаждающими элементами ОЭ-4, трампелем для хранения деталей костюма и ковриком, используемым для надевания костюма.

С внутренней стороны по плечам в куртку вшиты металлические кнопки, для укрепления к штырям, установленным на ремнях респиратора.

Полукомбинезон защитный выполнен из прорезиненной ткани и имеет помочи. К штанинам полукомбинезона пришиты резиновые галоши.

Брюки противотепловые выполнены шестислойными. Застежка брюк - текстильная.

Бурки теплоизолирующие трехслойные со стельками из пенополиэтилена.

Капюшон охлаждающий трехслойный с нашитыми внутри решетчатыми карманами. Решетки карманов имеют внутри ребра, которые обеспечивают зазор между телом респираторщика и ОЭ. Теплоперенос осуществляется радиационным и конвективным способами. При потении теплоперенос резко увеличивается, так как пары влаги конденсируются на ОЭ, и под курткой сохраняется низкая относительная влажность. Это способствует испарению пота респираторщиков и охлаждению тела.

Каска специальная из стеклопластика с кронштейном для головного светильника пришита к охлаждающему капюшону.

Куртка охлаждающая трехслойная с 17 решетчатыми карманами (по 3 кармана в каждом рукаве) для охлаждающих элементов (размер 170, 176-96, 100). Куртка размера 182, 185-104, 108 имеет 19 карманов для ОЭ (по 3 в рукавах). Карманы на спинке и полках в верхнем ряду расположены вертикально, а на нижней части полок под углом 45°. Рукава куртки выполнены из тонкой прорезиненной ткани, низу в них вклеены жесткие манжеты, предназначенные для крепления на них резиновых перчаток.

Пояс охлаждающий с двумя подвесными панелями с 12 решетчатыми карманами в костюме размера 170, 176-96, 100 и с 16 карманами размера 182, 85-104, 108. Карманы запираются при помощи текстильной застежки, которая препятствует выпадению ОЭ. Пояс крепится на талии при помощи металлической застежки и снабжен помочами. Подвесная панель фиксируется на бедре при помощи тканевой застежки.

Щитки охлаждающие однослойные с двумя решетчатыми карманами для ОЭ и крепятся на икрах при помощи тесемок с тканевой застежкой.

Перчатки эластичные резиновые размера 10 предназначены для охлаждения пальцев и запястий рук. Перед надеванием пальцы перчаток

заполняются водой. Перчатки крепятся на жестких манжетах рукавов при помощи резинового жгута.

ПТК-80 комплектуется четырьмя видами охлаждающих элементов ОЭ:

- ОЭ-2 с двумя видами охлаждающих элементов для охлаждения стоп полиэтиленовыми плоскими ампулами ОЭ-1 и охлаждающими элементами из прорезиненной ткани ОЭ-3, имеющими горловины для их снаряжения палочками льда, извлеченными из охлаждающих элементов ОЭ-2. Это сделано в связи с тем, что в условиях аварии на шахте может по разным причинам не оказаться замороженных ОЭ-1. Для снаряжения ОЭ-3 следует использовать в первую очередь поврежденные ОЭ-2 или ОЭ-2, в которых заморожены не все секции. Снаряженные льдом ОЭ-3 закрываются заглушками, вкладываются в соответствующие карманы охлаждающего пояса и при помощи полиэтиленовых трубок присоединяются к охлаждающим стелькам;
- низкотемпературными охлаждающими элементами ОЭ-4, снаряженными 10-процентным раствором поваренной соли, предназначенные для поддержания в замороженном состоянии ОЭ-2, заложенных в карманы охлаждающих деталей костюма и уложенных в противотепловую сумку, доставляемых на подземную базу в транспортной сумке вместе с теплоизолирующими деталями костюма. В этом случае ОЭ-2 предварительно замораживаются при температуре ниже минус 10 ОС и закладываются в противотепловую сумку в количестве 8 штук, так, чтобы охлаждающие детали костюма были обложены ими со всех сторон. ОЭ-4 представляют собой плоскую полиэтиленовую ампулу, залитую 10-процентным раствором соли и закрытую резиновой пробкой. При отсутствии ОЭ-4 они могут быть заменены полиэтиленовыми флаконами или флягами вместимостью 0,5 л.

Тапочки с охлаждающими стельками выполнены из габардина или аналогичной ткани. Охлаждающие стельки выполнены в виде плоских ампул из прорезиненной ткани с металлическим штуцером, через который они подсоединяются полиэтиленовой трубкой к ОЭ-1 или ОЭ-3.

В качестве аппарата защиты дыхания применен регенеративный респиратор на базе Р-34 ТУ 12:4675547.214-88со специальными шлангами, удлинительной ножкой манометра и штырями для кнопок на плечевых ремнях.

Маска панорамная специальная с боковым патрубком на базе маски ПМ-88 или маска Панорама Нова.

Для измерения температуры окружающей среды используется термометр технический ТТП 4.1.160.66. ТУ 25.2021.003-88(или другой) с интервалом измерения 0-200 ОС и погрешностью ±2 ОС в футляре.

Сумка для охлаждающих деталей костюма выполнена из прорезиненной ткани и ватина, закрывается с помощью текстильной застежки.

Сумка транспортная выполнена из прорезиненной ткани, имеет две ручки для переноски, стягивается шнуром и закрывается сверху клапаном,

застегивающимся на три пуговицы.

Трempель комбинированный, предназначен для хранения костюма в подвешенном состоянии.

Коврик 1х1,5 из прорезиненной ткани, предназначен для подстилки при надевании костюма в шахте.

Техническое обслуживание

Стирать костюм надо вручную с применением поролоновой губки в водном растворе нейтральных моющих средств при температуре воды не выше 40 ОС, тщательно прополаскивая в теплой воде в течение пяти минут, затем дезинфицировать в 1-процентном хлорамина Б или аналогичные средства и сушить при температуре воздуха не выше 60 ОС. Все повреждения устраняются штопкой или заклеиваются латкой на резиновом клее.

При повреждении решетчатых карманов срезать поврежденные решетки и пришить запасные. Отпоровшиеся карманы пришить.

Охлаждающие элементы и контейнеры вымыть, просушить и отбраковать, пришедшие в негодность ОЭ. После замораживания СЭ, уложить их в контейнеры и поставить в морозильную камеру.

Полукомбинезон должен один раз в три месяца проверяться на герметичность и подвергается полному осмотру. Для этого следует брюки вывернуть на изнанку и залить в них не менее 30 литров воды. Течи через материю брюк или по швам не должно быть. О результатах проверки вносится запись в журнал проверки.

Наружная часть костюма в процессе эксплуатации должна окрашиваться один раз в год алюминиевой краской, изготовленной на основе дебутилметакрилатной пленки, растворенной в толуоле.

Маркировка

Маркировка ПТК-80 должна быть нанесена на табличку, которая крепится на ящике, и содержит следующие надписи:

товарный знак предприятия изготовителя;

условное обозначение изделия;

обозначение технических условий;

порядковый номер изделия;

рост и обхват груди;

месяц и год изготовления.

Комплект «Дон»

Назначение

Комплект является автономным индивидуальным защитным средством для лиц респираторного состава ВГСЧ, предназначенным для защиты человеческого организма от высоких температур и теплового излучения в подземных выработках при выполнении всех видов горноспасательных работ в диапазоне температур от + 27 ОС до + 60 ОС с максимальной влажностью воздуха. Комплект показан на рисунке 1.44.

При применении комплекта защита органов дыхания обеспечивается респиратором Р-30, холодильник которого снаряжен брикетом водяного

льда, с загубником при температуре до + 40 ОС или маской при температуре до + 60 ОС.

Технические данные и комплектность

В состав комплекта входят: теплозащитная куртка, теплосъёмный жилет, теплозащитный шлем, охлаждающие элементы (аккумуляторы холода).

За основу при разработке приняты размерные признаки типовой фигуры человека (мужчины). Комплект изготовлен следующих типоразмеров, указанных в табл. 22.

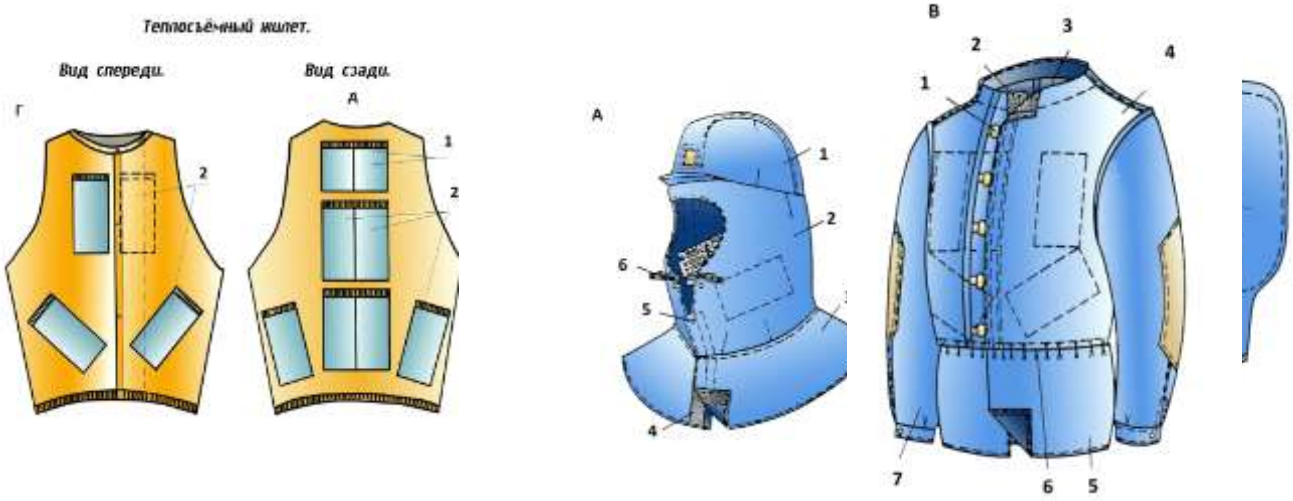


*Рис. 1.44.***Теплозащитная куртка ТК-50 и комплект «Дон»**:

А – теплозащитный шлем куртки ТК-50 и комплекта «Дон», 1- колпак; 2- оголовье; 3-пелерина; 4- застежка репейник; 5-кнопка; 6- лента.

Б- куртка «Дон» (вид сбоку), 1- застежка металлическая; 2- застежка –репейник; 3- спинка; 4- полочки; 5- притачка поясная; 6- лента.

В- куртка «Дон» общий вид, 1- разрез под дыхательные шланги; 2- застежка-репейник; 3- место респиратора под курткой; 4, 5- технологические разрезы; 6- резинка; 7- рукава

Г, Д – теплосъемный жилет ТК-50 и комплекта «Дон» 1, 2 – карманы под охлаждающие элементы.

Таблица 22. Размеры комплекта

Номер комплекта	Типовой размер	Длина окружности груди, см	Рост, см
1	96-100/170-176	94-101,9	167-179,9
2	96-100/182-188	94-101,9	180-190,9
3	104-108/170-176	102-109,9	167-179,9
4	104-108/182-188	102-109,9	180-190,9
5	112-116/170-176	110-117,9	167-179.9
6	112-116/182-188	110-117,9	180-190,9

Таблица 23. Техническая характеристика комплекта «Дон»

Показатели	Значения
Масса комплекта, кг, не более: - с охлаждающими элементами	9,0
- без охлаждающих элементов	2,5

Количество охлаждающих элементов, шт.: в том числе: шлем жилет	13 2 11
Запас холода, кДж, не менее	2000
Мощность охлаждения, К, не менее	400
Масса одного ОЭ, кг, не более	0.5
Габариты ОЭ, см	18х11,5х0,3
Запас холода в одном ОЗ при температуре -10 ОС до + 20 ОС, кДж, не менее	150

Для переноски ОЭ используются стандартные контейнеры К2, вместимостью 24 замороженных ОЭ.

Комплектность:

- теплоизоляционная куртка - 1 шт.;
- теплосъемный жилет - 1 шт.;
- теплозащитный шлем - 1 шт.;

Гарантийный срок эксплуатации теплозащитного комплекта (без охлаждающих элементов) - 2 года. Срок службы - не менее 5 лет.

Конструкция и принцип действия

Теплозащитные действия комплекта основаны на изоляции верхней половины тела и головы человека, а также респиратора от воздействия теплового излучения в условиях высокой температуры окружающей среды, с помощью куртки и шлема, снятия тепла с поверхности тела и создания в подкурточном пространстве благоприятного микроклимата за счет отдачи холода охлаждающими элементами и увеличенной степени отражения внешнего нагревающего потока температуры за счет специального внутреннего теплоизоляционного слоя материала с отражательным покрытием.

Теплоизоляционная куртка специальной объемной конструкции, удлиненная, прямого силуэта с рукавами реглан, на подкладке, с синтетическим утеплителем в качестве прокладки. Утеплитель специальной конструкции с отражательным покрытием. Куртка с центральной застежкой на пуговицы и контактную ленту Velcro. На правой полочке обтачкой обработано вертикальное отверстие, закрывающееся клапаном. для прикрепления клапана к полочке используется полоска текстильной застежки Velcro. На левой полочке расположен накладной карман-портфель с клапаном.

Спинка куртки состоит из двух частей: нижней и верхней части (кокетки) с овальным нижним краем, обеспечивающим создание под курткой объема для надевания респиратора. Справа на нижней части спинки также обработано вертикальное отверстие, закрывающееся клапаном с настроченной полоской текстильной застежки.

К низу куртки притачан пояс-кулиса. Ширина куртки понизу регулируется с помощью эластичной ленты.

Воротник-стойка состоит из трех частей: двух передних и задней, удлиненными боковыми концами заходящей на переднюю часть и закрепляющейся на ней отрезками текстильной застежки. Рукава реглан, с

притачными манжетами, состоят из трех частей. Ширина манжет регулируется с помощью эластичной ленты. В области плеча в верхних швах рукавов обработаны отверстия. Предусмотренные в куртке специальные проемы предназначены для прокладки дыхательных шлангов, контрольного манометра и обеспечения свободного доступа к кнопке "байпаса" и маховичку баллона респиратора. На рис.44 представлен внешний вид куртки.

Теплосъемный жилет прямого силуэта выполнен из основной или х\б ткани, с центральной застежкой на пуговицы и контактную ленту, низ изделия собран на эластичную ленту. Горловина и проймы жилета обработаны окантовочными бейками (окантовочной тесьмой). На полочку и спинку жилета настрочены накладные карманы для размещения ОЭ. С изнаночной стороны жилета на месте расположения карманов для ОЭ настрочены карманы для полиуретановых вкладышей для создания изолирующего слоя и предотвращения переохлаждения отдельных частей тела. Расположение карманов обеспечивает максимальный теплосъем и удобство в работе. На рис. 44 представлен внешний вид теплосъемного жилета.

Теплозащитный шлем выполнен из основной ткани на подкладке с теплозащитной прокладкой. В головке шлема, состоящей из средней и боковых деталей, обработаны отверстия (в средней части головки) для аккумуляторного светильника и пелерина, расправляемая поверх стойки ворота куртки. В стенке шлема обработано лицевое отверстие. На стенке шлема обработаны карманы для ОЗ и полиуретановых прокладок в районе основных шейных кровеносных сосудов. Шлем застегивается на текстильную застежку Velcro - липучку. На рис. 44 представлен внешний вид теплозащитного шлема.

ОЭ - аккумулятор холода АХ 15. Представляют собой герметичную ёмкость, заполненную специальным теплоёмким гелевым раствором. ОЭ позволяют сохранять охлажденное состояние длительное время. Предназначены для многократного использования, легко моются, хранятся в морозильной камере, изготовлены из экологически чистых материалов. При заморозке ОЭ надо учитывать его степень заморозки. К примеру, если в морозильной камере температура -18 ОС и поместить ОЭ на некоторое время, то он будет в жидком состоянии и будет аккумулировать холод. Один аккумулятор холода в таком состояние будет держаться в охлажденном состоянии около 14 часов.

Максимальная эффективность ОЭ рассчитана на заморозку при температуре от -21 до -25 ОС, когда в ОЭ происходит кристаллизация, что дает еще больший эффект отдачи холода, в таком состояние один ОЭ может поддерживать заморозку в течение 20 часов. Хранятся в замороженном виде, в контейнерах жесткого типа, вместимостью 40 шт. и предназначены для закладки в карманы комплекта перед уходом в зону высокой температуры.

Постановка на расчет

При постановке на расчет необходимо убедиться в качестве пошива куртки, жилета и шлема, прочности их застежек и клапанов.

Проверить качество изготовления ОЭ и поместить их в морозильную камеру с температурой от -21 до -25 ОС. После замораживания уложить их в контейнер и поместить в холодильники для хранения.

Запас замороженных ОЭ должен быть двукратным на каждый комплект, стоящий на расчете.

На наружной поверхности левого рукава куртки контрастной краской нанести различимые номер комплекта и принадлежность к подразделению, а при персональном закреплении, в районе крышки респиратора - фамилию респираторщика (командира) ВГСЧ.

Порядок содержания и техническое обслуживание

Порядок хранения комплектов и ОЭ в подразделениях и их доставка на аварийную шахту в первоначальный момент устанавливаются командиром ВГСВ с учетом местных условий. Хранить комплекты необходимо в сухом теплом помещении на вешалках. После применения комплектов, очистить их от грязи и просушить при температуре +60 ОС. Устранить повреждения. ОЭ и контейнеры помыть, просушитъ, осмотреть ОЭ и отбраковать пришедшие в негодность. После замораживания уложить ОЭ в контейнеры и поместить в морозильную камеру.

Периодичность проверки определена «Регламентом технического обслуживания горноспасательного оснащения ФГУП «ВГСЧ» и составляет 1 раз в квартал и после применения путем полного осмотра.

О результатах проверки вносится запись в журнал проверки по форме.

Куртка теплозащитная ТК-50

Назначение и техническая характеристика

Куртка предназначена для защиты горноспасателей в подземных выработках шахт при выполнении всех видов горноспасательных работ в диапазоне температур от +27 до +60 ОС с максимальной влажностью воздуха.

Куртки изготавливаются трех размеров: 49-го, 53-го и 57-го (объем груди от 94 до 101,9; от 102 до 109,9 и от 110 до 117,9 см соответственно).

Таблица 24.Техническая характеристика и комплектность куртки ТК-50

Показатели	Значения	
	Размеры 1 и 2	Размер 3
Куртка Масса, кг: с охлаждающими элементами без охлаждающих элементов Число охлаждающих элементов	 4,9 1,2 15	 5,3 1,3 17
Охлаждающий элемент (ОЭ) Масса ампулы, г Масса воды, г Габариты, мм	 50 ± 5 350 ± 5 205 × 105 × 20	
Контейнер вместимостью ОЭ, шт.: не замороженных ОЭ замороженных ОЭ	 60 54	
Масса без ОЭ, кг	3,5 ± 4,0	
Масса с ОЭ, кг	26,8 ± 2	

Габариты, мм	505 × 375 × 275

Техническое обслуживание

Куртку и контейнер с охлаждающими элементами не реже одного раза в квартал и после применения проверяют на комплектность и производят внешний осмотр.

О результатах проверки вносится запись в журнал по форме.

Специальная одежда и специальная обувь лиц, работающих в респираторе

Специальная одежда и специальная обувь предназначена для защиты кожи человека при выполнении горноспасательных работ в подземных условиях и на поверхностных объектах от повышенных и пониженных температур, воды, механического воздействия. Комплект специальной одежды и обуви включает:

Основные технические данные

Костюм (куртка и брюки) с огнезащитной пропиткой и светоотражающими элементами. Сапоги резиновые шахтерские с ударозащитным носком или проходческие (в подразделениях, обслуживающих объекты с обводненными выработками).

Рукавицы брезентовые комбинированные с двумя пальцами для защиты от механических повреждений, изготавливаемые из парусины полульняной для основания и накладок или специальные перчатки.

Костюм (куртка, брюки) с водоотталкивающей пропиткой для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из гладкошерстной костюмной (или специальной) ткани с ВО пропиткой, предназначен для выполнения работ в ЗВТ и тренировок в расположении подразделения.

Белье нательное (рубашка, кальсоны) предназначено для использования во время работы в ЗВТ, обусловленное необходимостью повышенного поглощения потовыделений и воздухо-проницаемости ткани в целях предупреждения перегревания человека при работе в этих условиях в респираторе.

Портянки суконные (специальные носки) из сукна шинельного предназначены для работы в резиновых сапогах, с целью предупреждения ревматических заболеваний. Комплект портянок включает два полотна размером 30х80 см. Допускается использование портянок из фланелевой ткани.

Каска защитная «Труд» или каска шахтерская пластмассовая коричневого (другого) цвета для респираторщиков, белого для командного состава. На каске светоотражающей краской обозначается номер оперативного расчета респираторщика в отделении (справа) и подразделения (слева). Каска предназначается для защиты головы работающего от механических повреждений, поражений электрическим током и от попадания воды в подземных условиях.

Шлем под каску – подшлемник предназначен в качестве средства защиты головы работающих от пониженных температур и используется в холодное время года при выполнении горноспасательных работ на

поверхности (на промплощадках, в котлованах, траншеях) и в транспортных тоннелях.

Средства индивидуальной защиты, приведенные в пунктах настоящего подраздела руководства, а также ремень поясной для ношения головного аккумуляторного светильника, фляга для питьевой воды и предметы личной гигиены (мыло, полотенце) содержатся в сумке-укладке.

Сумка-укладка для специальной одежды с отделениями для обуви и карманами для фляги, полотенца, мыла и нательного белья, изготавливается индивидуальным пошивом из брезента (тентовой ткани) или полульняной ткани с застежками по бокам.

На сумку-укладку по трафарету наносится надпись установленного образца.

Содержание и проверка

Специальная одежда и обувь индивидуально закрепляется за личным составом и содержится в специальных сумках-укладках на оперативных автомобилях в ячейках. Спецодежда должна быть тщательно подобрана по размеру, находиться в исправном и чистом состоянии. Обслуживание специальной одежды и специальной обуви (стирка, сушка, ремонт и т.п.) производится по мере необходимости в подразделении личным составом, которому она выдана в индивидуальное пользование. Проверка специальной одежды и специальной обуви производится командиром отделения или помощником командира взвода ежемесячно путем внешнего осмотра. При внешнем осмотре проверяется целостность, отсутствие порывов, повреждений, трещин на каске и наличие креплений на ней для головного светильника со шнуром. Результаты проверки специальной одежды и обуви не регистрируются. В случае полного износа специальной одежды и невозможности ее восстановления она подлежит списанию в установленном порядке в утиль.

Защитные костюмы

Костюм изолирующий облегченный КИО-2М (торговая марка «ЮПИТЕР»)

Назначение

Костюм изолирующий облегченный КИО-2 предназначен для защиты горноспасателей при воздействии газообразного и локального облива жидким аммиаком. Изделие, изготовленное из специального прорезиненного материала, предназначено для многоразового использования. КИО-2 необходимо применять вместе с автономной системой жизнеобеспечения (АСЖО), в качестве которой может быть КИП-8, АСВ-2, Р-30 и другие. При выполнении этих простых условий время защиты газоспасателя неограниченно, а продолжительность его работы лимитируется только типом применяемой АСЖО. Масса костюма – 4,0 кг.

Предложенный тип изделия (рис. 45) является модификацией КИО-2 в плане наличия дополнительных деталей – жилетов, с помощью которых положительно решаются вопросы не только усиления защиты горноспасателя от агрессивной среды, но и применяемой им системы жизнеобеспечения.

Комплектация костюма показана на рис. 46.

В зависимости от требования заказчика, жилет ЖЗ-1 (ТУ 6-67-005-91) обеспечит работу и защиту дыхательного аппарата типа КИП-8, АСВ-2, Р-30 и других, а жилет ЖЗ-2 (ТУ 6-67-006-91) – фильтрующего противогаза, от прямого облива жидким аммиаком, хлором, серной, азотной, соляной, фосфорной кислотами и олеумом, так и низких (до минус 50 ОС) температур. Средства защиты рук и ног съемные, но герметично соединены с изделием, масса которого с жилетом не превышает 4,5 кг.



Рис. 45. Костюм изолирующий КИО - 2М. Общий вид

-4М

Назначение и техническая характеристика

Предназначен для защиты человека от воздействия газообразного хлора, аммиака, окислов азота, минеральных кислот (серной, соляной, азотной, фосфорной). В горноспасательных подразделениях костюмы используются при выполнении аварийно-спасательных работ на обслужив

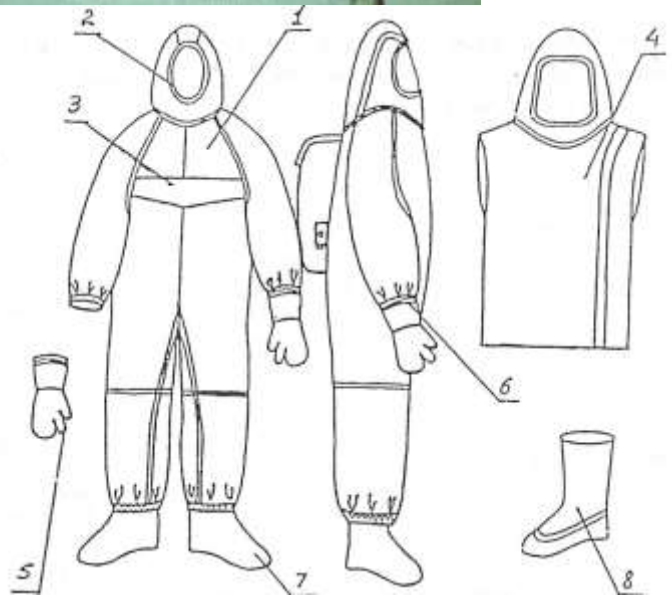


Рис. 1.46. Комплектация костюма КИО - 2М
1 – комбинезон; 2 - обтюратор; 3 - лаз; 4 – жилет защитный; 5 - перчатки; 6 - жесткие кольца; 7 -

аемых химически опасных объектах, в комплекте с респиратором Р-30 (Р-34), размещаемых в подкостюмном пространстве. Устройство костюма показано на рис. 47.

Костюм является индивидуальным средством защиты многократного использования (однократно – при воздействиях жидких хлора и аммиака) и предназначены для работы в любое время года при температурах от +40 ОС до – 35 ОС, относительной

влажности воздуха 65±10%, в том числе при условии воздействия атмосферных осадков. Костюмы носятся поверх табельной спецодежды.



Рис.47. Костюм изолирующий КИХ-4М. Общий вид

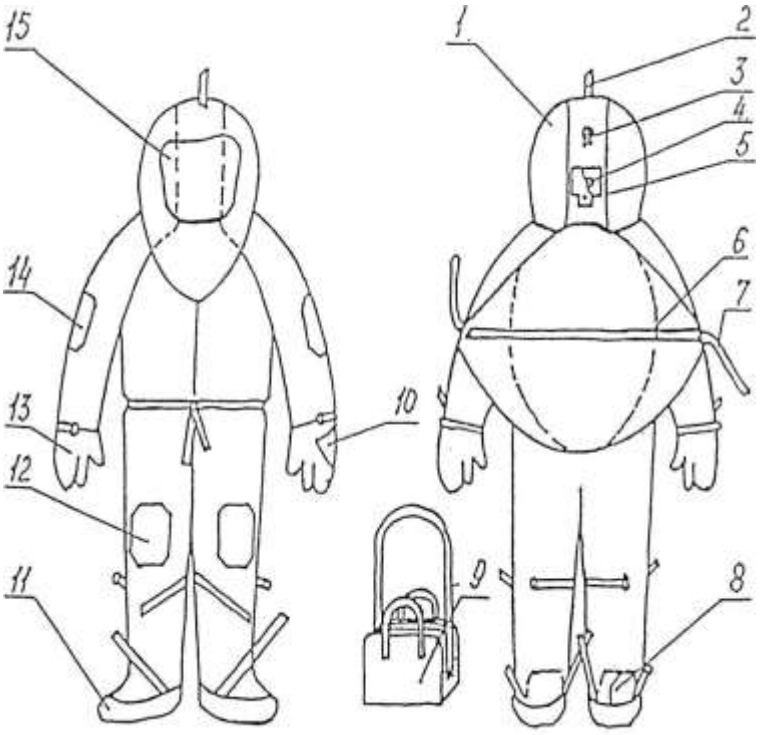


Рис. 48. Комплектация костюма изолирующий КИХ-4М
1 - капюшон; 2 - хлястик; 3 - рамкодержатель; 4 - клапан избыточный; 5 - предохранительный карман; 6 - лаз; 7- хлястик лаза; 8 - запятник; 9 - сумка; 10 - накладка; 11 - осоюзка; 12 - наколенник; 13 - рукавицы трехпалые; 14 – налокотники; 15 – стекло панорамное

Основные технические характеристики костюмов КИО-2М и КИХ-4М и приведены в табл. 25.

Таблица 25

Показатели	Значения	
	Костюм КИО-2м	Костюм КИХ-4м
Время защитного действия, мин, не менее: при воздействии жидких окислов азота и производных гидразина* при воздействии минеральных концентрированных кислот (азотная, серная, соляная)	- 40**	180 10
при воздействии высококонцентрированных газообразных хлора и аммиака при воздействии жидких хлора и аммиака	40 -	60 2
Допустимая продолжительность воздействия, мин и кратность использования костюма: жидкие окислы азота и производные гидразина минеральные кислоты газообразные хлор и аммиак жидкие хлор и аммиак	- нет данных нет данных -	1 (пятикратно) 10 (пятикратно) 60 (пятикратно) 2 (однократно)

Допустимые потери давления, Па/мин, при избыточном давлении в подкостюмном пространстве 392,4±4,0 Па	68,8±2,0	68,8±2,0
Допустимая кратность дегазации и нейтрализации костюма	нет данных	5
Комплектующие изделия: костюм, шт. перчатки трикотажные сумка жилет защитный	 1 1 1 1	 1 1 1 1
Масса костюма, кг	5	5.1
Гарантийный срок хранения, лет	5	5

* при воздействии по циклу 1:10:180 (облив в течение 1 мин., слив жидкой фазы, задержка в течение 10 мин от начала воздействия, смыв водой, выдержка в течение 180 мин. от начала воздействия, определение проницаемости и нейтрализация образца).

** серная кислота 94 %; соляная кислота 35 %; азотная кислота до 70 %, фосфорная кислота 85 %.

Костюмы изготавливаются на типовые фигуры мужчин, трех условных (усредненных) размеров: 49, 53, 57, каждый трех ростов: 1, 2, 3 согласно таблице 26.

Таблица 26. Условные размеры в сантиметрах

Условный размер	Обхват груди типовой фигуры человека	Интервал обхвата груди
49	99, 100	от 94,0 до 101,9 включительно
53	104, 108	от 102,0 до 109,9 включительно
57	112, 116	от 110,0 до 117,9 включительно
Условный размер	Рост типовой фигуры человека	Интервал роста человека
1	158, 164	от 155,0 до 166,9 включительно
2	170, 176	от 167,0 до 178,9 включительно
3	182, 188	от 179,0 до 191,9 включительно

Устройство

Костюм КИХ-4М (рис. 48) выполнен в виде комбинезона с капюшоном, рукавами, лазом, притачными союзками и трехпалыми рукавицами. Капюшон (1) на затылочной части имеет хлястик (2) с рамкодержателем (3), при помощи которых регулируют положение капюшона на голове, а так же клапан сброса избыточногодавления (4), защищенный сверху предохранительным карманом(5). Через клапан сброса избыточного давления в атмосферу выходит выдыхаемый в подкостюмное пространство воздух. В лицевой вырез капюшона вклеено панорамное стекло (15). Рукава комбинезона цельнокроенные, оканчиваются притачными трехпалыми рукавицами (13), в области локтей имеются налокотники (14), в области запястья – хлястики с рамкодержателями, аналогичными имеющимся на капюшоне. Брюки костюма оканчиваются притачными осоюзками (11), в области колен имеются наколенники (12), под коленом

сзади имеются хлястики с рамкодержателями, фиксирующие осоюзки; с изнаночной стороны в низках штанин нашиты запятники (8), оканчивающиеся текстильной застежкой и двумя хлястиками (7).

Трикотажные хлопчатобумажные перчатки служат для утепления рук при работе с криогенным хлором, аммиаком, при минусовых температурах окружающего воздуха и надеваются непосредственно на руки (10).

Для упаковки костюма, при переноске костюма к месту эксплуатации служит сумка (9), которая имеет две ручки и плечевой ремень. Разъем сумки застегивается на текстильную застежку.

На ручку сумки привязывается и к открытому срезу шва лаза костюма пришивается бирка размером 30х50 мм из любой бязи или ситца с указанием фамилии и инициалов лица, за которым закрепляется костюм.

Хранение костюмов

Подготовленные к работе костюмы должны хранится на базе технического оснащения подразделения на вешалках или распялинах.

Запрещаетсяхранить костюмы в сумках, а также влажные, неисправные и загрязненные или не прошедшие нейтрализацию (дегазацию).

Нейтрализация(дегазация) костюмов проводится личным составом подразделения после проведения работ в химически загрязненных условиях в специально отведенных для этих целей местах. Личный состав должен быть одет в спецодежду и включен в изолирующие респираторы.

Душевание водой производится при заражении костюма газообразным хлором и аммиаком – в течение 3-5 мин, при заражении жидкими СДЯВ – в течение 10-15 мин.

Костюмы, зараженные жидкими окислами азота и производными гидразина после душевания водой должны подвергаться частичной нейтрализации путем протирки костюма ветошью, смоченной растворами:

- 2-4% раствором кальцинированной соды (окислы азота);
- 1,0-1,5% водным раствором ДТСГК (производные гидразина).

Полная нейтрализация костюмов, зараженных жидкими окислами азота, проводится вымачиванием в 2% растворе кальцинированной соды в течение 3-х часов с последующей промывкой холодной водой в течение 10 мин и сушкой в течение суток (расход раствора принимается из расчета 18-25 л на один костюм). В случае попадания на костюм жидких хлора и аммиака, костюм после дегазации, душевания и просушки подлежит списанию.

Белье, надетое под костюм, подвергается гигиенической стирке.

Загрязненные костюмы чистятся при помощи ветоши, смоченной теплым раствором (t°=30-35°С) нейтральных моющих средств, ополаскиваются чистой водой и развешиваются (или раскладываются на распялины) для просушки и проветривания. Сушка и проветривание производится в сухом, хорошо вентилируемом помещении вдали от нагревательных приборов или на открытом воздухе в тени. Сушке подлежит сначала лицевая сторона костюма, а затем, внутренняя.

Техническое обслуживание

В горноспасательных подразделениях изолирующие костюмы КИО-2м,

КИХ-4 и другие подвергаются следующим видам технического обслуживания:

внешний осмотр (ЕТО) – выполняется перед и после каждого случая применения, а также перед вводом в эксплуатацию и периодически не реже одного раза в месяц путем визуальной проверки;

текущий ремонт – в случае обнаружения дефектов или неисправностей.

Костюмы типа КИО-2м, кроме указанных выше видов технического обслуживания, перед вводом в эксплуатацию после каждого случая ремонта и периодически через шесть месяцев подвергаются проверке на герметичность (ТО-1, ТО-2).

Внешний осмотр костюмов КИО-2м, КИХ-4м и других

Проверяется наличие на костюме клейма завода-изготовителя и сравнивается дата выпуска костюма с его паспортными данными и с фактическим сроком использования костюма на момент проверки. Срок хранения не должен превышать 5 лет.

Устанавливается по таблицам 25 и 26 соответствие роста и размера костюма размерам респираторщика, за которым этот костюм закреплен.

Определяется наличие и исправность составных частей комплекта костюма путем визуального осмотра.

Проверяется исправность костюма: костюм не должен иметь порывов, проколов материала и швов, отслоении, потертостей полимерного покрытия материала, отслоение проклеечной ленты и усилителей, отслоения панорамного стекла (КИХ-4м), помутнения и трещин на нем; отрывов хлястиков и рамкодержателей, предохранительного кармана, текстильной застежки; огрубления и трещин осоюзок; перекоса лепестка.

Проверка герметичности костюма КИО-2м проводится манометрическим методом по схеме (рис. 49). Для проверки лицевая часть капюшона костюма герметизируется при помощи приспособления (1), используемого для проверок шлем-масок, лаз костюма – тесьмой-молнией с подкруткой. Приспособление (1) соединяется резиновыми трубками (2) с мановакуумметром типаМВ-600 (4) и редуктором типа ДКП-1-65, имеющего два манометра (высокого и редуцированного давления). Редуктор подключается к баллону (6) вместимостью 1-2 л со сжатым воздухом при помощи трубки высокого давления (8).

При открытом вентиле баллона (6) в костюме создается избыточное давление 392,4±4,0 Па (≈40 мм вод. ст.) регистрируемое по показаниям мановакуумметра (4), затем вентиль баллона закрывается и резиновая трубка перекрывается зажимом (3).

В течение одной минуты не должно наблюдаться снижение избыточного давления более, чем на 68,8±2,0 Па (≈7 мм вод. ст.).

Для проверки герметичности костюма могут использоваться вместо мановакуумметра приборы УКП-5, однако в этом случае прибор должен использоваться только для проверок на сжатом воздухе, должны быть сделаны надписи «воздух» на корпусе и крышке прибора, баллон и манометр окрашен в черный цвет и должна быть исключена проверка на этом приборе

респираторов и иного кислородного оснащения.

О результатах проверки костюмов вносится запись в журнал согласно Регламента.

При выбраковке изолирующих костюмов составляется акт с указанием причин за подписью командира подразделения и личного состава проводившего проверку.

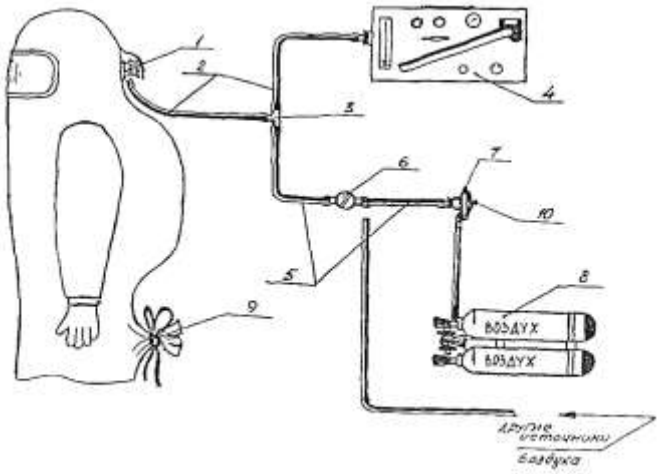


Рис. .49. Схема проверки костюма КИХ-4

I - штуцер с отводом, 2 - шланг резиновый, 3- тройник,4 - прибор УКП-5, 5 - шланг резиновый, 6 - кран, 7 - автомат легочный, 8 - аппарат дыхательный АВМ, 9 - лаз костюма, 10 - шток.

Примечание:можно использовать один прибор УКП-5 для заполнения костюма - без дыхательного аппарата.

Текущий ремонт костюмов КИО-2м и КИХ-4

Проколы, порезы, утонения (сдиры, потертости) материала костюма и рукавиц устраняются при общей площади дефекта не более 1 см2. Для ремонта используются латки из прорезиненного материала (ТСБ-30 или ТС-60), которыеподклеиваются специальным клеем в следующей последовательности:

очищается от пыли и грязи смоченной водой ветошью место повреждения с лицевой стороны, отслоившаяся лента или латка – с внутренней стороны, просушиваются и обезжириваются указанные поверхности с помощью тампона, смоченного бензином;

наносится на склеиваемые поверхности тонкий слой клея, причем, на поврежденный участок наносится клей так, чтобы промазанная площадь перекрывала площадь латки, поверхности просушиваются на воздухе 10-15 мин;

вторично наносится тонкий слой клея на латку (ленту), место ремонта, вновь просушивается на воздухе в течение 5-20 мин, накладывается латка, место склеивания прикатывается, просушивается и присыпается тальком.

Общее количество латок на костюме должно быть не более трех, а ремонт отслоения проклеечной ленты от швов допускается выполнить на общей длине не более 10 см.

Ремонт при отрыве хлястиков, рамкодержателей, текстильной застежки, предохранительного кармана выполняется вручную двойной ниткой (армированная, капроновая или пропиленовая) из состава ЗИП, с последующим проклеиванием швов проклеечной лентой. При повреждении лепестка в седловине клапана избыточного давления, потере рамок (полуколец) в костюме КИХ-4м производится их замена на новые из

комплекта ЗИП. При повреждении (потертости, огрублении) трикотажные перчатки костюмов (КИО-2м, КИХ-4м) подлежат замене, а в случае загрязнения – стирке.

Текущему ремонту не подлежат костюмы, разрушения которых превышают установленные в пунктах нормы, а также костюмы КИХ-4м, имеющие разрушения осоюзок (трещины, огрубления, порывы и т.п.), повреждение или помутнение смотрового стекла, его отслоение по месту приклеивания.

Дегазация (душевание)

Сразу после выхода из загазованной среды, перед снятием костюма, провести душевание водой в течение 3-5 мин. При отсутствии душевой установки провести дегазацию промыванием костюма из пожарного рукава с помощью находящихся в резерве спасателя или водителя, которые должны быть обеспечены защитной спецодеждой.

Применяемое оборудование и средства индивидуальной защиты: душевая установка, вода, пожарный рукав, ствол. Резиновые сапоги, перчатки, фартук, защитные очки.

Чистка костюма

После душевания провести чистку костюма раствором нейтральных моющих средств.

Применяемые средства: раствор моющего средства типа "Лотос" или "Прогресс" (5 г. на 1л воды), ветошь, перчатки резиновые.

Просушивание

После чистки костюма провести просушивание костюма на открытом воздухе в висячем положении на вешалке или специальной подставке. В случае невозможности размещения костюма на открытом воздухе, организовать его просушивание в хорошо проветриваемом помещении.

Применяемые средства: вешалка, специальная подставка.

Визуальная проверка

Визуальный контроль проводить лицевой и изнаночной сторон костюма только после его высушивания.

При этом необходимо проверить:

отсутствие проколов порывов, потертостей, отслоения полимерного покрытия материала костюма, трещин на панорамном стекле и его помутнения;

качество приклеивания швов путем их перегибания по краю на 180º;

прочность притачивания хлястиков и рамкодержателей, держателей пряжек;

исправность клапана сброса избыточного давления проверяется при снятом с капюшона костюма его корпуса и снятой крышке - определяется упругостью обоих лепестков, плотностью прилегания их к своим седлам;

целостность поверхности сапог и герметичность их определяются путем плотного соединения вверху голенищ сапог и закатывание их сверху-вниз.

Проверка герметичности костюма манометрическим методом

Костюм в расправленном виде уложить на стол.

Снять клапан сброса избыточного давления на капюшоне костюма, в отверстие от клапана вставить и закрепить штуцер с отводом (1; рис. 1.49).

Установленный на капюшоне костюма штуцер с отводом (1) посредством резиновых трубок (2) и тройника (3) подсоединить к прибору УКП-5 (4).

На панели прибора УКП-5 установить: маховичок КР - в положение МАНОМЕТР, маховичок КЭ - в положение НАГНЕТ, рычаг КЛАПАН - в положение ЗАКР, маховичок ПОТОК - в положение МЕНЬШЕ до упора, штуцер манометра-реометра в положение ОТКР.

Свободный конец тройника (3) посредством резиновых трубок (5) и запорного крана (6) соединить с легочным автоматом (7) аппарата АВМ (8).

Лаз костюма (9) загерметизировать путем завязывания его капроновым шнуром.

Открыть вентиль баллона на АВМ и запорный кран (6). Штоком (10) включить избыточное давление и довести давление в костюме до 40 мм вод. ст. (392,4±4,0 Па) Отключить подачу воздуха в костюм и на прибор и включить секундомер. По прибору (4) снять показания давления. Если снижение давления в течение 1 минуты не превысит 7 мм вод. ст. (68.8±2,0 Па), то костюм считается исправным. В случае снижения давления более, 7 мм вод. ст. (68,8±2,0 Па) в минуту - костюм подвергается повторному осмотру и устраняют выявленные дефекты (проколы, порывы). В случае невозможности обеспечения герметичности костюм бракуется.

После проверки разгерметизировать лаз костюма, извлечь штуцер с отводом из отверстия капюшона и на его место установить клапан сброса избыточного давления, навинтить крышку на корпус клапана. Результаты проверки занести в журнал .

Ремонт костюма.

При обнаружении неисправностей костюм КИХ-4М подлежит текущему ремонту, который выполняется силами ремонтных служб на месте эксплуатации в подразделении ВГСЧ.

Устраняются следующие неисправности:

- наложение заплат на проколы и порывы общей площадью до 1 см2, при этом общее количество заплат на костюме должно быть не более трех штук;
- отслоение проклеечной ленты от швов длиной до 10 см,
- подшивка хлястиков, рамкодержателей, предохранительного кармана с последующим проклеиванием швов с изнаночной стороны проклеечной лентой;
- замена лепестка клапана вдоха ЛКВ-1 в корпусе клапана сброса избыточного давления.

Во всех остальных случаях повреждений костюм списывают в установленном порядке.

Наложение заплат на проколы и порывы площадью не более 1 см2.

Очистить от грязи и пыли место ремонта ветошью, смоченной водой и просушить.

Вырезать заплату такого размера, чтобы она накладывалась на материал вокруг поврежденного места не менее 15 мм. Обезжирить поверхность заплаты и место ремонта с помощью тампона, смоченного бензином, нанести тонким слоем резиновый клей на место ремонта и внутреннюю сторону заплаты, просушить его на воздухе 10-15 мин, затем вторично нанести тонкий слой клея, просушить на воздухе в течение 5-10 мин и наложить заплату. Тщательно разгладить заплату, используя валик или какой-либо другой подходящий инструмент.

Применяемые средства: ветошь, вода, заплата соответствующего материала, бензин, кисть, клей, валик, кисточка.

Подклейка проклеечной ленты при её отслоении от швов длиной не более 10 см.

Подклейку производить после очистки и обезжиривания нанесением тонкого слоя клея на отслоившуюся часть ленты и шва с последующей просушкой в течение 5-10 мин и дальнейшим заклеиванием шва.

Применяемые средства: линейка.

Подшивка хлястиков, рамкодержателей, краев предохранительного кармана

Подшивку производят вручную с последующим подклеиванием к месту ремонта с изнаночной стороны проклеечной ленты.

Применяемые средства: игла, нитки из ЗИПа, ножницы, клей, кисть, проклеечная лента, валик.

Замена лепестка клапана вдоха ЛКВ-1.

Снять корпус клапана с капюшона костюма, снять верхнюю крышку, удалить неисправный лепесток и установить годный лепесток клапана. Установить и закрепить корпус клапана на костюме.

Через 24 часа после наложения заплатки или подклейки проклеечной ленты провести испытание костюма на герметичность и записать в журнал.

Примечание: костюм не подлежит ремонту бракуется и списывается при:

- превышении общей площади дефекта более 1 см2;
- отслоении проклеечной ленты от швов более 10 см
- необходимости наложения четвертой заплаты на костюм;
- повреждении или помутнении панорамного стекла.

Хранение костюма

Костюм хранится в складском помещении при температуре 10-30 ОС, относительной влажности воздуха 50-70 %, в условиях, обеспечивающих защиту от атмосферных осадков и воздействия прямых солнечных лучей.

Ящики с изделиями укладывают в штабеля на стеллажи крышками вверх, маркировкой в одну сторону. Расстояние от пола до нижней полки стеллажа должно быть не менее 0,2 м, от отопительных приборов до изделий - не менее 1 м, от внутренних стен до изделий - не менее 0,2 м.

При соблюдении правил хранения на складах срок сохранности костюма составляет 5 лет.

После получения костюма со склада для индивидуального пользования,

костюм хранится в специально отведенном месте, в развешенном состоянии в комплекте с сапогами в помещениях, оборудованных вытяжной вентиляцией.

Запрещается:

- хранить костюм в сумке, на полу, открытых полках;
- хранить влажный, неисправный, загрязненный костюм;
- совместное хранение костюма с горючими средствами, кислотами, растворителями;
- хранить костюм, не прошедший дегазацию.

Костюмы специальные изолирующие других типов

Возможно применение в подразделениях ВГСЧ иных костюмов химзащиты (КС «Азот», ИК-АЖ «Иней», КИ-АУ «Икар» и др.). Эксплуатация и техническое обслуживание данных костюмов определены соответствующими инструкциями по их эксплуатации и техническому обслуживанию.

Боевая одежда пожарного

Боевая одежда пожарного БОП-1

Боевая одежда первого 1 уровня защиты, в сокращении БОП-1, прекрасно защищает от воздействия на организм высоких температур, тепловых потоков и всевозможных взаимодействий с открытым пламенем при тушении пожара или проведении аварийно-спасательных мероприятий в условиях действия пожара, например, проведение разведывательных действий или спасение людей. Боевая одежда изготавливается из тканей, которые имеют чрезвычайно высокие показатели в области огнетермостойкости. Такие ткани обрабатывают специальными пропитывающими составами или огнеупорные покрытиями. Такой тип одежды в основном поставляется на оснащение частей газодымозащитников.



Рис.50. БОП-1

Все материалы, которые обладают повышенной огнестойкостью, проходят проверку на соответствие установленным показателям разрывной и других видов нагрузок. В качестве примера можно взять материал под названием терлон, или же СВМ, которые способны выдержать разрывную нагрузку превосходящую силу в 1000 Н. Кислородный индекс таких материалов, как правило, составляет приблизительно около 30 %об.

Кислородный индекс пожарозащитной одежды первого уровня равен 28 %. Такой тип одежды чрезвычайно устойчив к температурам до 300 ОС и способен в течение 7 секунд выдерживать контакт с твердыми поверхностями, температура которых составляет около 400 ОС.

Боевая одежда пожарного БОП-2

Боевая одежда пожарного 2-го уровня защиты БОП-2 изготавливается из материала под названием брезент. Существует два типа защиты второго уровня, так тип "А" предназначен для начальников и командиров групп, а вот тип "В" используется рядовым составом при тушении пожаров. Одежда способна обеспечить защиту от сильно концентрированных растворов и поверхностно-активных веществ, температур повышенного и пониженного характера, воды и пенных растворов, осадков в виде дождя и снега, а также от сильного ветра.



Рис.51. БОП-2

Как правило, боекомплект состоит из куртки ниже пояса, к которой пристегивается объемная теплоизоляционная прокладка и полукомбинезона, который также оснащен отстегивающимся теплоизоляционным материалом. По желанию костюм может быть дополнен капюшоном и противопожарными перчатками. Куртка поставляется со стойким воротником, тремя накладными кармашками. Среди них есть один, который рассчитан для расположения в нем портативной рации для переговоров с командой. Рукава куртки в дополнение оснащены усилительными накладками, которые расположены в локтевой области и на манжетах, на которых к тому же расположены трикотажные напульсники. На грудной части куртки в ее нижней части и на рукавах находятся светоотражательные фотоэлементы, которые также находятся снизу полукомбинезона. Масса всего боекомплекта должна составлять порядка 6,5 кг.

Боевая одежда пожарного БОП-3

Боевая одежда 3-го защитного уровня состоит из немного удлиненной куртки и полукомбинезона, который оснащен съемными теплосберегающими подкладками. По кромке куртки, на рукавах локтевой в области и в нижней части штанов, располагаются светоотражающие полосы. Куртка оснащена застежкой из трех карабинов. Поверх молнии застежки, нашит водозащитный клапан, который предостерегает не только от попадания внутрь куртки влаги, но и препятствует задуванию ветра. Рукава на куртке оборудованы хлястиками, которые регулируют ширину рукава в области запястья. С этой же ролью отлично справляются напульсники из основной ткани, которые стянуты эластичной лентой. Боевая одежда пожарного 3-го уровня защиты БОП-3 изготавливается из материала под названием винилискожа. Существует два типа защиты третьего уровня, так тип "А" предназначен для начальников и командиров групп, а тип "Б" используется рядовым составом при тушении пожаров. Одежда способна обеспечить защиту от сильно

концентрированных растворов и поверхностно-активных веществ, температур повышенного и пониженного характера, воды и пенных растворов.



Рис.52. БОП-3

Подобного рода боевая одежда способна защитить спасателя от воздействия температуры в 200 ОС на целых три минуты. Максимальная масса всего комплекта 6,5 кг.

Один раз в месяц и после применения производится осмотр и проверка целостности БОП.

БОП изготавливается трёх условных размеров и ростов, которые приведены в табл. 27.

Таблица 27. Размерный ряд костюмов БОП

Условный размер БОП	Обхват груди типовой фигуры человека, см.	Условный рост БОП	Рост типовой фигуры человека, см.
1	96-100	I	158-164
2	104-108	II	170-176
3	112-116	III	182-188

Тема 6.Оживляющая аппаратура на вооружении ВГСЧ

Как известно, наиболее сложным и трудным приемом оказания первой помощи является восстановление дыхания пострадавшему, находящемуся в бессознательном состоянии, когда сердце и дыхание человека находятся в стадии угасания.

Способы оживления мнимоумерших ко времени создания спасательных дружин были известны и почти все горноспасатели умели их применять в случае необходимости. Однако, производство искусственного дыхания требовало большого умения, часто длительного времени и затраты значительных физических усилий.

Стремясь механизировать процесс оживления пострадавших, в Германии были разработаны автоматические приспособления для производства искусственного дыхания. Это аппараты «Инхабад» и «Пульмотор». Такие аппараты применялись и горноспасателями России.

Механический аппарат «Инхабад» имитировал искусственное дыхание пострадавшему по способу Сильвестра с подачей кислорода в легкие пострадавшего. Более сложный аппарат фирмы Дрегер «Пульмотор» позволял производить искусственное дыхание и ингаляцию. В конце 30-х годов в научно-исследовательской лаборатории ВГСЧ Донбасса аппарат «Инхабад» был несколько усовершенствован и получил название рама ОКА (оживляющий кислородный аппарат). С

С помощью ОКА пострадавшему можно было автоматически подавать смесь кислорода с воздухом, один кислород, смесь кислорода с углекислым газом (карбоген) для лучшего стимулирования дыхания с помощью ингаляторов и механически производить искусственное дыхание по способу Сильвестра. Поэтому ОКА состоял из двух частей: слегка выгнутой доски с металлической рамой для механического производства искусственного дыхания и кислородного или кислородно-углекислотного ингалятора.

Кислородный и кислородно-углекислотный ингалятор предназначены для равномерной подачи дозированных количеств кислорода, кислорода с воздухом или углекислотой с целью восстановления нормального дыхания у пострадавшего.

Деревянная слегка выгнутая доска с металлической рамой и переключательным краном, расположенным под доской, предназначена для механического производства искусственного дыхания.

При отсутствии или порче ингалятора оживление осуществлялось применением одного аппарата для механизации процесса искусственного дыхания. Равным образом, ингалятор применялся для оживления при отсутствии аппарата для механизации искусственного дыхания.

Рама ОКА находилась на оснащении ВГСЧ до 50-х годов прошлого века.

Метод Сильвестра получил широкое распространение ввиду того, что он сравнительно проще других (Шефера, Нильсена) и требует меньших усилий.

Однако опытами было доказано, что метод Нильсена дает значительно

лучшую вентиляцию легких, чем метод Сильвестра. Это было использовано врачом научно-исследовательской лаборатории ВГСЧ Сибири И.Ф.Швайко в созданном им оживляющем аппарате для производства искусственного дыхания по методу Нильсена.

Основу аппарата составляла складная рама (доска) с откидными ножками. Внизу, под передней частью рамы, укреплялась система рычажных передач из металлических трубок, позволявшая приводить в движение рычаги с подлокотниками, закрепляемыми ремнями к локтевым суставам рук пострадавшего. Пострадавший укладывался лицом вниз, причем на уровне его рта в раме имелось круглое отверстие для выведения рвотных масс; через это же отверстие проходила и трубка ингалятора. Две подушечки трапециевидной формы, соединенные тремя пружинами, накладывались широкими краями на лопатки пострадавшего. К имевшимся по бокам этих подушек крючкам прикреплялись цепочки, соединенные с рычагами. При качательном движении рукоятки, соединенной с рычажной системой аппарата, надавливание на лопатки производилось с помощью трапециевидных подушечек, как и при ручном способе, в направлении вперед, вниз и несколько в сторону.

Оживляющие аппараты Швайко изготавливались в механических мастерских штаба ВГСЧ Сибири и имелись на оснащении горноспасательных подразделений.

В дальнейшем оживляющая аппаратура проектировалась с использованием энергии сжатого кислорода и метода вдувания-отсасывания дыхательной смеси в легкие человека. Это были аппараты серии «ДП» и «Горноспасатель», которые эксплуатируются до настоящего времени.

Аппарат "Горноспасатель-10"

Аппарат искусственной вентиляции легких "Горноспасатель-10" предназначен для проведения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) пострадавшим при авариях и несчастных случаях в шахте.

ИВЛ может проводиться в пригодной (автономная работа аппарата) и непригодной для дыхания атмосфере.

В непригодной для дыхания атмосфере аппарат применяется совместно с любым газозащитным аппаратом, используемым в горноспасательной практике в атмосфере, соответствующей их защитной способности.

Показания к применению аппарата: расстройство дыхания, приводящее к недостаточной вентиляции легких; прекращение дыхания в результате слабой сердечной деятельности; отсутствие дыхания, сопровождающееся прекращением сердечной деятельности, т.е. клиническая смерть.

С помощью аппарата возможно проведение ингаляции чистым кислородом.

Техническая характеристика

Запас кислорода в баллоне при 200 ат, л….....200

Масса аппарата, кг……...….....5

Габаритные размеры, мм…….....353х242х120

работа в режиме ИВЛ
Время действия аппарата, мин….....…….....90
Давление вдоха аппарата, мм рт.ст
минимальное (основной режим).....…….13,2±1,1
максимальное (дополнительный).....……21,1±2,2
при экстренной ручной подаче,мм вод.ст.…500±50
Минутная вентиляция,л/с.....……...….0,2±0,03
содержание кислорода в дыхательном газе,%.....35±5
работа в режиме ингаляции
Время действия аппарата, мин…….....15
Производительность ингаляционного устройства, л/с..1
Содержание кислорода в дыхательном газе, %.....99,2-99,5
Разрежение вдоха, мм вод.ст…….....3

Устройство и работа ГС-10

Переключение с фазы вдоха на фазу выдоха происходит вследствие достижения заданного давления дыхательного газа в дыхательном контуре аппарата (принцип переключения - по давлению).

Для осуществления вдоха используются энергия сжатого кислорода, содержащегося в баллоне, и способность инжектора подсасывать атмосферный воздух (или другой дыхательный газ) и направлять образовавшуюся кислородно - воздушную смесь в легкие пострадавшего.

Выдох осуществляется пассивно за счет упругих сил грудной клетки и легких человека.

Аппарат имеет кислородораспределительные системы высокого и низкого давления и дыхательный контур.

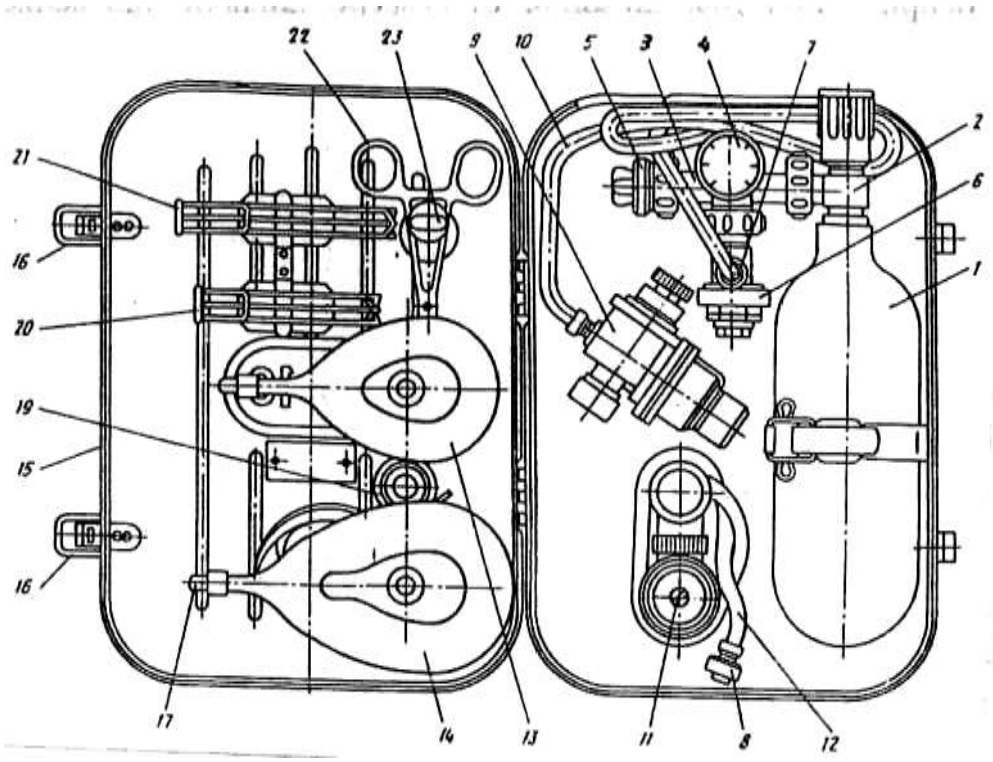


Рис 1. Аппарат ГС-10

В кислородораспределительную систему высокого давления (рис. 1) входят баллон 1 емкостью 1 литр с вентилем 2, тройник 3 с манометром 4 и заглушкой 5.

В кислородораспределительную систему низкого давления ИВЛ входят редуктор 6 с присоединенным к нему гайкой 7 разъемом 8 и переключающее устройство 9 с гибкой трубкой 10.

В кислородораспределительную систему низкого давления ингаляции входят редуктор 6 с присоединенным к нему гайкой 7 разъемом 8 и ингаляционное устройство 11 с гибкой трубкой 12.

Дыхательный контур ИВЛ состоит из дыхательной маски 13 (14) и присоединяющейся к ней части переключающего устройства 9.

Дыхательный контур ингаляции состоит из дыхательной маски 13 (14) и присоединяющейся к ней части ингаляционного устройства 11.

В ранце 15, который закрывается замками 16, размещены пробка 17, маскодержатель 18, переходник 19, языкодержатели 20, 21, 22, зуборасширитель 23.

Работа в режиме ИВЛ

При автономном применении аппарат работает по схеме с полуоткрытым дыхательным контуром (рис.2 и 3а). Кислород из баллона 4 поступает через тройник 1, редуктор 3 и гибкую трубку 2 в переключающее устройство 5, которое одновременно является генератором вдоха, так как содержит инжектор, создающий поток кислородно-воздушной смеси и направляющий его через дыхательную маску 6 в легкие пострадавшего.

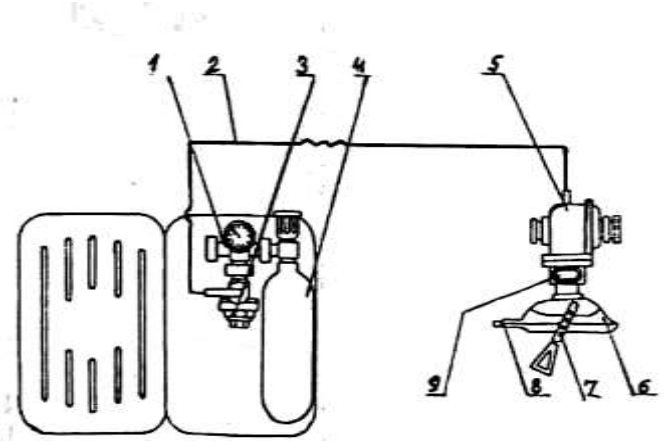


Рис.2

После достижения в дыхательном контуре заданного давления перекрывается доступ кислорода в инжектор и, следовательно, прекращается подача дыхательного газа в легкие. Затем в результате давления, создаваемого упругими силами грудной клетки и легких, происходит пассивный выдох в атмосферу через отверстие овального фланца 9, расположенного на корпусе переключающего устройства.

При работе в непригодной для дыхания атмосфере (при совместном применении с изолирующими дыхательными аппаратами) аппарат работает по схеме с полузакрытым дыхательным контуром (рис.3 в, г, д, е). Кислород из баллона 5

поступает через редуктор 4 и гибкую трубку 3 переключающего устройства 2. Одновременно инжектор начинает подсасывать дыхательный газ из аппарата, подсоединенного к овальному фланцу 6 переключающего устройства 2, и направляет образовавшуюся газовую смесь через дыхательную маску 7 в легкие пострадавшего.

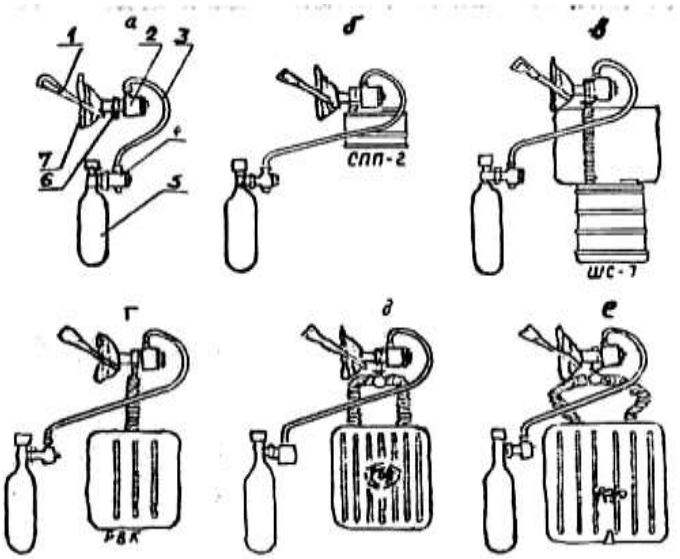


Рис.3

После достижения в дыхательном контуре заданного давления прекращается поступление кислорода в инжектор и начинается фаза пассивного выдоха. Выдыхаемый газ поступает через отверстие овального фланца 6 обратно в дыхательный аппарат, где очищается от углекислого газа и снова используется для дыхания.

При совместном применении с дыхательными аппаратами фильтрующего типа аппарат работает по схеме с полуоткрытым дыхательным контуром. В этом случае выдох происходит в атмосферу (рис.3 б).

Работа в режиме ингаляции

Ингаляция осуществляется чистым кислородом. При вдохе кислород из баллона 3 (рис.4) поступает через тройник 1, редуктор 2, гибкую трубку 4 и ингаляционное устройство 8. Ингаляционное устройство обеспечивает необходимый поток кислорода в зависимости от глубины вдоха пострадавшего и направляет его через дыхательную маску 7 в легкие.

Выдох осуществляется через клапан 5 ингаляционного устройства 8 в атмосферу.

Применение аппарата ГС-10

Проведение ИВЛ в пригодной для дыхания атмосфере

Проведение ИВЛ пострадавшему в пригодной для дыхания атмосфере производится в следующем порядке:

1. командиру отделения убедиться в отсутствии пульса и дыхания у

пострадавшего, информировать личный состав отделения о клинической смерти пострадавшего и подать команду "приступить к оказанию помощи":

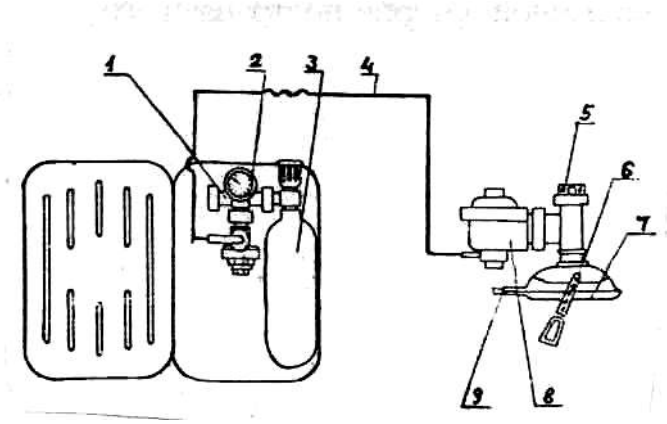


Рис.4

2. командиру отделения встать на колени на левую сторону от пострадавшего, открыть ему рот руками или роторасширителем, осмотреть полость рта и при наличии слизи, рвотных масс, инородных тел быстро очистить намотанной на палец салфеткой (бинтом); положить ладони левой руки на шею, а ладонь правой - поместить на лоб и запрокинуть голову, ввести в полость рта сетчатый языкодержатель так, чтобы он выступал на передние зубы не более чем на один сантиметр;

3. убедиться в отсутствии перелома ребер в области сердца;

4. приступить к непрямому массажу сердца, не ожидая подключения пострадавшего к аппарату ИВЛ;

5. замыкающему положить аппарат ИВЛ перед собой справа от головы пострадавшего и открыть крышку; извлечь сетчатый языкодержатель, оголовье и положить их у головы пострадавшего. Роторасширитель, бинт, салфетку извлекают по требованию командира или медработника;

6. присоединить к круглому фланцу переключающего устройства ротоносовую маску, и после введения командиром сетчатого языкодержателя в полость рта пострадавшего открыть вентиль баллона, наложить маску на лицо пострадавшего; удерживать ротоносовую маску с переключающим устройством до тех пор, пока респираторщик N 1 закрепит ее маскодержателем; контролировать ритмичность работы аппарата ИВЛ и расход кислорода по манометру: подключить запасной кислородный баллон при падении давления в основном баллоне до 100 ат; использовать запасной баллон до давления 10 атмосфер;

7. респираторщику N 1 встать на колени у изголовья пострадавшего, удерживать его голову в максимально запрокинутом положении на протяжении всего времени производства ИВЛ, подвести под шею пострадавшего маскодержатель и закрепить им ротоносовую маску с переключающим устройством; закрепить нить языкодержателя к боковой кнопке маски; расстегнуть воротник и контролировать пульс на сонной артерии пострадавшего;

8. респираторщику N 3 освободить пострадавшего от аккумулятора, расстегнуть пояс, если он туго стянут; убедиться в отсутствии переломов нижних конечностей, приподнять и обеспечить их приподнятое положение

во время проведения непрямого массажа сердца.

Проведение ингаляции

При появлении у пострадавшего устойчивого самостоятельного дыхания командир отделения подает команду "перейти на ингаляцию":

1. респираторщику N 1 отстегнуть маскодержатель, снять ротоносовую маску, извлечь языкодержатель, отсоединить от маски переключающее устройство и передать его замыкающему; подсоединить маску к ингаляционному устройству, наложить маску на лицо пострадавшего и закрепить ее маскодержателем;

2. замыкающему закрыть вентиль баллона в аппарате ИВЛ и контролировать падение давления до нуля; отсоединить трубку переключающего устройства от редуктора, подсоединить к нему трубку ингаляционного устройства и передать ее респираторщику N 1; открыть вентиль баллона; наблюдать за давлением кислорода в баллоне до 10 ат и производить его своевременную замену;

3. респираторщику N 3 поднести к аппарату ИВЛ кислородные баллоны, доставленные на базу.

В аппаратах ГС-10, снабженных разъемами, вентиль баллона не перекрывается, а отсоединяют в разъеме переключающее устройство и подсоединяют ингаляционное.

Проведение ИВЛ в непригодной для дыхания атмосфере с использованием вспомогательного респиратора

По команде "приступить к оказанию помощи" всем в отделении действовать одновременно:

1. командиру отделения встать на колени по левую сторону от пострадавшего, раскрыть ему рот, разжав при необходимости зубы роторасширителем;

2. осмотреть полость рта и, при наличии слизи, рвотных масс, инородных тел, быстро очистить ее намотанной на палец салфеткой (бинтом); запрокинуть голову пострадавшему; ввести по середине спинки языка сетчатый языкодержатель так, чтобы он выступал за передние зубы не более чем на один сантиметр;

3. убедиться в отсутствии проникающего ранения сердца и перелома ребер в области сердца, после подключения пострадавшего к аппарату ИВЛ приступить к непрямому массажу сердца;

4. респираторщику N 1 встать у изголовья пострадавшего, удерживать его голову в максимально запрокинутом положении на протяжении всего времени ИВЛ; закрепить плотно маску с переключающим устройством; закрепить нить языкодержателя к маске; расстегнуть воротник пострадавшего; контролировать пульс на сонной артерии;

5. респираторщику N 2 разместиться слева от пострадавшего между командиром отделения и респираторщиком N 1, положив перед собой вспомогательный респиратор, заменить шлем - маску на загубник и,

развернув его в противоположном направлении от подбородка, открыть вентиль баллона, нажать на байпас до срабатывания избыточного клапана; подтянуть респиратор к пострадавшему и передать мундштучную коробку с загубником замыкающему;

6. замыкающему положить аппарат ИВЛ перед собой справа от головы пострадавшего, выложить языкодержатель и оголовье, подсоединить к круглому фланцу ротоносовую маску, удерживая переключающее устройство круглым фланцем вниз, подсоединить к овальному фланцу загубник респиратора;

7. открыть вентиль баллона аппарата ИВЛ и после появления шипящего звука наложить маску на лицо пострадавшего; удерживать переключающее устройство до тех пор, пока респираторщик N 1 закрепит маску; контролировать работу ИВЛ;

8. респираторщику N 3 освободить пострадавшего от аккумулятора; расстегнуть пояс, если он туго затянут; убедиться в отсутствии переломов нижних конечностей, приподнять и обеспечить их возвышенное положение в течение всего времени проведения массажа сердца.

В непригодной для дыхания атмосфере переключение с режима ИВЛ на режим "Ингаляции кислорода" не производится.

Проверка аппарата ГС-10

В процессе эксплуатации аппарат ГС-10 подвергается сокращенной и полной проверкам. Кроме того, один раз в год в специализированных мастерских проводят ревизию всех составных частей аппарата с заменой вышедших из строя деталей.

Сокращенная проверка аппарата ГС-10

Сокращенная проверка аппарата проводится один раз в месяц в подразделении и после каждого случая применения лицом, за которым закреплен аппарат в следующем порядке.

Открыть вентиль баллона и по манометру аппарата определить давление кислорода, которое должно быть 200±10 ат.

Тлеющим фитильком проверить герметичность соединений баллона, манометра, заглушки и редуктора с тройником, а также штуцера переключающего и ингаляционного устройства с редуктором. При обнаружении утечек их необходимо устранить.

Определить субъективно исправность переключающего устройства. Для этого соединить дыхательную маску с переключающим устройством и открыть вентиль баллона. Закрыть дыхательную маску несколько раз ладонью во время вдоха.

Четкое переключение устройства, определяемое на слух, является признаком его исправности. Если переключение отсутствует или происходит с перебоями, переключающее устройство необходимо проверить на приборе КП-3м.

После проведения сокращенной проверки присоединить к аппарату

наполненный кислородом баллон и проверить герметичность этого соединения тлеющим фитильком.

Полная проверка аппарата ГС-10

Полная проверка аппарата ГС-10 производится в подразделениях ВГСЧ один раз в шесть месяцев, а также при обнаружении неисправностей в работе во время сокращенной проверки или при эксплуатации. Проверку проводит лицо, за которым закреплен аппарат. Основные параметры аппарата проверяют при помощи приборов КП-3м и УКП-5.Устранение неисправностей, при которых требуется полная разборка переключающего и ингаляционного устройств, производится в специализированных мастерских. После полной проверки к аппарату подсоединяют наполненный кислородом баллон и проверяют герметичность их соединений, как и при сокращенной проверке.

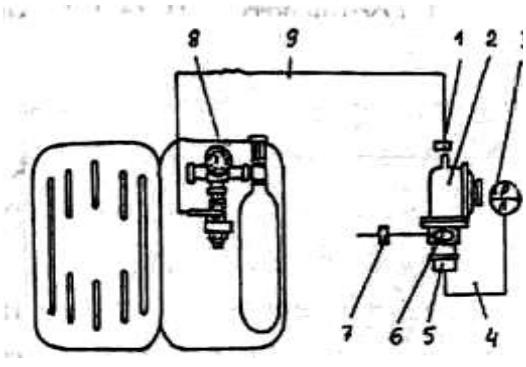


Рис.4

При полной проверке определяется давление кислорода в баллоне и герметичность системы высокого и низкого давлений по схеме, показанной на рис.4. Для этого необходимо открыть вентиль баллона и по манометру 8 определить давление кислорода, пережать гибкую трубку 9 и закрыть вентиль баллона, наблюдая за стрелкой манометра. При падении давления определяют тлеющим фитильком место утечки кислорода и устраняют течь. Система высокого и низкого давления считаются герметичными, если в течение одной минуты не наблюдается падения давления.

Для проверки герметичности дыхательного контура аппарата необходимы пружинящие зажимы для дыхательных трубок, мановакуумметр, секундомер и медицинская резиновая трубка. Проверка герметичности аппарата осуществляется при закрытом вентиле, для чего следует создать через овальный штуцер 6 в системе избыточное давление воздуха 500 мм вод.ст. пережать отвод овального штуцера 7 и одновременно включить секундомер, наблюдая за показаниями мановакуумметра 3. Давление не должно снижаться более чем на 30 мм вод.ст.

При проверке минимального давления вдоха используются контрольный манометр, контрольный прибор КП-3м и резиновая гофрированная трубка. Проверка проводится по схеме рис.5. Кнопка переключающего устройства должна быть установлена в положение, при котором давление вдоха 13,2 мм рт.ст., т.е. толкатель должен быть виден в прорези маховичка. По прибору КП-3м определяют величину минимального давления вдоха, которая должна составлять 13,2±1,1 мм рт.ст.

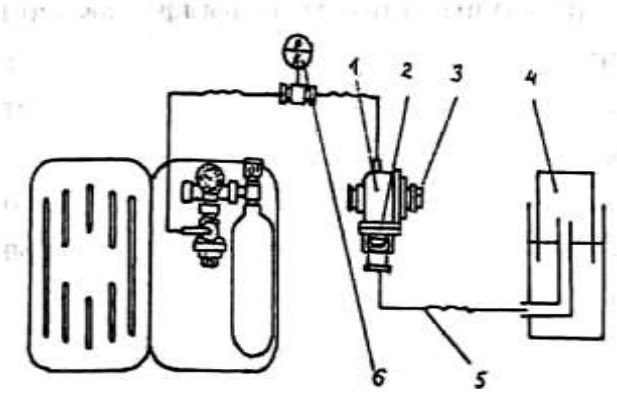


Рис.5

Проверка максимального давления вдоха осуществляется по этой же схеме, при этом предварительно провернуть маховичок, чтобы в прорези не был виден толкатель. Максимальное давление вдоха должно составлять 21,1±2,2 мм рт.ст.

При проверке времени вдоха используют те же приборы и оборудование, что и при проверке минимального давления вдоха, а также секундомер. Осуществляется проверка по схеме рис.5 при открытом вентиле баллона. Маховичок следует зафиксировать в положении, как и при проверке минимального давления вдоха, и по секундомеру определить его время. Время вдоха должно составлять 2±0,1-0,2 секунды. Если время вдоха отличается от заданного, регулируют давление в редукторе.

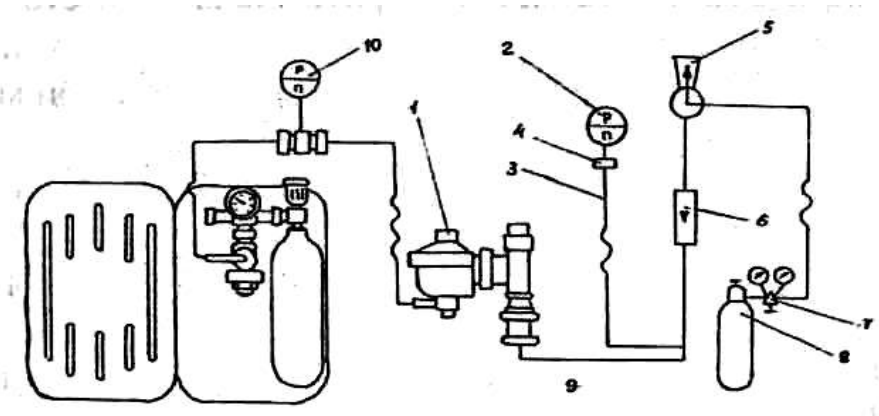


Рис.6

Для проверки времени действия аппарата в режиме ИВЛ используются приборы и оборудование, которое применяется при проверке времени вдоха. Проверка проводится по схеме рис.5. При этом необходимо открыть вентиль баллона, перекрыть отверстие в овальном фланце 7 во время фазы выдоха, включить секундомер в начале вдоха и по прибору КП-3м определить время вдоха. Если продолжительность вдоха не менее 16 с, то обеспечивается действие аппарата в течение 90 мин. Если время вдоха меньше заданного (при соответствии всех других параметров), необходимо проверить герметичность соединений сопел эжектора и мембраны с эжектором.

Проверка продолжительности фазы выдоха в режиме ИВЛ осуществляется по схеме рис.5 при открытом вентиле баллона. По секундомеру необходимо определить продолжительность фазы вдоха, которая должна составлять 3,2±0,2 секунды.

Проверка вакуумметрического давления вдоха ингаляционного

устройства проводится с применением прибора УКП-5, контрольного манометра и соответствующих переходников. Проверка осуществляется при открытом вентиле баллона по схеме рис.6. При этом необходимо открыть вентиль баллона прибора УКП-5, рычаг "клапан" перевести в положение "откр", а маховичок "кэ"- в положение "отсас"; вращая маховичок "поток" в сторону "больше", создать поток 10 л/мин. Вакуумметрическое давление не должно превышать 3 мм вод.ст. (определяется по шкале манометра). Если давление вдоха не соответствует заданному, следует отрегулировать его, а после регулировки - зафиксировать.

Для проверки подачи ингаляционного устройства необходимы приборы и оборудование, используемые при предыдущей проверке. Проверку осуществляют при давлении кислорода в баллоне 200 и 20 ат. С помощью прибора УКП-5 обеспечивают подачу 60 л/мин кислорода и определяют по манометру-реометру вакуумметрическое давление, создаваемое в ингаляционном устройстве. Если давление превышает 20 мм вод. ст., то проверяют работоспособность редуктора аппарата.

Неисправности аппарата ГС-10, связанные с негерметичностью соединений, устраняются путем подтягивания этих соединений или заменой прокладок, при этом не следует забывать перекрыть запорный вентиль баллона и выпустить кислород из системы.

Устранение неисправностей аппарата, требующие разборки его узлов, должны проводиться в специализированной мастерской.

Тема 7. Аппараты горноспасательной связи

В первые годы организации горноспасательных подразделений сигнализации в квартирах спасателей не было. В случае аварии на шахте посылался посыльный оповещать спасателей, находящихся дома. Посыльный брал палку, ходил по домам и стучал в окна с криком :«тревога». Если спасателя не оказывалось дома, его жена бежала разыскивать мужа.

Связи между шахтами и расположением спасателей также не было. В случае аварии с шахты посылали нарочного, который либо на коне, либо бегом добирался до подразделения спасателей и извещал об аварии.

До 1939 года наземная связь между подразделениями ВГСЧ осуществлялась обычными телефонами через несколько коммутаторов, а потому зачастую была неудовлетворительной как по скорости, так и по качеству слышимости.

В некоторых отрядах устанавливались свои небольшие коммутаторы для связи с каждым подразделением. Такая связь была надежнее и качественней.

Были приняты меры к тому, чтобы заменить телефонную связь между штабами ВГСЧ и отрядами, а также между отрядами и их подразделениями, расположенными на значительном расстоянии друг от друга, более надежной и быстрой радиосвязью. В начале 1941 года ряд отрядов, имеющих большой радиус обслуживания, были полностью радиофицированы радиоаппаратами МРК-0.02. Для этой цели в каждом таком подразделении была введена штатная должность радиста.

Связь командного пункта на поверхности с подземной базой часто осуществлялась с помощью шахтной телефонной сети и полевыми фоническими телефонами, которые имелись на вооружении горноспасателей.

С начала 30-х годов XX века делаются попытки применения радиосвязи командного пункта на поверхности с работающими в шахте отделениями.

Первая модель двухсторонней радиоустановки испытывалась в феврале 1939 года на шахте № 3-4 в Донбассе. При этом пятиваттный передатчик был установлен в районе рудничного двора шахты, а приемник на расстоянии около 1700 метров. Радиосвязь осуществлялась по двухпутевому коренному штреку и уклону, насыщенных токопроводящими линиями. Слышимость была весьма хорошей. Однако связи не получилось, когда пытались вести переговоры с расстояния 100 м в штреке, не имеющим каких-либо металлических проводников.

Обнаружение пострадавших, оставшихся живыми за завалом, часто происходило по сигналам, подаваемым ими ударами по рельсам, трубам или по массивам породы и угля. Было установлено, что передача звука по рельсам или по подвешенным на всем протяжении трубам происходит на большие расстояния. Так, по трубопроводу диаметром 150 мм в наклонной шахте постукивание костяшками пальцев передавалось на расстояние 450 метров. Подобные сигналы пострадавших можно услышать с помощью специальных приборов.

Такой прибор, геофон, был изобретен французским физиком во время империалистической войны (1913-1917 г.г.) для обнаружения саперных минировочных подземных операций противника. Прибор был усовершенствован инженерами США, а затем разработкой прибора для горноспасателей занималось горное бюро США.

Геофон конструкции горного бюро США состоял из чугунного кольца, закрытого сверху и снизу медными дисками. Внутри такой коробки между двумя диафрагмами находится свинцовый диск. Диафрагмы металлические или слюдяные расположены одна над кольцом, а другая под кольцом и прижаты к кольцу медными дисками. Между диафрагмами и медными дисками, а также между свинцовым диском и кольцом имеются зазоры.

Коробка геофона воздухонепроницаема. На штуцер верхнего медного диска одета резиновая трубка длиной 600-900 мм внутренним диаметром 6 мм, которая вставляется в ухо наблюдателя. При установке его соответствующим образом на землю и при ударах или раскапывании земли вблизи него, колебания земли передаются корпусу геофона. Свинцовый же диск, имея большую массу и будучи подвешенным между дисками, остается относительно неподвижным, воздух же внутри коробки то сжимается, то расширяется, что и передается по резиновой трубке наблюдателю. При этом если звук идет справа, он слышится правым ухом и наоборот. Поворачивая голову, можно принять такое положение, когда оба уха будут слышать этот звук одинаково, т.е. звук идет или прямо спереди, или прямо сзади. С помощью двух приборов можно определить положение источника звука довольно точно.

Было замечено, что в угольных шахтах удары лучше производить по бортам выработки и что удары молотком (по сравнению с другими горными инструментами) передаются лучше и слышны на больших расстояниях.

Геофон с никелевыми диафрагмами воспринимал удары молотом весом 7,2 кг на расстоянии 900 м по породе, на 600 м по углю, на 120 м по глине и на 170 м по наносам. В обыкновенном разговоре голос человека был воспринят через 45 метровую толщу угля.

В горноспасательной практике с применением геофонов неоднократно удавалось спасать жизнь шахтеров при обрушениях в то время, как никаким другим способом обнаружить присутствие их в районе обрушения не представлялось возможным.

Значительно уменьшается количество жертв во время возникновения подземных аварий в шахтах, когда шахтеры быстро оповещаются об опасности.

Работники Всесоюзного научно-исследовательского угольного института А.Ф. Архангельский и С.Н. Пономарев разрабатывают устройство для оповещения горнорабочих об аварии с помощью ароматических веществ.

Устройство, разработанное ими, хомутом крепилось на трубу подземного воздухопровода. В цилиндре устройства размещалась стеклянная ампула с дурнопахнущим веществом тиоацетоном. В случае аварии ампула раздавливалась с помощью специального устройства, вещество поступало в

воздухопровод и сжатым воздухом разносилось по местам работы горнорабочих.

В заграничной практики для этих целей применяли вещества из группы ароматических веществ – меркаптанов – более сложных в изготовлении, но несколько интенсивнее по запаху.

Система оповещения шахтеров при авариях с использованием пахучих веществ применяется и в настоящее время.

Проводная связь

В настоящее время в ВГСЧ при выполнении горноспасательных работ в шахтах для связи отделений с подземной базой применяются проводные и высокочастотные средства связи. Из проводных средств связи используются аппаратура "Шахтофон", аппаратура "Уголек" и "Уголек-Т".

Аппаратура "Шахтофон", "Уголек" и "Уголек-Т" предназначены для прямой симплексной двусторонней громкоговорящей связи и односторонней (отделение-база) кодовой сигнализации тональными сигналами по двухпроводной линии между подземной базой и отделениями при ведении горноспасательных работ в шахтах. Кроме того, аппаратура "Уголек-Т" позволяет дистанционно измерять температуру окружающей среды в месте нахождения отделения и производить отсчет времени нахождения в загазированной среде (симплексная связь - это связь, позволяющая вести передачу информации между абонентами не одновременно, а попеременно, только в одну сторону).

Техническая характеристика проводных средств связи

показатели	"Шахтофон"	"Уголек"	«Уголек-Т»
Максимальная длина линии связи,км ….	5	5	5
Выходная электрическая мощность аппарата базы,вт ……..…	0,1	0,2	0,2
Источник питания аппарата базы …..	8РЦ-73	5РЦ-73	5РЦ-83
Источник питания аппарата отделения ..	РЦ-53	-	-
Продолжительность непрерывной работы без замены батарей,час ……..	100	100	100
Масса,кг			
аппарата базы ……..	1,5	1,0	1,5
аппарата отделения ……	0,43	0,4	0,65
подключающего устройства ……	-	0,14	0,1
футляра ……..	-	-	2
Габариты,мм			
аппарата базы ……..	195x110x58	62x81x130	178x176x60
аппарата отделения …….	145x62x53	60x63x90	142x72x42
Исполнение …….	РО,Иа	РО,Иа	РО,Иа
Диапазон измерений температур,ºС			

с преобразователем ПТ ……..	-	-	20-55
с преобразователем ПТВ ……..	-	-	20-100
Длительность одного цикла измерения температуры,с ……	-	-	4
Объем таймера для отсчета времени,мин..	-	-	99

Аппаратура "Шахтофон"

Устройство

Комплект аппаратуры (рис. 1) состоит из аппарата базы (АБ) 1, двух аппаратов отделения (АО) 2, соединителя 3 и катушек связи с проводом. Аппаратура обеспечивает передачу информации голосом с места аварии на подземную базу, передачу информации голосом с подземной базы отделению и передачу отделением кодовой информации сигналом (из загазированной атмосферы) на подземную базу.

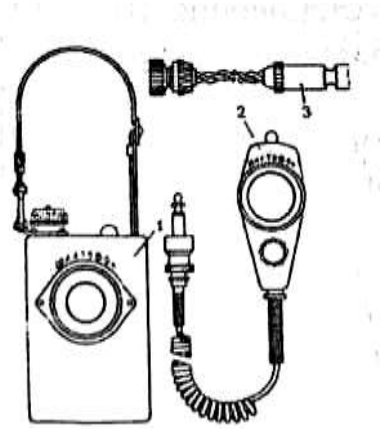


Рис. 1

Аппараты отделения и базы помещены в брызгозащищенные корпусы из ударопрочной пластмассы. Их конфигурация создает максимальные удобства при эксплуатации. Аппарат отделения свободно умещается в руке, может крепиться к спецодежде с помощью карабина или просто находится в кармане. Аппарат базы переносится на плечевом ремне.

В комплекте аппаратуры "Шахтофон" имеется соединитель, с помощью которого аппарат отделения включается в линию связи в любой ее точке без зачистки изоляции проводов, спайки, разрыва связи и т.п.

Аппарат базы постоянно включен на прием. Это позволяет контролировать со стороны базы действия отделения в загазированной среде. Переключение аппарата базы на передачу осуществляется нажатием кнопки на корпусе АБ.

Подготовка "Шахтофона" к работе

Подготовка аппаратуры к работе производится в следующем порядке.

Отмотать от первой катушки 10-15 метров провода и вставить находящийся на его конце штепсель в гнездо аппарата базы.

Включить штепсель второй катушки в гнездо первой.

Включить штепсель аппарата отделения в гнездо второй катушки.

Проверить наличие двусторонней связи и кодовой сигнализации между аппаратами базы и отделения.

Прокладка проводной линии и ведение связи

После проверки и подготовки к работе аппаратуры и катушки связи для прокладки линии связи необходимо следующее.

Закрепить надежно конец провода первой катушки у места установки аппарата базы.

Закрепить аппарат отделения на груди и включить его штепсель в гнездо первой катушки.

Взять первую и вторую катушки и разматывать по мере движения провод с первой катушки.

Подвешивать провод к стенке выработки на высоте 1,5-2 метра через каждые 15-20 метров.

После разматывания провода с первой катушки подвесить ее на стенке выработки и отключить от нее аппарат отделения.

Отмотать от второй катушки 3-4 метра провода, закрепить его за ручку первой катушки и включить в ее гнездо штепсель второй катушки.

Включить штепсель аппарата отделения в гнездо второй катушки и проверить наличие связи с подземной базой.

Взять вторую катушку и продолжать прокладку проводной линии, поддерживая постоянную связь с подземной базой.

Для подключения к проложенной линии связи в любом месте соединителя необходимо следующее.

Включить штепсель аппарата отделения в гнездо соединителя.

Раздвинуть провода и так ввести между ними головку соединителя, чтобы проводки оказались между головкой и гайкой в прорезях над штырями.

Вращать гайку по часовой стрелке до тех пор, пока штырями не будет проколота изоляция провода и не установится надежная связь с подземной базой.

Тактика применения аппаратуры "Шахтофон" аналогична тактике применения других проводных средств связи и будет описана ниже.

Проверка аппаратуры "Шахтофон"

Аппаратура связи "Шахтофон" проверяется перед применением как описано выше, а также один раз в месяц и после каждого применения.

Один раз в месяц и после применения аппаратура базы и отделения должны подвергаться внешнему осмотру, проверке комплектности, работоспособности и исправности источника питания.

При внешнем осмотре определяется чистота деталей, отсутствие внешних механических повреждений, целостность пломб на крышках аппаратов базы и отделения, исправность органов управления и комплектность аппаратуры.

Проверка работоспособности аппаратуры проводится так же как и при ее подготовке к работе (описана выше).

Проверяется исправность соединителя, для чего включается штепсель аппарата отделения в гнездо соединителя, раздвигаются провода и между ними вводится головка соединителя таким образом, чтобы проводки оказались между головкой и гайкой в прорезах над штырями, вращается гайка по часовой стрелке до тех пор, пока не установится надежная связь с

подземной базой.

Проверяется надежность источников питания путем измерения их тока и напряжения. Ток источника питания аппарата базы должен быть не менее 100 мА, аппарата отделения - не менее 10 мА. Напряжение источника питания аппарата базы должен быть не менее 8 В, аппарата отделения - не менее 1 В.

Аппаратура связи "Уголек"

Устройство

Аппаратура "Уголек" обеспечивает:

- включение аппарата отделения в любой точке линии связи для установления связи с подземной базой;
- контроль аппаратом отделения исправности линии связи.

В комплект аппаратуры входят: аппарат базы (АБ), аппарат отделения (АО), подключающее устройство, вилка двухполюсная ВД-1 и розетка двухполюсная РД-1.

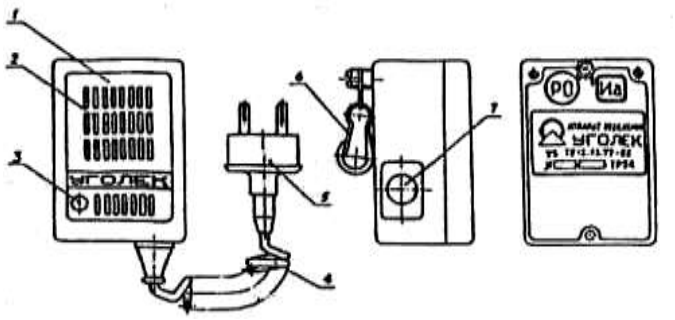


Рис.2

Внешний вид аппарата отделения показан на рис.2. На лицевой панели 1 аппарата имеется решетка 2 микротелефона и светодиод 3. На задней крышке аппарата расположен винт с карабином 6. В нижней части корпуса закреплен спиральный телефонный шнур 4 с двухполюсной вилкой 5, а на боковой стенке расположено окно малогабаритной кнопки 7.

При работе аппарат отделения удерживается одной рукой на расстоянии 10-15 см ото рта говорящего. Переносить аппарат отделения можно в кармане, на спецодежде или в руке.

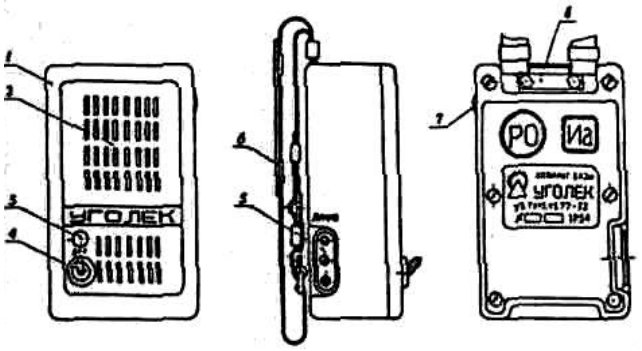


Рис.3

Внешний вид аппарата базы показан на рис.3. На лицевой панели 1 имеется решетка 2 громкоговорителя, светодиод 3 и микротумблер 4 для включения источника питания. К держателю 8, закрепленному в верхней части задней стенки корпуса, прикреплен ремень 6, служащий для переноски аппарата. На одной из боковых стенок корпуса имеется малогабаритная кнопка 7, а на другой находится двухполюсная розетка 5 для подключения аппарата базы к линии связи.

Во время связи аппарат базы может находиться в руках либо подвешен к крепи.

В первом случае аппарат базы удерживается одной рукой на расстоянии 10-20 см ото рта говорящего. При этом большой палец правой руки располагается на кнопке и переключает аппарат базы с приема на передачу нажатием ее. Переносить аппарат базы можно в кармане и на плече с помощью ремня.

Внешний вид подключающего устройства показан на рис. 4. Оно состоит из обоймы 3, в которой неподвижно закреплен сердечник 5. В открытую сверху обойму входит шток 2. Шток имеет прорези, куда закладывается подключаемый провод. Сердечник имеет цилиндрические отверстия, в которые помещаются стаканы 9 с ножами 6, подпружиненными пружинами 7. Усилие пружин регулируется гайкой 8. Обойма и сердечник имеют специальные прорези для прохождения провода. На наружной поверхности сердечника закреплена скоба 1, запирающая шток с проводом. Снизу к обойме крепится двухполюсная розетка 4 для подключения аппарата отделения.

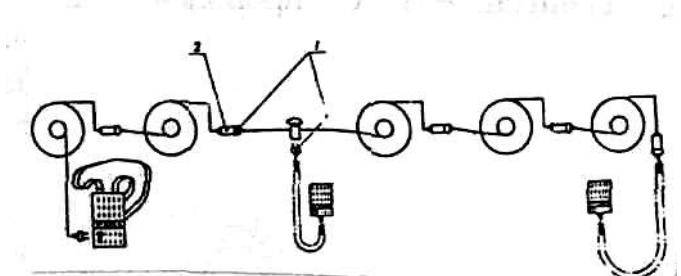
Для того чтобы подсоединить к линии связи подключающее устройство, необходимо отвести скобу, вынуть до упора шток из обоймы, вставить провод линии связи в прорезь штока, задвинуть шток с проводом в обойму и зафиксировать его скобой. С другой стороны подключающего устройства в розетку включить вилку спирального шнура аппарата отделения.

Подключающее устройство рассчитано только на применение с проводом марки ПДГС 2х0,4.

Подготовка аппарата "Уголек" к работе

Для подготовки аппаратуры к работе необходимо:

- аппарат базы подвесить на крепи выработки так, чтобы удобно было им пользоваться во время работы;
- взять катушку связи (рис. 5), вынуть из осевого отверстия двухполюсную вилку 1, подсоединенную к внутреннему концу провода, и включить ее в розетку аппарата базы;
- взять аппарат отделения и катушку связи, отойти на 20-25 метров от аппарата базы, разматывая провод;
- включить двухполюсную вилку аппарата отделения в розетку 2;
- проверить действие двусторонней связи (речевой и тонсигналом). Если при этом появится самопроизвольно звук в виде свиста, отнести аппарат отделения еще на 10-15 метров и повторно проверить состояние связи. Наличие нормальной двусторонней речевой связи и односторонней кодовой сигнализации свидетельствует об исправном состоянии и полной готовности аппаратуры к работе.



Проверяется исправность подключающего устройства, для чего аппарат отделения через подключающее устройство подсоединяется к линии связи и опробуется работоспособность аппаратуры.

Прокладка линии связи

После проверки и подготовки аппаратуры к работе прокладку линии связи осуществлять следующим образом:

- на уровне подвески аппарата базы на расстоянии 0,5-1 метр от него завязать провод на стойке крепи;
- закрепить аппарат отделения на спецодежде с помощью карабина, взять катушку связи, в которую включен аппарат отделения, взять остальные катушки, после чего отделению двигаться по заданному маршруту;
- подвесить провод, начиная от места установки аппарата базы, на высоте 1,5-2 метра от почвы и через каждые 15-20 метров привязывать его к стойкам крепи;
- после разматывания до конца провода первой катушки включить в линию связи вторую катушку для чего отключить аппарат отделения от первой катушки, взять вторую катушку, вытащить из ее осевого отверстия провод с вилкой и включить ее в розетку первой катушки. Вилку аппарата отделения включить в розетку второй катушки и проверить действие двусторонней связи;
- подвесить и закрепить на стойке крепи линейный провод с обеих сторон соединения вилки с розеткой так, чтобы исключить случайное разъединение их и падение на почву;
- после размотки второй катушки при необходимости дальнейшей прокладки линии использовать третью и последующие катушки.

Для подключения аппарата отделения в любой точке линии связи необходимо взять подключающее устройство, отвести скобу, вынуть до упора из обоймы шток, вставить провод линии связи в прорезь штока, задвинуть его с проводом в обойму и зафиксировать шток скобой. С другой стороны подключающего устройства в розетку включить вилку аппарата отделения.

Кодовая информация, переданная отделением, должна повторяться голосом принявшего ее на подземной базе для подтверждения правильности приема (например: «вас понял, прибыли на место и приступили к выполнению задания»).

Проверка аппаратуры "Уголек"

Проверка аппаратуры "Уголек" производится перед применением, как указывалось выше, после применения и один раз в месяц на внешний осмотр,

работоспособность и пригодность источника питания.

При внешнем осмотре определяется комплектность аппаратуры, чистота деталей, отсутствие внешних повреждений, состояние подключающего устройства, двухполюсной вилки, футляра, двухполюсной розетки.

Пригодность источника питания проверяется путем измерения тока короткого замыкания. Секция 5РЦ-73 считается пригодной к использованию, если в течение 2-3 сек. она обеспечивает ток короткого замыкания 0,4-0,5 А. Секция с меньшим током короткого замыкания подлежит замене.

Аппаратура связи "Уголек-Т"

Устройство

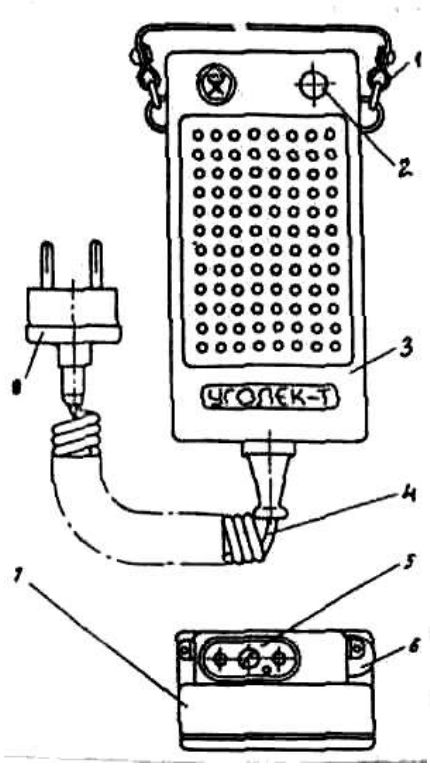


Рис.6

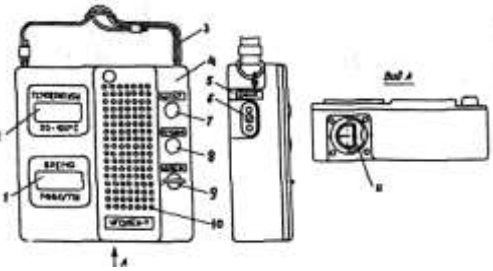


Рис.7

Аппаратура "Уголек-Т" обеспечивает:

- прямую двустороннюю громкоговорящую связь между абонентами аппаратов отделения и базы (направление связи изменяется при нажатии кнопки аппарата базы);
- прямую одностороннюю (от отделения на базу) сигнализацию тональными сигналами с помощью кнопки аппарата отделения;
- оперативное присоединение аппарата отделения и подключающего устройства с микротелефоном к любому участку линии связи;
- поверку отделением исправности линии связи;
- автоматическое дистанционное (циклическое) измерение температуры воздуха в месте нахождения аппарата отделения или выносного преобразователя температуры;
- внеочередное измерение температуры при нажатии на кнопку аппарата

базы;

- отсчет времени нахождения отделения в загазированной среде на аппарате базы;
- цифровую индикацию измерений на аппарате базы;
- автоматическое подключение автономного источника питания к схеме при присоединении к аппарату базы разъема линии связи.

В состав аппаратуры входят: аппарат базы, аппарат отделения, подключающее устройство, подключающее устройство с микротелефоном, преобразователь температуры и преобразователь температуры выносной.

Корпус аппарата отделения (рис.6) выполнен из лицевой панели 3, закрытой снизу дном 7. Ко дну прикреплен шнур 4, заканчивающийся вилкой 8. Сверху на дне располагается розетка 5, а сбоку - протектор 2, закрывающий кнопку, и ремень 1. На лицевой панели расположен светоизлучающий диод 2.

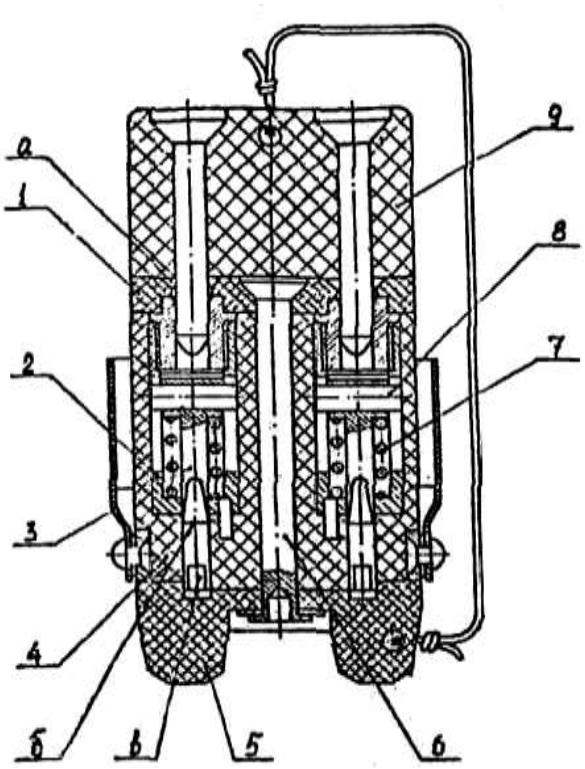


Рис.8

Аппарат базы (рис.7) выполнен в виде прямоугольного полого корпуса 5, закрытого спереди лицевой панелью 4. На лицевой панели расположены жидкокристаллические цифровые индикаторы для отсчета текущего времени 1 и контролируемой температуры 2. Там же расположены кнопки: 8- ПЕРЕДАЧА; 7- ИЗМЕР.; 9- СБРОС ВР.; отверстия 10, за которыми находится головка громкоговорителя. Прежде чем нажать на кнопку СБРОС ВР., необходимо крышку, закрывающую кнопку нажать и повернуть по часовой стрелке на 90º, а затем уже нажать для обнуления показания индикатора текущего времени 2. В нижней части корпуса расположен отсек для источника питания, закрытый крышкой 11. На боковой стенке корпуса находится розетка 6.

Аппарат переносится на ремне 3.

Подключающее устройство (рис.8) выполнено в виде двухполюсной розетки и состоит из корпуса 4 с двумя гнездами 2. Корпус с одной стороны закрыт крышкой 1 с двумя отверстиями для включения вилки, с другой стороны - задвижкой 5. Корпус, крышка и задвижка собраны в одно целое заклепкой 6, причем крышка с корпусом скреплены неподвижно, а задвижка может поворачиваться вокруг заклепки. При повороте задвижки на 90º относительно корпуса открываются прорези "В" в нижней части

корпуса. В эти прорези укладывают подключаемый провод и закрывают задвижку, которая фиксируется в закрытом состоянии. Двухполюсная вилка, включаемая в подключающее устройство, своими штырями толкает контакты 3 в гнездах 2 так, что режущие части "Б" контактов входят в прорези "В", где прорезают изоляцию провода и вступают в гальванический контакт с его токоведущей жилой.

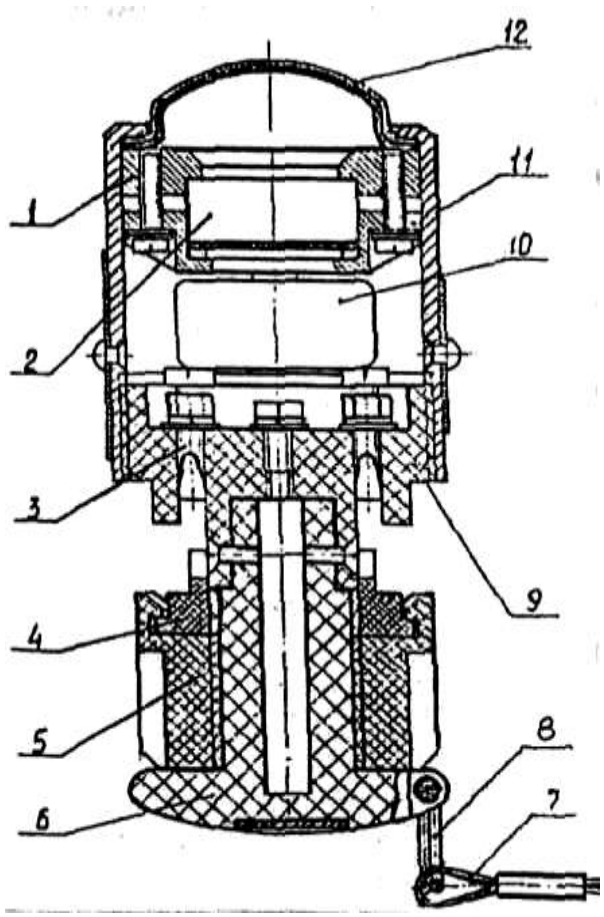


Рис.9

В подключающем устройстве с микротелефоном (рис.9) также реализован принцип подключения к проводу линии связи в любой точке его длины без пайки и зачистки изоляции путем прорезания изоляции. Устройство имеет микротелефон 2, подсоединяемый к линии связи через контакты 3, и используется таким же образом, как и аппарат отделения.

Следует помнить, что подключающие устройства УП и УПМ рассчитаны на подключение к проводам, имеющим многопроволочные токоведущие жилы, и могут применяться с проводами типа ГСП, ПСРВ, ПСРП и др. сечением 0,35-0,5 квадратных миллиметров. Преобразователь температуры (рис.10) собран на основе двухполюсной вилки 1. Его чувствительный элемент представляет собой кремниевый диод 3, впаянный в металлическую трубку 2. Аналогичный чувствительный элемент положен в основу конструкции выносного преобразователя температуры (рис.11). В нем металлическая трубка 2 с чувствительным элементом заключена в предохранительную решетку 1. Чувствительный элемент подсоединен к удлинительному проводу 3, намотанному на каркас 5 и оканчивающемуся двухполюсной вилкой 4.

Таймер, входящий в состав аппарата базы, позволяет производить отсчет времени нахождения отделения ВГСЧ в аварийной обстановке. Отсчет времени начинается после нажатия кнопки СБРОС ВР.

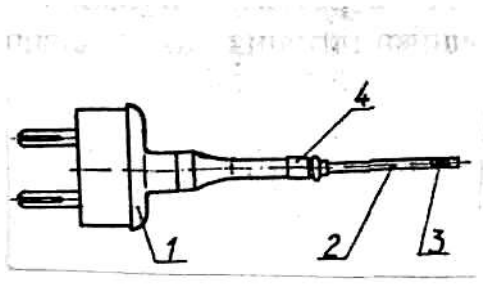


Рис.10

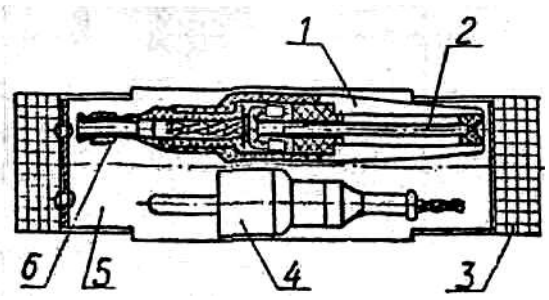


Рис.11

Подготовка к работе и порядок работы аппаратуры "Уголек-Т"

Подготовка к работе и работа на аппаратуре производится в следующем порядке.

Извлечь АБ из футляра, подвесить на крепи выработки так, чтобы было удобно им пользоваться во время работы.

Взять катушку связи и ее двухполюсную вилку включить в розетку АБ.

Взять преобразователь температуры ПТ и его двухполюсную вилку включить в розетку АО с учетом полярности напряжения.

Взять АО, катушку связи, а при необходимости и преобразователь ПТВ, и отойти на 20 метров от АБ.

Включить двухполюсную вилку АО в розетку катушки связи. Проверить уровень напряжения источника питания АБ по наличию знака "Е" на цифровом индикаторе таймера. Прерывистый сигнал знака "Е" в режиме приема речевой информации от АО указывает на то, что напряжение питания ниже нормы и требуется замена источника питания.

Проверить действие двусторонней связи (речевой и тонсигналом). Наличие нормальной двусторонней речевой связи и односторонней (со стороны отделения) кодовой сигнализации свидетельствует об исправном состоянии аппаратуры.

Путем кратковременного нажатия кнопки ИЗМЕР. произвести измерение температуры окружающего воздуха в месте размещения АО. При необходимости произвести измерение температуры с помощью преобразователя ПТВ, подключив последний вместо ПТ.

При исправной измерительной цепи через 3-4 секунды после нажатия кнопки на цифровом индикаторе АБ установится значение измеряемой температуры. Через каждые 5 минут измерения должны повторяться автоматически со сбросом предыдущих показаний температуры.

Подвесить АБ и на расстоянии 0,5-1 м от него привязать провод к стойке крепи.

Закрепить АО на спецодежде, взять в руку катушку связи, а при необходимости и преобразователь ПТВ, и двигаться по заданному маршруту.

При измерениях температуры в различных труднодоступных местах (на расстоянии до 10 м от АО) подключить к АО преобразователь ПТВ и поместить последний в измеряемую среду.

Для увеличения расстояния между АО и ПТВ до 200 м необходимо использовать катушку связи с проводом ГСП 2х0,5.

Проверить работоспособность таймера по показаниям его индикатора. Убедиться в работоспособности кнопки СБРОС ВР.

Тактика применения проводных средств связи

Подготовка аппарата «Уголек» с катушкой КСГ к работе

По команде "Подготовить связь к работе":

- респираторщику N 1 подвесить аппарат базы на крепь выработки, так чтобы им было удобно пользоваться во время работы, включить в розетку АБ двухполюсную вилку катушки КСГ;

- включить тормоз катушки, взять аппарат отделения и катушку связи, разматывая провод, отойти от АБ на расстояние 10-15 м;
- включить двухполюсную вилку АО в розетку катушки и совместно с респираторщиком N 3, находящимся у АБ, проверить работоспособность связи сначала голосом, а затем тон-сигналом. Если при этом самопроизвольно появится звук в виде свиста, отнести катушку от АО еще на 10-15 м и повторно проверить состояние связи.

Наличие нормальной речевой и тонсигнальной связи свидетельствует о ее исправном состоянии.

Респираторщику N 1 с катушкой КСГ вернуться в исходное положение.

Нормативное время -180 сек.

Прокладка линии связи с катушкой КСГ для аппарата "Уголек"

По команде "Проложить связь":

- респираторщику N 3 у места подвески АБ на расстоянии 0,5-1,0 м от него завязать провод катушки на крепи выработки;
- командиру отделения прикрепить (проверить) один комплект карт-кода к аппарату базы, другой - к катушке связи;
- респираторщику N 1 закрепить АО на спецодежде с помощью карабина, взять катушку КСГ;
- респираторщику N 2 взять вторую катушку.

По команде "Начать движение вперед":

- респираторщику N 3 при движении подвешивать провод, начиная от места установки АБ на высоте 1,5-2 м от почвы и по мере возможности через каждые 15-20 м привязывать его к стойкам крепи;
- респираторщику N 1 после разматывания до конца провода первой катушки выдернуть вилку АО из розетки катушки, закрепить катушку в защищенном месте;
- респираторщику N 3 включить тормоз второй катушки, отмотать от нее 3-4 м провода, закрепить его за ручку первой катушки, вставить вилку второй катушки в розетку первой катушки;
- респираторщику N 1 включить вилку АО в розетку второй катушки, проверить действие двухсторонней связи с подземной базой, взять вторую катушку и продолжать прокладку проводной линии связи.

После размотки второй катушки и при необходимости дальнейшей прокладки линии связи использовать третью и т.д.

По команде "Снять линию связи":

респираторщику N 1 отключить тормоз катушки КСГ, повернуть рукоятку привода барабана катушки в рабочее положение, надеть ремень катушки на левое плечо; сматывать провод, вращая правой рукой рукоятку катушки и придерживая левой рукой корпус катушки; следить за равномерной и плотной укладкой провода на барабане катушки.

Проверка аппаратуры "Уголек-Т"

Проверка аппаратуры "Уголек-Т" производится в те же сроки и

объемы, что и аппаратуры "Уголек" и дополнительно один раз в два года производится поверка функции измерения температуры в специализированной мастерской.

При месячной проверке производится профилактический осмотр аппаратуры, проверка ее работоспособности, как и при подготовке к применению, а также проверка пригодности источника питания батареи 5РЦ-83.

Проверка пригодности источника питания производится путем измерения тока короткого замыкания. Батарея 5РЦ-83 считается пригодной, если в течение 2-3 с обеспечивает ток короткого замыкания не менее 0,9 А.

Беспроводная связь

Аппаратура подземной высокочастотной связи "Кварц"

Аппаратура "Кварц" предназначена для двусторонней телефонной (разговорной) связи и кодовой сигнализации тональными сигналами отделения ВГСЧ с подземной базой с использованием в качестве направляющих изолированных металлических проводников.

Аппаратура применяется также для связи командного пункта, расположенного на поверхности шахты, с подземной базой и отделением ВГСЧ.

Аппаратура может быть использована для внутришахтной связи и связи абонентов, находящихся на поверхности и в клети или в другом движущемся транспорте.

Комплект аппаратуры размещается в легком футляре из алюминиевого сплава и состоит из двух аппаратов связи, подсоединительного шлейфа и высокочастотной перемычки.

Техническая характеристика аппаратуры "Кварц"

Номинальная частота, кГц…….....266
Пиковая мощность передатчика, Вт…….....0,7
Выходная мощность приемника, Вт…….....0,2
Напряжение источника питания, В…….....12,5
Источник питания…….....10РЦ73
Дальность связи по изолированным
металлическим направляющим, км…….....8
Время непрерывной работы без смены питания, час…....50
Исполнение…….....РО;Иа
Габариты; мм
аппарата…….....75х120х182
антенны.....…….....54х142х250
Масса аппарата с антенной и источником питания, кг…...1,7

Конструкция аппаратуры "Кварц"

ппарат связи состоит из блока приемопередатчика (рис.12), расположенного в пылебрызгозащищенном корпусе, и рамочной антенны, соединенных между собой шнуром в полихлоридной оболочке. Корпус, крышка и оболочка антенны выполнены из ударопрочного полистирола. Крышка крепится к корпусу шестью винтами. Головка громкоговорителя аппарата связи защищена от механических повреждений и проникновения

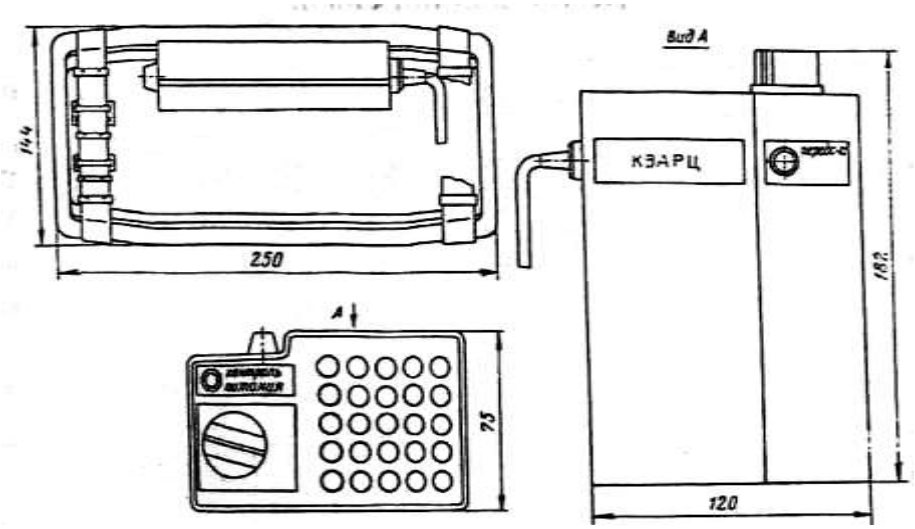


Рис.12

влаги специальным защитным устройством, состоящим из металлической сетки, полиамидной пленки и резиновых прокладок.

На передней части корпуса расположена кнопка перехода с приема на передачу "Передача". Переключатель режима работы "ТЛГ-О-П-ТЛФ" (телеграф-отключено-помеха-телефон), индикатор контроля источника питания "Контр. питан." и головка громкоговорителя расположены на крышке.

Рамочная антенна аппарата имеет жесткую конструкцию, выполненную в форме полуцилиндра. На ручке антенны имеется кнопка перехода с приема на передачу, дублирующая кнопку на корпусе аппарата.

Аппаратура «Кварц» выполнена на полупроводниках и интегральных микросхемах с применением печатного монтажа.

Подсоединительный шлейф подключает аппарат на командном пункте к телефонной линии, служащей в качестве направляющей. Он выполнен проводом НВ-0,75 и имеет два витка. Выведенные концы подсоединительного шлейфа имеют зажимы типа "Крокодил".

Высокочастотная перемычка служит для соединения через шахтный коммутатор телефонных линий (не более трех) аварийного участка, по которым должна осуществляться ВЧ связь с телефонной линией, в которую включен подсоединительный шлейф на командном пункте. Высокочастотная перемычка не исключает возможность двусторонней телефонной связи лиц, находящихся на командном пункте, с любым абонентом.

Аппаратура "Кварц" работает с использованием металлических проводников (телефонных и силовых кабелей, канатов, рельсов, трубопроводов).

Перед применением поочередно на каждом аппарате переключатель ставится в положение "ТЛГ", нажимается на 3-5 секунд одна из кнопок на антенне или аппарате. Если индикатор загорелся и не гаснет, то источник питания работоспособен.

Затем аппараты разносятся на 20-25 метров, переключатели устанавливаются в положение "П", нажимается одна из кнопок аппарата и проверяется двусторонняя речевая связь. После этого переключатель ставится в положение "ТЛГ" и проверяется кодовая сигнализация. После проверки переключатель режима работы ставится в положение "О"- отключено.

Тактика применения аппаратуры "Кварц"

Подготовка аппаратуры к работе

По команде "Подготовить связь к работе":

- командиру отделения и респираторщику N 1 взять по одному переносному аппарату связи, поочередно на каждом приемопередатчике установить переключатель рода работ в положение ТЛГ и нажать одну из кнопок (на приемо-передатчике или на антенне); если индикатор на приемо-передатчике загорелся и не гаснет, то источник питания пригоден к использованию, отойти с аппаратом друг от друга на расстояние 20-25 м;
- установить переключатель рода работ в положение ТЛФ, нажимая кнопку на антенне или приемо-передатчике, проверить наличие двухсторонней связи голосом, установить переключатель рода работы в "П" и, нажимая на одну из указанных кнопок, вновь
- проверить наличие двухсторонней связи голосом; установить переключатель рода работ в положение ТЛГ и с помощью одной из кнопок проверить наличие двухсторонней кодовой сигнализации; установить переключатель рода работ в положение "О".

Нормативное время- 80 сек.

Прокладка направляющей линии связи

По команде "Проложить связь":

- Респираторщику N 3 отмотать от катушки связи 10-15 м провода и закрепить его на стенке выработки с таким расчетом, чтобы остался свободный конец не менее 10 м;
- респираторщикам N 1 и 4 надежно заземлить свободный конец провода, прижав его зачищенный конец к какому-либо заземленному металлическому предмету или туго обвить зачищенную часть экрана силового кабеля, или же забив заземляющий штырь аппаратуры связи "Кварц" в почву выработки; на расстоянии 2 метров от заземления смотать провод в бухту (3-4 витка) диаметром 20-30 см, связать провод в бухте не менее как в двух местах тесьмой или шпагатом (не электропроводным материалом), и наложить на эту бухту антенну аппарата, остающегося на базе; подвесить аппарат к крепи выработки так, чтобы им было удобно пользоваться; установить переключатель рода работ в положение ТЛФ.

- Респираторщику N 4 пропустить ремень второго аппарата связи под шланги респиратора, надеть его ремень на шею так, чтобы он оказался под шлангом, перебросить антенный шнур через шею и закрепить антенну на предплечье правой (левой) руки.

Нормативное время-18 сек.

По команде "Начать движение":

- респираторщику N 1 взять катушку в удобное для переноски положение и производить прокладку линии;
- респираторщику N 3 подвешивать провод к стойкам выработки на высоте 1,5-2 м через каждые 15-20 м;
- респираторщику N 4 поддерживать связь с подземной базой; при наличии высокого уровня помех, влияющих на разборчивость речевой информации, перевести переключатель рода работ в положение "П" и продолжать поддерживать связь;
- при значительном удалении от базы и значительном ослаблении сигнала отстегнуть антенну с предплечья и удерживать ее параллельно прокладываемой линии на расстоянии, обеспечивающем надежную двухстороннюю связь;
- на месте выполнения работ привязать антенну длинной стороной параллельно проводу на расстоянии не ближе 5 метров от катушки связи. Если при этом связь будет неудовлетворительной, то необходимо провод смотать в бухту (3-4 витка) диаметром 20-30 см и положить на нее антенну.

Как в первом, так и во втором случае связь будет более устойчивой, если конец провода катушки надежно заземлить.

Проверка аппаратуры "Кварц"

Один раз в месяц и после применения осуществляется внешний осмотр аппаратуры, проверяется ее комплектность и источник питания.

Проверка работоспособности аппаратуры производится один раз в месяц и перед применением, как указывалось выше.

Для проверки источника питания он вынимается из аппарата. Секция 10РЦ-73 напряжением 12,5 В и емкостью 1,0 А.ч считается пригодной к использованию, если ее ток короткого замыкания составляет не менее 0,9-1,0 А. Секция с током к.з. ниже 0,7 А подлежит замене.

Катушки проводной связи

Катушка связи горноспасательная КСГ

Катушка КСГ предназначена для прокладки и снятия проводной линии при организации связи с помощью аппаратуры связи типа "Уголек" при выполнении горноспасательных работ в шахтах, опасных по газу и пыли.

В катушке предусматривается применение провода ГСП 2х0,35 со скрученными или параллельно уложенным жилами.

Техническая характеристика КСГ

Длина вмещающего провода, км…….....0,8

Усилие разматывания провода, кг…….....2-5

Габаритные размеры, мм…….....400х340х180
Масса катушки без провода, кг…….....4
Масса катушки с проводом, кг…….....11

Устройство КСГ

Катушка КСГ (рис.13) состоит из станка 1 с рукояткой 3, привода барабана и плечевым ремнем 10, вращающегося барабана 2 с проводом, токосъемника 8 (переходное устройство: скользящий контакт-розетка), двухполюсной вилки 9 для подключения аппаратуры связи и для соединения катушек между собой, направляющей провода 13 и тормоза барабана 16.

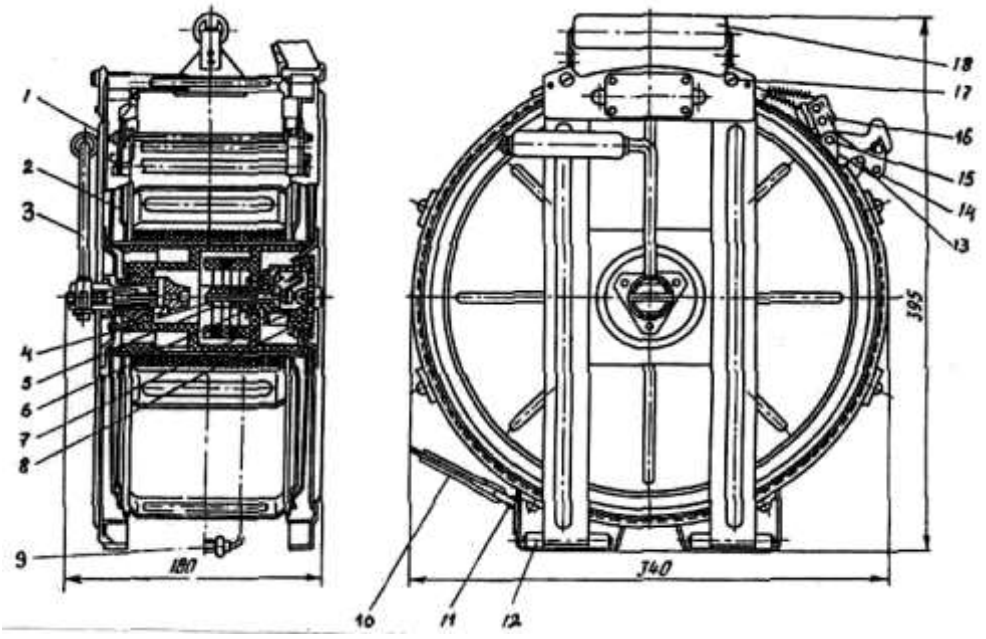


Рис.13

Станок представляет собой легкую решетчатую сварную конструкцию. К левой стенке станка крепится токосъемник, образующий одновременно левую опору барабана.

Правая стенка с механизмом привода барабана откидная, что позволяет легко вставлять и извлекать барабан с проводом из станка.

Откидная стенка установлена на шарнирах 12, а вверху крепится к корпусу двумя винтами 17.

На ободе станка имеются шарниры 11 с петлями, к которым крепится плечевой ремень, а также стойки 14 для закрепления оси 15 направляющей провода и тормоза барабана.

В верхней части станка имеется ручка 18 для переноски катушки.

В токосъемник встроены два скользящих контакта 4 и 6, изолированных друг от друга с помощью капроновых втулок 5, и двухполюсная розетка 7, служащая для подключения аппарата отделения или другой катушки.

Проверка катушки КСГ

Один раз в месяц и после каждого применения катушка подвергается осмотру, технической проверке, протирке, смазке трущихся частей, промывке контактной группы, а также проверке работоспособности, как и при подготовке всех проводных средств связи к применению.

Техническая проверка недоступных для осмотра частей и узлов катушки производится при неполной разборке, которая производится в следующем порядке: вывернуть винты, отвести правую откидную стенку, на которой крепится приводной механизм барабана, и осторожно вытащить из стакана барабан.

Полная разборка катушки производится в специальных мастерских.

Промывка контактной группы (токосъемника, контактных пластин контактодержателя, двухполюсной розетки) производится авиационным бензином или спиртом. Смазка поверхностей трения, за исключением токосъемной контактной группы, должна производиться смазкой "Литол-24".

Универсальная катушка связи УКС-1

Катушка УКС-1 предназначена для прокладки двухпроводной линии связи с подземной базы к месту ведения горноспасательных работ и однопроводной линии связи для применения высокочастотной аппаратуры в выработках, где нет шахтных изолированных металлических проводников.

Катушка позволяет осуществлять связь, как в процессе прокладки линии, так и при сматывании линейного провода на катушку.

Техническая характеристика УКС-1

Тип применяемого провода…….....ПСПР 2х0,5

Длина вмещающегося провода, км

двойного.....……..0,6

одинарного.....……...1,5

Габаритные размеры, мм…….....398х340х185

Масса катушки, кг

без провода.…….....4

с одинарным проводом.....……14,5

с двойным проводом.....……...12,4

Устройство УКС-1

Катушка УКС-1 состоит (рис.14) из корпуса 1 и вращающегося барабана 2 с приводом.

Корпус представляет собой легкую решетчатую сварную конструкцию. К правой стороне корпуса приварена траверса с приводным механизмом 3. В верхней части корпуса имеется ручка 4 для переноски катушки. В левой части ступицы находится контактное устройство и микрофон. Барабан с проводом можно извлекать из корпуса катушки. На ободе корпуса имеются шарниры с петлями, к которым крепится ремень 5 для переноски катушки.

Проверка катушки УКС-1

После каждого случая применения катушка разбирается, очищается от грязи, смазки и подвергается проверке.

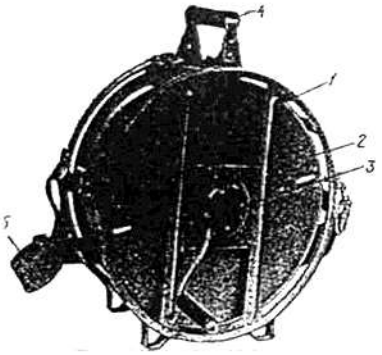


Рис.14

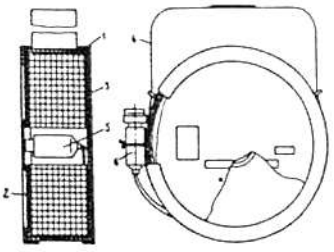


Рис.15

Осмотру подлежат следующие составные части и детали:

- контактное устройство и линейный провод, для чего проверяется состояние штепселя, контактных пластин и их крепление к контактодержателю;
- состояние изоляции и качество крепления проводов.

Места контактов очищаются от окиси наждачной шкуркой.

В корпусе и барабане проверяется целостность сварных швов, состояние окраски, отсутствие деформаций, состояние плечевого ремня и крепления его к корпусу, состояние шарнира и замков траверсы, состояние подшипников и цапф.

В механизме привода проверяется состояние корпуса и валика, кулачка квадратной втулки и пружин.

После сборки и регулировки проверяется работа электрической части катушки, для чего катушку штепселем соединяют с шахтофоном или другим аппаратом связи, разматывают некоторое количество линейного провода и проверяют наличие двухсторонней связи. Один раз в квартал производится проверка катушки внешним осмотром, проверяется работоспособность электрической части и работоспособность механизма привода как указывалось выше.

Бескаркасная катушка связи КСБ-2

Катушка КСБ-2 предназначена для прокладки временных линий к аппаратуре подземной проводной горноспасательной связи "Шахтофон" и "Уголек" двужильным проводом ПДГС 2х0,4 в шахтах, опасных по газу и пыли.

КСБ-2 выпускаются в двух модификациях: КСБ2-Ш применяется в комплекте "Шахтофон" и КСБ2-У применяется для аппаратуры "Уголек".

Катушка КСБ-2 предназначена для одноразового применения.

Техническая характеристика КСБ2-У

Емкость барабана с проводом, м…….....500

Габаритные размеры, мм…….....73х208х235

Масса, кг…….....2,9

Устройство КСБ2-Ш

Катушка КСБ2-Ш (рис.15) выполнена в виде плоского цилиндрического футляра 1 с бабиной провода. Футляр представляет собой картонную обойму, закрытую крышкой 2 и дном 3. Крышка и дно крепятся к обойме ребордами. К обойме крепится лента 4 для переноски катушки. Витки бабины провода ПДГС 2х0,4 "склеены" связывающим веществом. Соединение катушек осуществляется соединителями 5 и 6, припаянными к концам провода. Для предотвращения фрикционного искрения на соединители надеты резиновые протекторы (трубки).

Штепсель является подключающим устройством к аппарату базы "Шахтофона" и состоит из розетки, соединенной втулкой с телефонным штепселем, и накидной гайки. Для подключения к аппарату отделения служит гнездо, которое представляет собой цилиндрический корпус, закрываемый со стороны телефонного гнезда заглушкой. Для включения аппарата отделения в любой точке линии связи, проложенной проводом ПДГС 2х0,4, служит ножевой соединитель.

Катушка КСБ2-У конструктивно выполнена аналогично катушке КСБ2-Ш за исключением устройства подключения провода к аппаратам базы и отделения и между катушками.

Для подготовки связи с катушкой КСБ-2 необходимо:

- переходник вставить в гнездо аппарата базы;
- соединить розетку аппарата отделения с вилкой на наружном проводе катушки;
- соединить вилку переходника с розеткой катушки, расположенной в осевом отверстии катушки. Если при этом в аппарате базы возникнет свист, катушку вместе с аппаратом отделения отнести на 20-25 м от аппарата базы. Свист должен прекратиться.

Проверить наличие речевой и кодовой связи.

Тактики применения катушек аналогичны и описаны выше.

Контрольные вопросы:

1. Аварийные материалы и вспомогательное снаряжение ВГСЧ.
2. Аппаратура контроля атмосферы.
3. Аппараты защиты дыхания, принятые на вооружение ВГСЧ.
4. Выплаты за выполнение аварийно-спасательных и технические работы.
5. Допуск к работе на поверхности.
6. Задачи ВГСЧ.
7. Задачи вспомогательных горноспасательных команд ВГСЧ.
8. Индивидуальные средства защиты горнорабочих.
9. Какие помещения должны быть в служебно-техническом здании подразделения ВГСЧ.
10. Контроль состояния атмосферы.
11. Назначение аппаратов искусственной вентиляции легких.
12. Организация горноспасательных работ по ликвидации аварии.
13. Организация связи между базой и отделением работающим в респираторах.
14. План ликвидации аварии.
15. Пожарное оснащение ВГСЧ.
16. Постоянное денежное довольствие.
17. Предоставление отпуска личному составу ВГСЧ.
18. Работы неаварийного характера выполняемые ВГСЧ.
19. Сбор бойцов ВГСЧ по тревоге и выезд по тревоге.
20. Средства горноспасательной связи ВГСЧ.
21. Средства и приспособления ВГСЧ для ведения спасательных работ.
22. Средства первой помощи на вооружении ВГСЧ.
23. Страхование личного состава ВГСЧ.
24. Структура ВГСЧ.
25. Транспортные средства ВГСЧ.
26. Что обуславливает военизация личного состава ВГСЧ.
27. Тушение подземных пожаров в различных выработках
28. История становления ВГСЧ.

29. Респираторы на вооружении ВГСЧ.

30. Проверка респираторов.

31. Что такое аппарат ГС-10?

32. Как осуществляется проверка аппарата ГС-10?

33. Как осуществляется подготовка аппарата к работе?

34. В каких случаях выполняется искусственная вентиляция легких.

35. Как подготовить пострадавшего к проведению ИВЛ.

36. Как осуществляется выполнение искусственной вентиляции легких с применением прибора ГС-10.

37. Как осуществляется выполнение искусственной вентиляции легких с применением прибора ГС-10 в непригодной для дыхания атмосфере.

38. Какие аппараты проводной связи есть на вооружении ВГСЧ.

39. Какие аппараты беспроводной связи есть на вооружении ВГСЧ.

40. Принцип действия аппарата «Уголек».

41. Принцип действия аппарата «Кварц».

42. Какие катушки есть на вооружении ВГСЧ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно- методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине:

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.04 Горное дело

все специализации

Автор:[Мухачева Л.В. старший преподаватель, Батанин Ф.К. ассистент]

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 16.03.2020	Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

г. Екатеринбург
2020

Оглавление

Практическая работа № 1. Оценка опасности взрыва горючих газов 3
Практическая работа № 2. Определение склонности угля к самовозгоранию 16
Практическая работа № 3:
3.1. Контроль рудничной атмосферы. Рудничный воздух и вентиляционные сети шахт 27
3.2. Контроль рудничной атмосферы. Порядок проверки состава, расхода, температуры и относительной влажности рудничного воздуха 37
3.3. Контроль рудничной атмосферы. Контроль рудничного воздуха в горных выработках индивидуальными приборами 59
Практическая работа № 4. Организация работ по обеспылеванию рудничного воздуха..... 99
Практическая работа № 5. Организация мероприятий по предупреждению и локализациивзрывов пылегазовоздушных смесей 117
Практическая работа № 6. Организация работ по контролю пылевзрывобезопасности 146
Практическая работа № 7. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗ ОД) 154

Практическая работа № 1

Оценка опасности взрыва горючих газов

Цель работы:

1) изучить методику определения взрывоопасности смеси горючих газов при пожарах в шахтах, опасных по газу;

2)определить возможность взрыва горючих газов с помощью треугольника взрываемостии научиться выбирать эффективный путь предотвращения взрыва горючих газов.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы;

3) получить вариант у преподавателя и выполнить индивидуальное задание.

1. Источники выделения горючих газов в угольных шахтах

Взрывы горючих газов в шахтах относятся к наиболее опасным авариям и приводят, как правило, к групповому травматизму с тяжелыми последствиями. Наиболее распространенными горючими газами, которые могут выделяться в шахтах и образовывать с воздухом взрывоопасные смеси, являются метан, оксид углерода, водород, этан, ацетилен.

Пределы взрываемости в воздухе оксида углерода находятся от 12,5 % до 75 %; водорода от 4,1 % до 74 %; этана от 3,2 % до 12,5 %; ацетилена от 3,0 % до 65 %. По мере снижения концентрации кислорода в газовой смеси (например, за счет добавки инертных газов) пределы взрываемости этих горючих газов уменьшаются.

Наиболее часто встречающаяся в шахтах метано-воздушная смесь взрывается при концентрации метана от 5 до 15 %. Смесь, содержащая до 5 % метана не взрывчата, но может гореть при наличии источника высокой температуры. При концентрации метана более 15 % смесь не взрывчата и не поддерживает горения, а с притоком кислорода извне горит спокойным пламенем в зоне перемешивания этих газов. Наибольшей силы взрыв достигает при концентрации метана 9,5 %, так как в этом случае на его сжигание используется весь кислород воздуха. Температура взрыва метано-воздушной смеси может достигать 2650 °С, если взрыв произошел в замкнутом пространстве, и 1850 °С, если продукты взрыва могут свободно распространяться.

Метан – горючий газ, почти в два раза легче воздуха, поэтому скапливается в верхней части горных выработок, заполняя пустоты в кровле.

Выделение метана бывает обычное, суфлярное и внезапное.

Обычное выделение происходит из невидимых пор и трещин в угле по всей обнаженной поверхности. Количество выделяющегося газа зависит от газоносности пластов – количества газа, содержащегося в тонне угля или породы. Газообильностьшахт определяется по количеству метана, выделившегося в единицу времени (сутки).

Абсолютная газообильность – объем метана, выделившийся в шахте за сутки. Относительная газообильность– количество метана, выделившегося в шахте за сутки, отнесенное к 1 т добычи.

Суфлярное выделение – истечение газа, скопившегося в трещинах и пустотах угольного пласта или вмещающих пород, через видимые трещины и отверстия. Суфлярные выделения чаще происходят в районах тектонических нарушений. Продолжительность действия суфляра – от нескольких дней до года и более.

Внезапное выделение– одновременное выделение (выброс) большого объема газов, сопровождающееся выбросом угольной мелочи от нескольких до сотен и даже тысяч тонн.

Шахты, в которых выявлены метан и (или) диоксид углерода и (или) другие вредные и опасные газы, относятся к ***опасным по выявленному газу (газовые).***

Для шахт, опасных по газу, устанавливают категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода) в соответствии с таблицей 1.

При проектировании шахт их категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода) устанавливают по природной газоносности угольных пластов, планируемых к отработке. Для действующих шахт их категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода) устанавливают по данным фактического газовыделения в горные выработки.

Таблица 1

Категория шахт по газу (метану и (или) диоксиду углерода)	Относительная метанообильность, $м^3/т$
Негазовые	Метан и (или) диоксид углерода не выявлены
Газовые	
I	До 5
II	От 5 до 10
III	От 10 до 15
Сверхкатегорные	15 и более, суфлярные выделения
Опасные по внезапным выбросам угля (породы) и газа	Пласты, опасные по внезапным выбросам угля (породы) и газа

При превышении концентраций метана в действующих горных выработках шахты горные работы в данных горных выработках останавли-

вают, с электрооборудования, за исключением электрооборудования в исполнении рудничное особовзрывобезопасное, снимают напряжение, персонал выходит в незагазированные горные выработки со свежей струей воздуха, в загазированных горных выработках устанавливают знаки, запрещающие в них доступ. Персонал, работающий в горных выработках, в которых произошло загазирование, сообщает о загазировании горному диспетчеру и принимает меры по снижению концентрации метана до установленной нормы.

Оксид углерода(II), водород, этилен, ацетилен и некоторые другие горючие газы могут образовываться в шахтах при пожарах. Так, в очаге пожара при взаимодействии кислорода с углеродом при недостатке кислорода образуется оксид углерода и выделяется тепло

$$2\,C + O_2 = 2CO = 58860 \text{ кал} \qquad (1)$$

Взаимодействие углерода с углекислым газом при поглощении тепла приводит также к образованию оксида углерода(II)

$$C + CO_2 = 2CO - 38790 \qquad (2)$$

При высоких температурах (1200-1300 °С) в очаге пожара происходит разложение водяного пара при взаимодействии с углеродом с образованием оксида углерода и водорода

$$C + H_2O = CO + H_2 - 17080 \text{ кал} \qquad (3)$$

При более низких температурах (400-700 °С) разложение водяного пара протекает с выделением водорода по реакции

$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 - 27980 \text{ кал} \qquad (4)$$

В результате взаимодействия углерода, оксида углерода, углекислого газа с водородом в очаге пожара при отсутствии кислорода происходит образование метана с выделением тепла. Эти реакции наиболее легко протекают при температуре 300-800 °С

$$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O + 49250 \text{ кал} \qquad (5)$$

$$CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O + 38840 \text{ кал} \qquad (6)$$

$$C + 2H_2 = CH_4 + 20870 \text{ кал} \qquad (7)$$

2. Причины и особенности процесса воспламенения горючих газов в шахтах

Причинами образования взрывоопасной метановоздушной смеси в угольных шахтах являются:

– прекращение вентиляции по организационным и техническим причинам;

– неудовлетворительное состояние вентиляционных трубопроводов;

– перевал выработок;

– неправильный расчет количества требуемого воздуха;

– скопление метана в выработанном пространстве;

– скопление метана в куполах, слоевые скопления;

– выбросы метана;

– неправильный расчет вентиляционных сооружений;

– неправильное разгазирование атмосферы горных выработок.

Источниками теплового импульса воспламенения метано-воздушной среды могут быть:

– взрывные работы при выгорании взрывчатого вещества и применения накладных зарядов;

– неисправное электрооборудование и кабельные сети;

– трение канатов о дерево и полезное ископаемое, конвейерной ленты о барабаны и роликоопоры;

– фрикционное искрение;

– курение;

– эндогенный пожар;

– газоэлектросварочные работы и др.

Взрывоопасная смесь метана с воздухом при температуре 600 °С воспламеняется через 10 с, при 1000 °С – воспламеняется через доли секунды, а при температуре 1300 °С взрывается.

Взрывом называется воспламенение, сопровождающееся ударной волной. Быстрый рост давления во фронте пламени, передаваемого от слоя к слою, рождает ударную волну, распространяющуюся перед фронтом пламени со скоростью звука (330 м/с).

Обычное воспламенение горючих газов (скорость движения фронта пламени 0,3-0,6 м/с) может постепенно переходить в обычный взрыв (давление во фронте пламени достигает 1 МПа, скорость движения фронта пламени 10-330 м/с). Взрывное горение может переходить в детонацию скачками, которые вызывают разгон пламени до сверхзвуковой скорости. При детонации давление во фронте пламени достигает 2-5 МПа, а фронт пламени способен распространяться со скоростью 1000-8000 м/с.

Исходя из того, что скорость детонационной волны больше скорости звука, следует, что ее движение вызывается не передачей тепла и диффузией, как при обычном пламени, так как скорость этих процессов не может превышать скорости звука, обусловленной тепловой скоростью молекул. Давление в детонационной волне более 2 МПа, что достаточно для воспламенения газовой смеси за счет повышения температуры газа при адиабатическом сжатии. Последствия воспламенения горючих газов зависят от

множества факторов (объем смеси горючих газов, их концентрация, начальные давление и температура газов, гидравлическое сопротивление продвижению фронта пламени, условия теплоотдачи из очага).

Горение метана может происходить с образованием углекислого газа и воды

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O \quad (8)$$

В случае горения метана при недостатке кислорода образуется оксид углерода и водород

$$CH_4 + O_2 = CO + H_2 + H_2O \quad (9)$$

Экспериментальные взрывы стехиометрических метано-воздушных смесей показали, что в образуемых смесях концентрация углекислого газа может доходить до 8 %, оксида углерода до 8,5 %, водорода до 10 %.

3. Определение взрываемости смеси горючих газов

При перемешивании метана с воздухом концентрация кислорода со смеси снижается по линейной зависимости от 21 % (содержание кислорода в атмосферном воздухе) до 0 при 100 % содержании метана (см. рис. 1). При концентрации метана от 5 % до 15 % , что соответствует содержанию кислорода в смеси от 18 % до 20 %, смесь горит и взрывается.

Однако в реальных условиях шахты концентрация кислорода может быть существенно меньше обозначенных пределов из-за сорбции кислорода углем, поглощения при горении, а также образования и выделения инертных газов. Поэтому пределы взрываемости смесей метана с воздухом при различных концентрациях кислорода ($С_к$) можно определить по треугольнику взрываемости (рис. 1).

Треугольники взрываемости горючих газов строят по экспериментальным данным, полученным на лабораторной установке. Эксперименты, проведенные со смесями газов, показали, что взрывоопасные концентрации расположены в области, имеющей форму треугольника (область 2).

Из рисунка 1 видно, что наблюдается постепенное сужение нижнего и верхнего концентрационных пределов взрываемости смеси метана с воздухом вплоть до выхода в точку при объемной доле кислорода, равной 12,2 %. Это связано с цепным механизмом передачи теплового импульса зажигания. В области 3 для осуществления цепной реакции окисления недостаточно молекул метана, в области 4 – молекул кислорода.

Треугольник взрываемости для других горючих газов имеет тот же вид, что и для метана, но различные размеры. Взрываемость смеси горючих газов при подземных пожарах также определяется с помощью треугольника взрываемости.

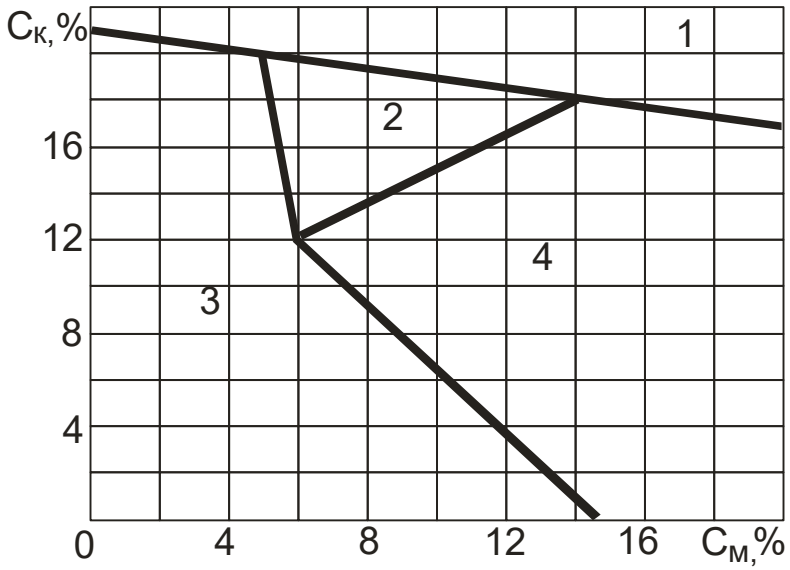


Рис. 1. Объемные пределы взрываемостиметано-воздушных смесей
1 – несуществующая смесь; 2 – взрывчатая смесь; 3 – невзрывчатая смесь;
4 – смесь, способная стать взрывчатой при добавлении воздуха

Для оценки взрываемости смеси горючих газов вначале определяется общее суммарное содержание горючих газов (%). Для наиболее распространенных в угольных шахтах горючих газов используется формула

$$C_г = C_м + C_о + C_в \qquad (10)$$

где, $C_м + C_о + C_в$ – концентрация соответственно метана, оксида углерода и водорода, %.

Затем рассчитывают долю каждого горючего газа в смеси по выражениям

$$P_м = C_м / C_г; \qquad P_0 = C_0 / C_г; \qquad P_в = C_в / C_г \qquad (11)$$

Правильность расчета проверяется по соотношению

$$P_м + P_о + P_в = 1 \qquad (12)$$

По полученным данным выбирают соответствующий треугольник взрываемости. Затем концентрацию кислорода в смеси наносят на ось ординат, а сумму концентраций горючих газов на ось абсцисс на соответствующем графике (рис. 2-7) и в точке их пересечения определяют местонахождение данной смеси. В случае если найденная точка находится внутри треугольника взрываемости, то газовая смесь может взорваться при появлении источника огня или повышении температуры газа.

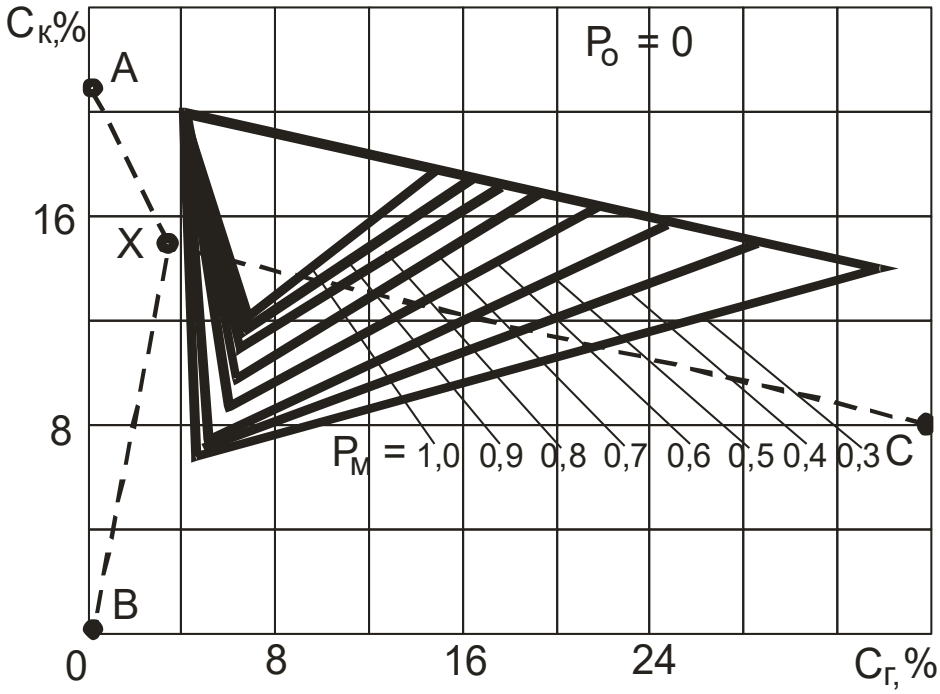


Рис. 2. Треугольники взрываемости смеси горючих газов при отсутствии оксида углерода (P_0)

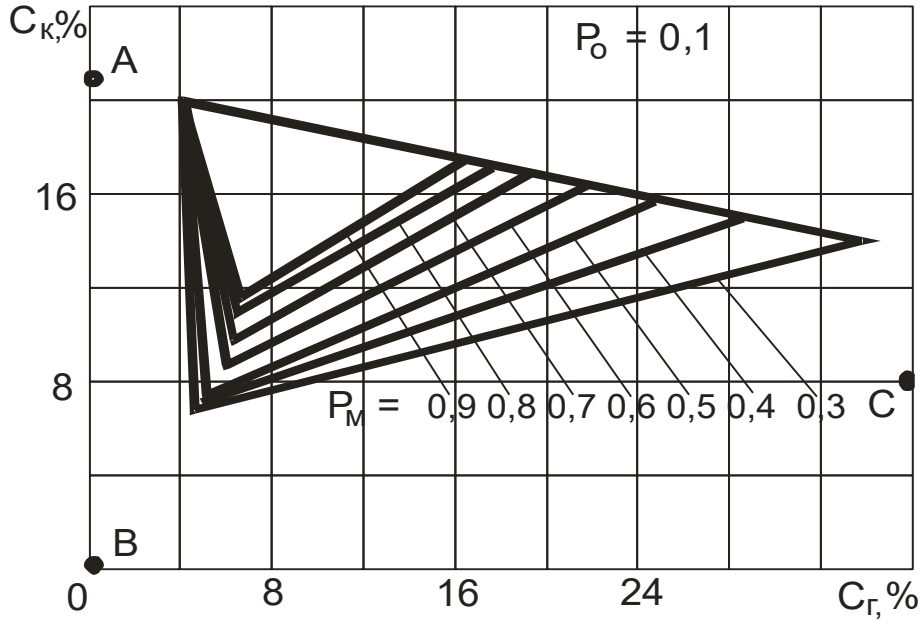


Рис. 3. Треугольники взрываемости смеси горючих газов при доле оксида углерода ($P_0 = 0,1$)

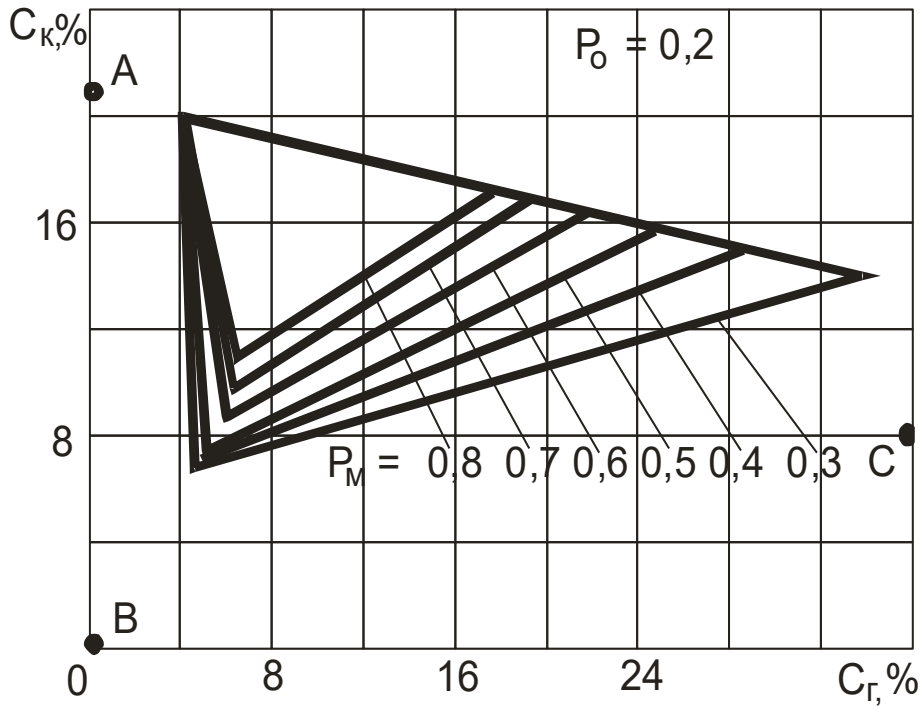


Рис. 4. Треугольники взрываемости смеси горючих газов при доле оксида углерода ($P_0 = 0,2$)

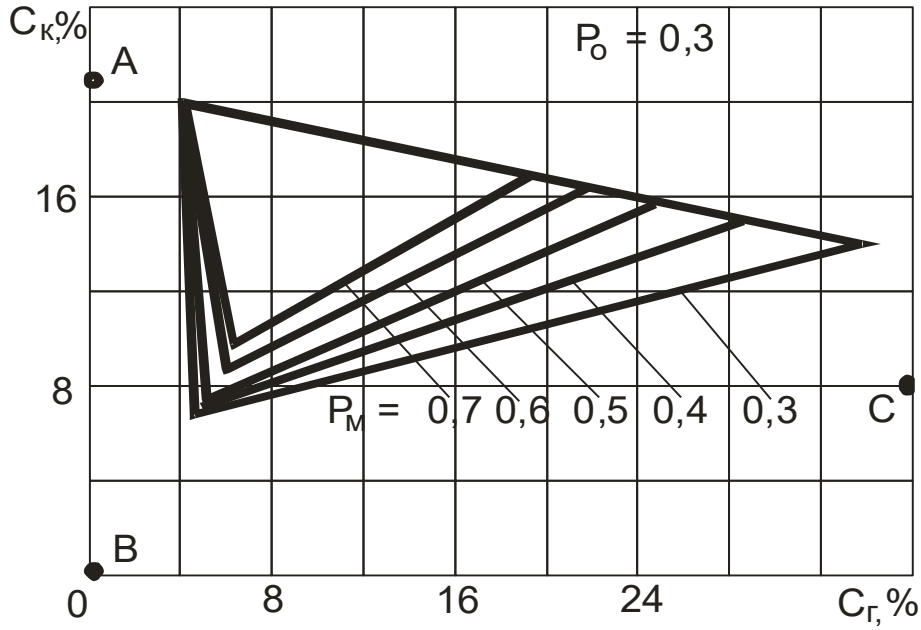


Рис. 5. Треугольники взрываемости смеси горючих газов при доле оксида углерода ($P_0 = 0,3$)

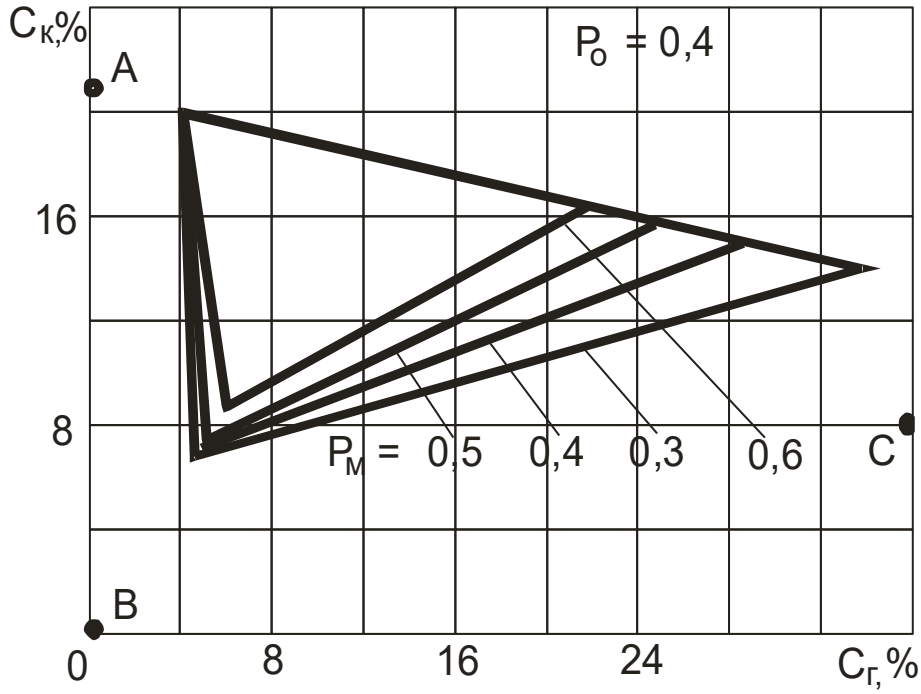


Рис. 6. Треугольники взрываемости смеси горючих газов при доле оксида углерода ($P_0 = 0,4$)

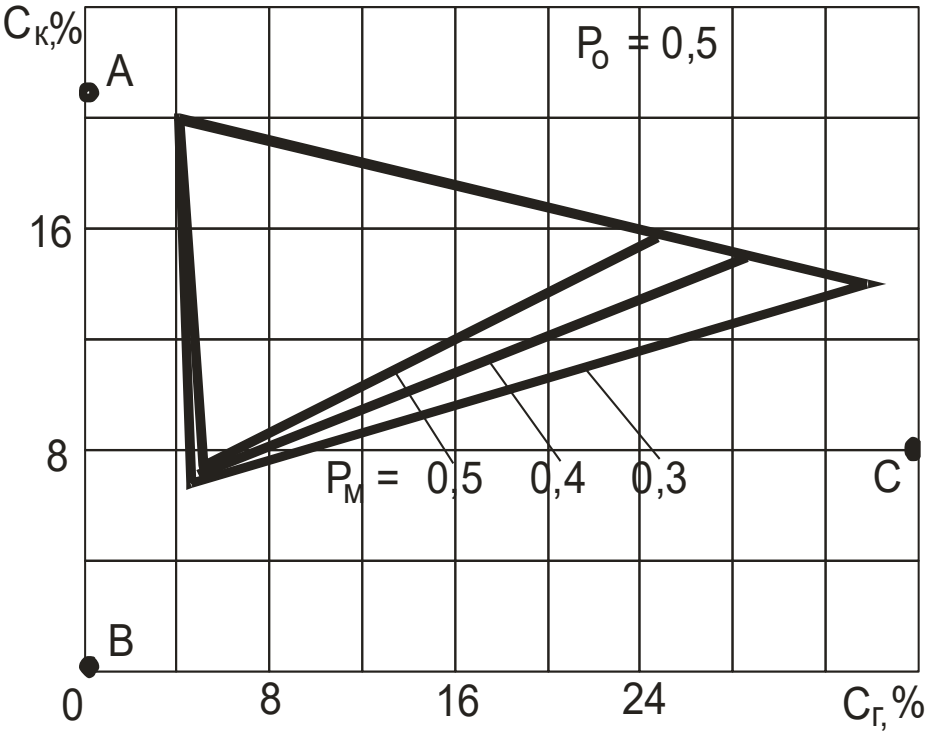


Рис. 7. Треугольники взрываемости смеси горючих газов при доле оксида углерода ($P_0 = 0,5$)

Например, произведенный отбор проб газа из атмосферы пожарного участка показал, что газовая смесь содержит кислорода $C_к$= 15 %, оксида углерода $C_о$= 0 %, метана $C_м$= 2,1 % и водорода $C_в$= 1,4 %.

Затем по формуле (3) подсчитываем, что концентрация суммы горючих газов $C_г$= 3,5 %. Доля оксида углерода в смеси горючих газов $P_о$= 0, а доля метана $P_м$= 0,6.

Исходя из расчетных данных выбираем соответствующий треугольник взрываемости из рис. 2. Затем на оси графика рис. 2 наносим значения концентраций кислорода и суммы горючих газов и находим точку **X**, соответствующую состоянию атмосферы пожарного участка.

Из графика видно, что точка **X** расположена вне треугольника взрываемости, поэтому на данный момент смесь горючих газов не может взорваться. Однако найденная точка находится вблизи нижнего концентрационного предела взрываемости смеси и незначительное изменение, способствующее увеличению концентрации горючих компонентов в рудничной атмосфере, может переместить точку **X** в зону взрываемости.

По графику расположения зоны взрываемости горючих газов можно определить, куда будет смещаться точка, отображающая соответствующую газовую смесь, в случае изменения концентрации составляющих ее компонентов (кислорода, горючих газов и инертных газов). Так, линия, соединяющая полученную точку **X** с точкой **A**, покажет, куда будет смещаться смесь в случае увеличения подачи свежего воздуха и, соответственно, роста в ней концентрации кислорода. Из рис. 2 видно, что добавление свежего воздуха приведет к снижению концентрации горючих газов и удалению смеси от треугольника взрываемости.

Перемещение точки **X** по линии, соединяющей ее с точкой **B**, происходит в случае, если в смесь газов будут добавляться инертные газы. С этой целью в шахту могут нагнетать азот, углекислый газ, аргон и другие газы, не поддерживающие горения и снижающие концентрации в смеси кислорода и горючих газов. Согласно рис. 2 такое воздействие также удаляет смесь от треугольника взрываемости, что уменьшает опасность взрыва смеси.

В случае дополнительного выделения горючих газов, приводящего к увеличению их концентрации в смеси, точка **X**, отображающая состояние смеси газов, начнет перемещаться к точке **C**. Для приведенного на рис. 2 примера это означает вхождение в треугольник взрываемости и образование взрывчатой смеси. Увеличение концентрации горючих газов в рудничной атмосфере может происходить при изоляционных работах, снижении притока свежего воздуха при сохраняющейся интенсивности выделения горючих газов.

Таким образом, использование треугольников взрываемости в шахтах при тушении пожаров позволяет не только оценить возможность взрыва образующейся смеси газов, но и проанализировать, как будет изменять-

ся ситуация в пожарном участке в случае увеличения выделения горючих газов, повышения или снижения количества подаваемого свежего воздуха или при подаче инертных газов. Соответственно появляется возможность выбора наиболее эффективного способа предотвращения взрыва горючих газов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие горючие газы могут выделяться в шахте?
2. Какие условия способствуют выделению горючих газов в угольных шахтах?
3. На какие категории делятся шахты по выделению метана?
4. Назовите причины образования скоплений горючих газов в шахтах.
5. Как определяют нижний концентрационный предел взрываемости смеси горючих газов?
6. Назовите скорость распространения и давление во фронте пламени при взрыве и детонации газовой смеси.
7. Назовите пределы взрываемости в воздухе метана, водорода, оксида углерода.
8. Назовите основные источники воспламенения смеси горючих газов в шахтах.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Используя исходные данные (табл. 2) требуется определить возможность взрыва горючих газов, возникший в атмосфере пожарного участка, с помощью треугольника взрываемостии выбрать эффективный путь предотвращения взрыва горючих газов.

Таблица 2

Исходные данные для самостоятельного решения

Вариант	Состав атмосферы пожарного участка, %			
	Кислород	Метан	Оксид углерода	Водород
1	14	3,5	1,5	0,8
2	9	5,5	2,1	2,2
3	15	6,8	2,3	7
4	16	3,9	0,5	0,9
5	11	8,7	2,6	6,4
6	13	7,2	1,7	2
7	15	3,6	0,7	3,8
8	7	7,4	1,1	0,9
9	17	3,1	2,8	5,4
10	16	12	0,6	0,3
11	13	3,6	1,8	4,6

12	16	4,1	1,6	2,4
13	19	8,3	0,2	2,9
14	14	4,2	1,4	1,4
15	17	4,8	1,2	0,7
16	12	1,5	1,5	2,8
17	16	1,6	1,2	1,2
18	14	4,7	2,4	1,6
19	9	7,2	3,6	1,2
20	15	10,5	4,5	0,1
21	14	4,8	6,4	4,8
22	17	7,2	7,2	3,6
23	13	10,1	8,5	2,2
24	11	14,4	9,6	0,1
25	12	7,2	12,1	4,8

Расчет:

1. Определяем нижний концентрационный предел взрываемости смеси горючих газов (об. %) по формуле, предложенной Ле Шателье.

$$Q = \frac{100}{\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \cdots + \frac{n_i}{N_i}},$$

где n_1, n_2, …n_i – объемное содержание каждого горючего компонента в смеси горючих газов, %;N_1, N_2, … N_i – нижние концентрационные пределы взрываемости каждого из этих компонентов, %.

Объемное содержание каждого горючего компонента в смеси горючих газов определяют по формуле

$$n_i = \frac{100 C_i}{\sum_{i}^{n} C_i},$$

где C_i – концентрация соответствующего горючего газа в смеси с воздухом, %.

Формула Ле Шателье верна для большинства углеводородов. Однако для смесей, состоящих из сильно различающихся по структуре органических компонентов, применяемость этой формулы ухудшается.

2. По формуле (10-11) рассчитываем общее содержание горючих газов, долю каждого горючего газа в смеси. По формуле (12) проверяем правильность расчета.

3. По полученным значениям, используя рисунки2-7, выбираем соответствующий доли оксида углерода треугольник взрываемости горючих газов и перечерчиваем его в тетрадь.

4. На выбранный график наносим заданную точку (Х) и определяем возможность взрыва смеси горючих газов.

5. Проводим анализ опасностивзрыва в случае увеличения интенсивности выделения горючих газов, усиления проветривания свежим воздухом и при подаче инертных газов.

6. Выбираем оптимальный путь предотвращения взрыва смеси горючих газов.

7. Оформляем вывод.

Практическая работа № 2

Определение склонности угля ксамовозгоранию

Цель работы:

1) изучить методику определения инкубационного периода самовозгорания угля;

2)определить склонность угля к самовозгоранию.

Порядок выполнения работы

1)изучить методические указания и оформить отчет;

2)провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы;

3)получить вариант у преподавателя и выполнить индивидуальное задание.

1. Общие положения

Самовозгорание угля – воспламенение угля в результате непрерывно развивающихся окислительных реакций в самом веществе. В результате окисления угля вначале происходит повышение температуры (самонагревание). Если температура достигает критического значения, то самонагревание переходит в самовозгорание угля.

Стадия самонагревания – ранняя стадия эндогенного пожара, которая характеризуется малой скоростью протекания реакции окисления угля и медленным нарастанием его температуры от естественной до критической, равной для каменных углей 90-130 °С.

Эндогенный пожар – пожар от самовозгорания угля, обнаруживаемый визуально по огню и дыму или по результатам температурного и газового контроля.

Основным признаком эндогенного пожара является наличие окиси углерода в концентрации 0,01 % и выше в трех пробах воздуха, отобранных последовательно через каждые 6 часов в одной из точек контроля (в том числе в выработанном пространстве). Дополнительными признаками эндогенного пожара являются: повышение температуры угля, воды и воздуха, увеличение влагосодержания в рудничной атмосфере, совместное присутствие водорода, радона и непредельных (этилен, ацетилен) углеводородов выше фоновых значений в шахте и приповерхностном слое земли.

Наиболее часто самовозгорание угля возникает в угольных шахтах. Часто самонагревание и самовозгорание угля наблюдается на складах при длительном хранении угля.

Повышают опасность самовозгорания угля при выемке: сближенность пластов, если ими образуется общая зона обрушения; наличие в кровле пластанерабочих пластов угля или углистых пород; неустойчивость угольного пластаи вмещающих пород; слабая уплотняемость обрушенных

пород; малая глубина от поверхности; пониженная метаноносность и т.д. По фактору самовзгорания угля наиболее опасны слоевые, камерные и щитовые системы разработки углей.

Газоносность– количество (объем) газа (метана), содержащегося в массовой или объемной единице полезного ископаемого и горной породы в свободном и связанном состоянии $м^3/т$, $м^3/м^3$.

Инкубационный период самовозгорания угля – время нарастания температуры от естественной до критической.

Квартование – способ отбора проб угля, при котором отбитый уголь измельчается на куски размером 40-60 мм, затем проба перемещается два раза на конус и сплющивается путем надавливая металлической плитой сверху. Полученный слой угля разделяется на четыре равных сектора и из противоположных секторов отбирается по одинаковой порции угля до необходимой массы пробы.

Относительная влажность воздуха – отношение парциального давления паров воды в газе (в первую очередь, в воздухе) к равновесному давлению насыщенных паров при данной температуре.

Скорость дезактивации угля – скорость изменения способности угля сорбировать кислород воздуха с течением времени.

Химическая активность угля (константа скорости сорбции кислорода воздуха углем) – способность угля сорбировать молекулы кислорода воздуха с выделением тепла, характеризуется объемом сорбированного кислорода единицей массы угля в единицу времени.

2. Предупреждение подземных пожаровот самовозгорания угля

В соответствии с «Правилами безопасности в угольных шахтах» противопожарная защита шахты должна быть спроектирована и выполнена таким образом, чтобы предотвратить возможность пожара, а в случае его возникновения обеспечить эффективную локализацию и тушение пожара в его начальной стадии.

В проектах шахт, в документации по ведению горных работ и в эксплуатационной документации угледобывающей организации на технические устройства, применяемые на шахтах, необходимо предусматривать следующие меры по предотвращению пожаров, по нейтрализации воздействия на персонал опасных факторов пожара:

– применение схем и способов проветривания, обеспечивающих предотвращение образования взрывопожароопасной среды, управление вентиляционными струями в аварийной обстановке и безопасность выхода людей из шахты или на свежую струю воздуха;

– применение безопасных в пожарном отношении способов вскрытия и подготовки шахтных полей, систем разработки пластов угля, склонного к самовозгоранию, обеспечение своевременной надежной изоляции

выемочных участков (лав) после их отработки и возможность быстрой локализации и активного тушения пожаров;

– разработка мер по предупреждению пожаров от самовозгорания угля;

– применение способов и средств снижения химической активности угля, снижения воздухопроницаемости выработанного пространства, повышения герметичности изолирующих сооружений и контроля признаков пожаров при отработке пластов угля, склонного к самовозгоранию;

– применение безопасных в пожарном отношении технических устройств и схем энергоснабжения;

– применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов;

– применение автоматических средств обнаружения начальных стадий подземных пожаров, установок пожаротушения и блокировок, не допускающих работу технических устройств при снижении параметров пожарного водоснабжения ниже проектного;

– применение централизованного контроля и управления пожарным водоснабжением.

Применяемое противопожарное оборудование и его размещение в горных выработках шахты должно быть определено проектной документацией – проектом противопожарной защиты. Проект разрабатывают в соответствии с планом развития горных работ на срок не более трех лет.

Порядок, способы и сроки реализации профилактических мер по предупреждению подземных эндогенных пожаров при разработке пластов угля, склонных к самовозгоранию, должны быть определены техническим проектом и (или) проектной документацией.

Угледобывающие организации не реже одного раза в три года определяют склонность отрабатываемых пластов к самовозгоранию.

Склонность впервые отрабатываемых пластов к самовозгоранию, планируемых к отработке в соответствии с техническими проектами до начала их отработки, определяют по результатам геологоразведочных работ.

Перечень пластов, склонных к самовозгоранию, ежегодно утверждает технический руководитель (главный инженер) шахты. Перечень пластов, склонных к самовозгоранию, после его утверждения направляют в подразделение ВГСЧ, обслуживающее угледобывающую организацию, и в территориальный орган Ростехнадзора.

Вскрытие и подготовку пластов угля, склонных к самовозгоранию, осуществляют горными выработками, пройденными по породам.

Вскрывающие горные выработки в местах пересечения пластов угля, склонного к самовозгоранию, и на расстоянии 5 м в обе стороны от этого пересечения обрабатывают герметизирующим инертным материалом, исключающим проникновение воздуха к угольному массиву.

Отработку пластов угля, склонных к самовозгоранию, осуществляют с оставлением целиков угля, размеры которых обеспечивают безопасную отработку смежных выемочных участков. Места и размеры целиков угля должны быть определены техническим проектом и (или) проектной документацией.

При этажной схеме подготовки мощных пластов между откаточным штреком верхнего горизонта и вентиляционным штреком нижнего горизонта оставляют целики угля или возводят воздухонепроницаемые изолирующие полосы из негорючих твердеющих материалов.

Отработку крутых и крутонаклонных пластов угля, склонного к самовозгоранию, ведут отдельными выемочными блоками с оставлением между ними противопожарных целиков, прорезаемых только на уровне откаточного и вентиляционного горизонтов. Размер целика по простиранию равен мощности пласта, но не менее 6 м.

При отработке пластов угля, склонных к самовозгоранию, запрещается оставлять в выработанном пространстве целики и пачки угля, не предусмотренные проектом, отбитый и измельченный уголь.

При оставлении в выработанном пространстве целиков или пачек угля выполняют меры по предупреждению самовозгорания угля.

Отработанные участки изолируют в сроки, определенные техническим проектом и (или) проектной документацией.

Конструкцию изолирующих сооружений, периодичность проведения визуального осмотра и инструментально контроля герметичности изолирующих сооружений, замеров параметров рудничной атмосферы у (за) изолирующего сооружения определяет технический руководитель (главный инженер) шахты.

Технический руководитель (главный инженер) шахты организует выявление провалов земной поверхности, образовавшихся при ведении горных работ, периодический контроль их состояния и выполнение мер по их ликвидации.

3. Порядок выполнения работ по определениюинкубационного периода самовозгорания угля

3.1. Отбор проб угля из горных выработок шахт и на разрезах

Места отбора проб для определения инкубационного периода самовозгорания угля определяются техническим руководителем (главным инженером) шахты (разреза).

Пробы отбираются на каждом крыле шахтного поля на всех отрабатываемых пластах. Пробы отбираются в забое проводимой подготовительной выработки и/или в действующем очистном забое. В каждой подготовительной выработке и/или в очистном забое пробы отбираются не менее чем в двух местах, расположенных на расстоянии 30-50 м друг от друга. При отсутствии по пласту угля проводимых подготовительных выработок

и/или действующих очистных забоев пробы отбираются в действующих горных выработках.

На угольных разрезах пробы отбираются на всех отрабатываемых пластах.

На каждом отрабатываемом пласте пробы отбираются в одном месте не более чем через 24 часа после обнажения угольного пласта в месте отбора пробы.

На угольных пластах, имеющих сложное строение, пробы отбираются из всех угольных пачек, угольных прослойков и пропластков углистого сланца. Пробы отбираются из угольных пластов, угольных прослойков и пропластков углистого сланца, залегающих в кровле разрабатываемого пласта в зоне обрушения пород, при неустойчивых вмещающих породах – в почве пласта.

Для отбора проб по всей мощности угольного пласта перпендикулярно напластованию горных пород выбирается штроба. В забое проводимой подготовительной выработки и/или в действующем очистном забое штроба выбирается шириной не менее 0,5 м и глубиной не менее 0,2 м. В действующих горных выработках штроба выбирается в борту выработки шириной не менее 0,5 м и глубиной не менее 1,0 м.

Пробы отбираются в местах, удаленных не менее чем на 20 м от участков угольного пласта, на котором было проведено нагнетание воды в пласт, от дегазационных и разведочных скважин, от зон тектонических нарушений.

Пробы отбираются способом квартования. Пробы помещаются в герметичные емкости или в пакеты (мешки) из воздухонепроницаемых материалов. При использовании полиэтиленовых пакетов (мешков) каждая проба упаковывается в двойной пакет. Каждый полиэтиленовый пакет (мешок) герметизируется. Перед герметизацией пакета (мешка) воздух из него удаляется. Пробы отбираются массой не менее 4 кг, размер кусков угля в пробе 30-50 мм.

В мешок с пробой вкладывается лист бумаги с информацией о дате и времени отбора пробы, месте отбора, угольной пачке (угольном прослойке или пропластке углистого сланца), из которой эта проба была отобрана.

Отбор проб оформляется актом отбора проб углей для определения инкубационного периода самовозгорания угля в соответствии с образцом, приведенным в приложении 2.

3.2. Отбор проб при колонковом бурении скважин

Для проб используется керн, отобранный из скважин при их колонковом бурении. Пробы отбираются из керна выходом не менее 80 %. Скважины, из которых отбирается керн, располагаются таким образом, чтобы расстояние между ними было не более 1000 м по простиранию и/или по падению пласта, и на 1 км^2 было не менее двух скважин.

Пробы из керна отбираются в угольных прослойках и пропластках углистого сланца мощностью более 0,2 м, расположенных в кровле пласта на расстоянии его трехкратной мощности. На пластах крутого залегания дополнительно отбираются пробы в угольных прослойках и пропластках углистого сланца мощностью более 0,2 м, залегающих в лежачем боку (почве) на расстоянии не более одной мощности пласта.

Пробы из керна отбираются способом квартования. Пробы помещаются в герметичные емкости или в пакеты (мешки) из воздухонепроницаемых материалов. При использовании полиэтиленовых пакетов (мешков) каждая проба упаковывается в двойной пакет. Каждый полиэтиленовый пакет (мешок) герметизируется. Перед герметизацией пакета (мешка) воздух из него удаляется. Пробы отбираются массой не менее 4 кг, размер кусков угля в пробе 30-50 мм.

В мешок с пробой вкладывается лист бумаги с информацией о дате и времени отбора пробы, месте отбора, угольной пачке (угольном прослойке или пропластке углистого сланца), из которой эта проба была отобрана.

Отбор проб оформляется актом отбора керновых проб углей для определения инкубационного периода самовозгорания угля в соответствии с образцом, приведенным в приложении 3.

4. Определение инкубационного периодасамовозгорания угля

Для определения инкубационного периода самовозгорания угля техническим руководителем (главным инженером) шахты (разреза) организуется подготовка исходных данных в виде:

– проб угля и актов отбора проб углей для определения инкубационного периода самовозгорания угля;

– планов горных работ с нанесением на них мест отбора проб, мест возникновения эндогенных пожаров и тектонических нарушений;

– горно-геологической характеристики пласта в пределах шахтного поля с описанием условий его залегания;

– технического анализа угля или сертификата качества;

– справки о случаях самовозгорания угля с указанием места и даты возникновения пожара;

– справки о естественной температуре угля в районе ведения горных работ.

Инкубационный период самовозгорания угля определяется по результатам исследований свойств угля.

Определение инкубационного периода самовозгорания угля, $\tau_{инк}$, сут., расчетом проводится по следующей формуле:

$$\tau_{инк} = \frac{C_y\left(T_{кр} - T_0\right) + \dfrac{0{,}6 \cdot \lambda \cdot W_0}{100} + q_{Д} \cdot X_0}{24 \cdot \alpha \cdot K^{0{,}45} \cdot C_{O_2} \cdot q_{O_2}}, \quad (1)$$

где $C_{у}$ – кал/гК теплоемкость угля, Дж/(кг·°С); $T_{кр}$ – критическая температура самовозгорания угля, °С; T_0 – начальная температура скопления угля, °С; λ – изменение температуры скопления угля за единицу времени, кал/г; W_0 – начальная влажность угля, %; $q_{д}$ – удельная теплота десорбции метана, кал/мл; X_0 – природная метаноносность, мл/г; α – коэффициент усвоения кислорода воздуха; K – константа скорости сорбции кислорода углем, м^3/(кг·с); C_{O2} – концентрация кислорода на входе в угольное скопление, доли единицы; q_{O2} – удельная теплота сорбции кислорода воздуха углем, кал/мл.

Константа скорости сорбции кислорода углем определяется в следующем порядке:

– в сорбционные сосуды при температуре 18-20 °С загружается исследуемый уголь фракции 1-3 мм, массой от 50 до 120 г;

– в сорбционных сосудах замеряется начальная концентрация кислорода в воздухе над углем;

– сорбционные сосуды герметично закрываются и помещаются в термостат при температуре 10-20 °С;

– через сутки, три и пять суток в сорбционных сосудах замеряется конечная концентрация кислорода в воздухе над углем.

По результатам замеров определяется константа скорости сорбции кислорода углем:

$$K = -\frac{V}{m \cdot \tau} \cdot \ln \frac{\left(100 - C_0\right) \cdot C_к}{C_0 \cdot \left(100 - C_к\right)}, \quad (2)$$

где V – объем воздуха в реакционном сосуде, м^3; m – масса навески угля, г; τ – время контакта воздуха с углем, сут.; C_0 – начальная концентрация кислорода в воздухе над углем, %; $C_{к}$ – конечная концентрация кислорода в воздухе над углем, %.

$$W_0 = 100 \cdot \frac{\left(m_1 - m_2\right)}{m_0}, \quad (3)$$

где m_1 – масса навески пробы с бюксой после выдерживания в эксикаторе, г; m_2 – масса навески с бюксой после сушки, г; m_0 – масса навески угля, доведенного до равновесного состояния в эксикаторе, г.

Для определения начальной влажности угля используются две пробы угля фракцией 0,2 мм, которые помещаются в эксикаторы. В первом эксикаторе поддерживается 98 % относительная влажность воздуха над углем, во втором – 100 %.

В зависимости от инкубационного периода самовозгорания устанавливается склонность угля к самовозгоранию.

Уголь считается:

– ***весьма склонным к самовозгоранию*** при инкубационном периоде самовозгорания менее 50 суток включительно;

– ***склонным к самовозгоранию*** при инкубационном периоде от 50 и до 80 суток включительно;

– ***не склонным к самовозгоранию*** при инкубационном периоде более 80 суток.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите определения: самовозгорание угля, газоносность, квартование.
2. Приведите определения: стадия самонагревания, скорость дезактивации угля, инкубационный период самовозгорания угля.
3. Приведите определения: относительная влажность воздуха, химическая активность угля, эндогенный пожар.
4. Какие необходимо предусматривать меры по предотвращению пожаров, по нейтрализации воздействия на персонал опасных факторов пожара?
5. В соответствии, с каким документом определяется применяемое противопожарное оборудование и его размещение в горных выработках шахты?
6. Кто утверждает Перечень пластов, склонных к самовозгоранию?
7. Куда направляют Перечень пластов, склонных к самовозгоранию после его утверждения?
8. Как осуществляют отработку пластов угля, склонных к самовозгоранию?
9. Что запрещается оставлять в выработанном пространстве при отработке пластов угля, склонных к самовозгоранию?
10. Какие исходные данные организует технический руководитель шахты (разреза) для определения инкубационного периода самовозгорания угля?

11. Какая устанавливается склонность угля к самовозгоранию от инкубационного периода самовозгорания?

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Используя исходные данные (табл. 1) необходимо решить конкретную задачу по определению инкубационного периода самовозгорания угля и установить склонность угля к самовозгоранию. Масса навески угля, доведенного до равновесного состояния в эксикаторе равна 50 г. Объем воздуха в реакционном сосуде равен 450 м^3. Начальная концентрация кислорода в воздухе над углем равна 20,95 %;теплоемкость угля – 0,3 кал/гК Дж/(кг·°С); критическая температура самовозгорания угля – 80 °С; начальная температура скопления угля – 12 °С; изменение температуры скопления угля за единицу времени – 540 кал/г; удельная теплота десорбции метана – 0,3 кал/мл; коэффициент усвоения кислорода воздуха 0,15; концентрация кислорода на входе в угольное скопление – 0,2 доли единицы; удельная теплота сорбции кислорода воздуха углем – 3,0 кал/мл; природная метаноносность – 28,8 мл/г; K – константа скорости сорбции кислорода углем, м^3/(кг·с); время контакта воздуха с углем, – 1 сутки.

Таблица 1

№ варианта	Масса навески пробы с бюксой после выдерживания в эксикаторе, г	Масса навески с бюксой после сушки, г	Конечная концентрация кислорода в воздухе надуглем, %
1	95	85	17,6
2	80	70	18,3
3	75	65	18,9
4	100	80	19,5
5	120	110	19,8
6	85	70	19,2
7	70	60	19,6
8	85	60	19,4
9	90	80	16,3
10	65	50	19,0
11	85	50	17,8
12	80	55	18,5
13	70	60	19,2
14	90	65	19,0
15	110	80	16,3
16	90	70	14,9
17	60	75	18,1
18	75	85	17,9
19	95	90	17,6
20	55	95	18,4
21	105	100	15,5
22	110	105	18,4
23	115	95	19,3
24	125	85	18,2
25	80	55	20,0

В ходе решения задачи определить:

1. Начальную влажность угля, W_0 (%) по формуле (3).

2. Константу скорости сорбции кислорода углем, К ($м^3$/г·сут) по формуле (2).

3. Инкубационный период самовозгорания угля, $\tau_{инк}$ (сут) по формуле (1).

4. В зависимости от инкубационного периода самовозгорания установить склонность угля к самовозгоранию.

Приложение 2

АКТ
отбора проб углей для определения инкубационного периода самовозгорания угля

Угледобывающая организация _____ пласт _____ марка угля ____

Место отбора проб _____

Дата отбора _____

№ п/п	Строение пласта и боковых пород	Мощность, м	Номер пробы	Состав боковых пород и породных прослойков	Характеристика боковых пород и породных прослойков пласта
1.	Основная кровля				
2.	Непосредственная кровля				
3.	Угольный пласт: Уголь Породный прослоекуголь				
4.	Почва пласта				

Подписи: Технический руководитель
(главный инженер) шахты (разреза)

Главный геолог

Приложение 3

АКТ
отбора керновых проб углей для определения инкубационного периода самовозгорания угля

Угледобывающая организация _____

Наименование участка_____

Пласт _____

Марка угля и данные его технического анализа_____

Дата отбора керна_____

Номер мешка (сосуда) с пробой	Наименование пробы	Мощность по нормали, м	Выход керна, м	Структурная колонка пласта
	Уголь (верхняя пачка) Углистый сланец (прослоек) Уголь (нижняя пачка)			

Подписи: Технический руководитель
(главный инженер) шахты (разреза)

Главный геолог

Практическая работа № 3

3.1. Контроль рудничной атмосферы.Рудничный воздух и вентиляционные сети шахт

Цель работы:ознакомиться с требованиями к составу рудничного воздухаитребованиями для шахт, опасных по газув соответствии с нормативными документами.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы

Проветривание горных выработок осуществляют таким образом, чтобы все действующие горные выработки были обеспечены расходом воздуха не менее расчетного, а состав, скорость и температура воздуха в них соответствовали Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности ***«Инструкция по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и (или) диоксиду углерода».***

Концентрация кислорода в воздухе в горных выработках, в которых находится или может находиться персонал, должна составлять не менее 20 % (по объему). Содержание метана в рудничном воздухе должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 1.

Максимально допустимая концентрация диоксида углерода в рудничном воздухе на рабочих местах, в исходящих струях выемочных участков и тупиковых горных выработок составляет 0,5 %, в горных выработках с исходящей струей крыла, горизонта и шахты – 0,75 %, при проведении и восстановлении горных выработок по завалу – 1 %. Максимально допустимая концентрация водорода в зарядных камерах составляет 0,5 %.

Максимально допустимые концентрации вредных газов в рудничном воздухе действующих горных выработок приведены в таблице 2.

При несоответствии состава рудничного воздуха в действующих горных выработках требованиям, установленным работы должны быть прекращены, персонал из этих горных выработок должен выйти в горные выработки с пригодной для дыхания рудничной атмосферой или на поверхность и сообщить об этом горному диспетчеру шахты.

Таблица 1

Допустимая концентрация метана в атмосфере действующих горных выработок и трубопроводах

Вентиляционная струя, трубопровод	Допустимая концентрация метана, % (по объему)
В лавах и тупиковых горных выработках, камерах, в горных выработках выемочного участка, поддерживаемых горных выработках и исходящих из них	1
Исходящая крыла, шахты	0,75
Поступающая на выемочный участок, в лавы, к забоям тупиковых выработок и в камеры	0,5
Местные скопления метана в горных выработках	2
На выходе из смесительных камер	2
Трубопроводы для изолированного отвода метана, газодренажные горные выработки	3,5
Дегазационные трубопроводы	До 3,5 т более 25
Изолированные горные выработки, выработанные пространства	Не регламентируется

Таблица 2

Максимально допустимые концентрации вредных газов в рудничном воздухе действующих горных выработок

Вредные газы	Максимально допустимая концентрация газа в действующих горных выработках	
	% (по объему)	мг/м^3
Оксид углерода (CO)	0,00170	20
Оксиды азота (в перерасчете на NO_2)	0,00025	5
Диоксид азота (NO_2)	0,00010	2
Сернистый ангидрид (SO_2)	0,00038	10
Сероводород (H_2S)	0,00070	10

Средняя по сечению скорость воздуха в лавах и подготовительных горных выработках шахт должна быть не менее 0,25 м/с. Максимально допустимые скорости воздуха в горных выработках приведены в таблице 3.

Таблица 3

Максимально допустимые скорости воздуха в горных выработках

Горные выработки, вентиляционные устройства	Максимальная скорость воздуха, м/с
Вентиляционные скважины	Не ограничена
Стволы и вентиляционные скважины с подъемными установками, предназначенными только для подъема людей в аварийных случаях, вентиляционные каналы	15
Стволы, предназначенные только для спуска и подъема грузов	12
Кроссинги трубчатые и типа перекидных мостов	10
Стволы для спуска и подъема людей и грузов, квершлаги, главные откаточные и вентиляционные штреки, капитальные и панельные бремсберги и уклоны	8
Все прочие горные выработки, проведенные по углю и породе	6
В лавах и тупиковых горных выработках	4

Минимальная скорость воздуха:

– в подготовительных горных выработках, проводимых по угольным пластам мощностью более 2 м, при разности между природной и остаточной метаноносностью пласта на участке их проведения 5 $м^3$/т и выше – 0,5 м/с;

– в подготовительных горных выработках, проводимых по мощным пластам после отработки верхнего слоя, в призабойных пространствах подготовительных горных выработок независимо от мощности оставшейся пачки угля и разности природной и остаточной метаноносности пласта – 0,25 м/с;

– при проходке и углубке вертикальных стволов и шурфов, в тупиковых горных выработках негазовых шахт и в остальных горных выработках шахт всех категорий, проветриваемых за счет общешахтной депрессии (компрессии), – 0,15 м/с;

– в камерах – не регламентируется.

Максимальная скорость воздуха в стволах, предназначенных для спуска и подъема грузов и используемых при аварии для вывода персонала, составляет 10 м/с.

Работы в горных выработках, скорость движения воздуха в которых превышает максимально допустимые скорости воздуха в горных выработ-

ках, приведенные в таблице 3 проводят с соблюдением мер, утвержденных техническим руководителям (главным инженером) шахты.

Температура воздуха, поступающего в горные выработки шахты, должна быть не ниже 2 °С. Для шахт, расположенных в зонах многолетней мерзлоты, температуру воздуха, поступающего в шахту, устанавливает технический руководитель (главный инженер) шахты.

Объединение шахт с независимым проветриванием в одну вентиляционную систему проводят в соответствии с проектной документацией. На шахтах, объединенных в одну вентиляционную систему, назначают одного технического руководителя (главного инженера) шахты, создают один участок Аэрологической безопасности (АБ) и разрабатывают единый План ликвидации аварии. В горных выработках, соединяющих две шахты, необъединенные в одну вентиляционную систему, возводятся вентиляционные устройства, место установки и конструкция которых должны быть определены проектной документацией. Начальник участка АБ составляет вентиляционный план шахты в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности ***«Инструкция по составлению вентиляционных планов угольных шахт»***.

Начальник участка АБ в соответствии с программой развития горных работ рассчитывает расходы воздуха и депрессии, выполняет проверку устойчивости проветривания горных выработок и разрабатывает мероприятия по обеспечению проветривания шахты. Не реже одного раза в три года на шахте проводят плановую депрессионную съемку. Проведение внеплановых депрессионных съемок определяет технический руководитель (главный инженер) шахты. Отработанные выемочные участки (поля), неиспользуемые горные выработки и скважины изолируют. Места возведения и конструкции сооружений, изолирующих выемочные участки и неиспользуемые горные выработки, утверждает технический руководитель (главный инженер) шахты. Скважины, предназначенные для борьбы с внезапными выбросами угля (породы) и газа, изоляции не подлежат.

Горные выработки, используемые для отвода метана из выработанных пространств, со стороны действующих горных выработок изолируют взрывоустойчивыми перемычками. Вскрытие и разгазирование изолированных выемочных участков (полей) и неиспользуемых горных выработок проводят работники военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ) по мероприятиям, согласованным с командиром подразделения ВГСЧ и утвержденным техническим руководителем (главным инженером) шахты.

Работы в лавах и подготовительных горных выработках, приближающихся к горным выработкам, в которых возможны скопления вредных или горючих газов, выполняют с соблюдением мер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ в опасных зонах. Способ, схема и система проветривания шахты должны быть определены проектной документацией. Сбойки между горными выработками, по которым поступает и выдает-

ся воздух для проветривания шахты, крыла, блока, панели, изолируют взрывоустойчивыми перемычками.

Запрещается использовать один и тот же ствол шахты или штольню для одновременного пропуска свежей и исходящей струй воздуха.

Это запрещение не распространяется на время проходки стволов (штолен) и околоствольных горных выработок до соединения с другим стволом или вентиляционной сбойкой.

Запрещается подводить свежий воздух в действующие камеры, лавы и тупиковые горные выработки, а также отводить воздух из них через завалы и обрушения.

Это запрещение не распространяется на работы по погашению (восстановлению) горных выработок, а также на случаи изолированного отвода метана из выработанного пространства.

Проветривание погашаемых и восстанавливаемых горных выработок необходимо осуществлять за счет общешахтной депрессии или вентиляторов местного проветривания (ВМП).

Лава и примыкающие к ней тупиковые горные выработки следует проветривать струей свежего воздуха.

Последовательное проветривание лав (не более двух), расположенных на одном пласте в пределах одного этажа (панели), допускается на пластах, не опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа и (или) не опасных по суфлярным выделениям метана при соблюдении следующих условий:

– общая длина лав не должна превышать 400 м;

– расстояние между смежными лавами не должно превышать 300 м;

– в проветриваемую лаву по прилегающему к ней промежуточному штреку следует подавать дополнительно свежий воздух. При этом расход воздуха должен быть не менее подсчитанного по скорости в промежуточном штреке (0,25 м/с), а в газовых шахтах он должен быть таким, чтобы содержание метана в воздухе, поступающем в вышерасположенную лаву, не превышало 0,5 %;

– при производстве взрывных работ в нижней лаве, если содержание вредных газов в воздухе, поступающем в вышележащую лаву, превышает 0,008 % по объему в пересчете на условный оксид углерода, персонал должен выходить в горные выработки со свежей струей воздуха. В газовых шахтах, а также на шахтах отрабатывающие пласты, опасные по взрывчатости угольной пыли, персонал должен выходить в горные выработки со свежей струей воздуха независимо от содержания вредных газов, образующихся при производстве взрывных работ;

– в промежуточном штреке между смежными лавами должны быть оборудованы устройства по осаждению или улавливанию взвешенной пыли; каждая лава должна иметь телефонную связь.

Проветривание транспортных горных выработок, оборудованных ленточными конвейерами, предназначенными для транспортирования угля между выемочным участком и околоствольным двором или поверхностью, должно осуществляться обособленной струей свежего воздуха или исходящей струей воздуха.

Камеры для зарядки аккумуляторных батарей и склады взрывчатых материалов следует проветривать обособленной струей свежего воздуха. Камеры для машин и оборудования, гаражи и склады горюче-смазочных материалов, горные выработки, в которых проводят техническое обслуживание дизельного транспорта, следует проветривать обособленной струей воздуха или струей исходящего воздуха с концентрацией метана не более 0,5 %.

На шахтах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа, проветривание камер для машин и электрооборудования исходящей струей воздуха запрещается.

Требования для шахт, опасных по газу

Шахты, в которых выявлены метан и (или) диоксид углерода и (или) другие вредные и опасные газы, относятся к *опасным по выявленному газу (газовые).*

Для шахт, опасных по газу, устанавливают категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода) в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Категории шахт по газу (метану и (или) диоксиду углерода)

Категория шахт по газу (метану и (или) диоксиду углерода)	Относительная метанообильность, $м^3/т$
Негазовые	Метан и (или) диоксид углерода не выявлены
Газовые	
I	До 5
II	От 5 до 10
III	От 10 до 15
Сверхкатегорные	15 и более, суфлярные выделения
Опасные по внезапным выбросам угля (породы) и газа	Пласты, опасные по внезапным выбросам угля (породы) и газа

При проектировании шахт их категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода) устанавливают по природной газоносности угольных пластов, планируемых к отработке.

Для действующих шахт их категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода) устанавливают по данным фактического газовыделения в горные выработки в соответствии с Инструкцией по контролю состава

рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и (или) диоксиду углерода.

Вскрытие газоносных угольных пластов горными выработками проводят с соблюдением требований ***правил безопасности при взрывных работах***, ***«Инструкции по дегазации угольных шахт*** и иных нормативных правовых актов, устанавливающих требования по безопасному ведению работ по вскрытию газоносных угольных пластов.

При превышении концентраций метана, приведенных в табл. 1, в действующих горных выработках шахты (кроме превышений концентраций метана в местных скоплениях у буровых станков и комбайнов) горные работы в данных горных выработках останавливают, с электрооборудования, за исключением электрооборудования в исполнении рудничное особовзрывобезопасное, снимают напряжение, персонал выходит в незагазированные горные выработки со свежей струей воздуха, в загазированных горных выработках устанавливают знаки, запрещающие в них доступ.

Персонал, работающий в горных выработках, в которых произошло загазирование, сообщает о загазировании горному диспетчеру и принимает меры по снижению концентрации метана до установленной нормы.

Разгазирование горных выработок проводят по мероприятиям, разработанным в соответствии с Федеральными нормами правилами в области промышленной безопасности ***«Инструкция по разгазированию горных выработок, расследованию, учету и предупреждению загазирований»***.

При образовании у буровых станков и комбайнов местных скоплений метана работа буровых станков и комбайнов прекращается, напряжение с питающего кабеля отключается. Работа буровых станков и комбайнов возобновляется после снижения концентрации метана менее 1 %.

В газовых шахтах при углах наклона лавы более 10°движение воздуха в них и во всех горных выработках, по которым проходит исходящая из этих лав вентиляционная струя (кроме горных выработок длиной менее 30 м), должно быть восходящим.

Технический руководитель (главный инженер) шахты принимает решение о нисходящем проветривании лав с углом наклона до 15° при выполнении мер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ:

– проветривание выемочного участка осуществляют по прямоточной или комбинированной схеме проветривания;

– скорость воздуха в лаве составляет не менее 2 м/с;

– крепь горных выработок, по которым проходит исходящая из лавы вентиляционная струя, кроме горных выработок, примыкающих к лаве, негорючая или трудногорючая;

– в горных выработках, по которым проходит исходящая из лавы вентиляционная струя, устанавливают технические средства системы аэро-

газового контроля (АГК) в соответствии с Положением об аэрогазовом контроле в угольных шахтах.

При отработке пластов, не опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа, выемочными столбами по падению (восстанию) технический руководитель (главный инженер) шахты принимает решение о размещении электрооборудования и кабелей в горных выработках, примыкающих к лавам, с нисходящим движением по ним исходящей вентиляционной струи, при соблюдении мер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ:

– угол наклона горной выработки с исходящей вентиляционной струей менее 15°;

– метановыделение на выемочном участке не превышает 5 $м^3$/мин;

– на выемочный участок не поступает исходящая вентиляционная струя из проводимых подготовительных горных выработок;

– крепь горных выработок с нисходящим движением исходящей вентиляционной струи должна быть негорючей или трудногорючей;

– сбойки, соединяющие горные выработки с исходящей и свежей вентиляционной струей, закреплены негорючей крепью, и в них сооружены не менее двух пожарных перемычек с рабочими и реверсивными дверями, выполненными из негорючих материалов.

Угол наклона горной выработки определяют по разности высотных отметок сопряжений этой горной выработки с другими горными выработками.

Проветривание тупиковых горных выработок газовых шахт, кроме тупиковых горных выработок, примыкающих к лавам, организуют таким образом, чтобы исходящие из них вентиляционные струи не поступали в лавы и тупиковые горные выработки.

По решению технического руководителя (главного инженера) шахты исходящую из подготовительной горной выработки струю воздуха выпускают в горные выработки со свежей струей воздуха, поступающей в лавы и тупиковые горные выработки, при условии, что:

– концентрация метана в поступающей в лавы и тупиковые горные выработки струе воздуха не превысит 0,5 %;

– состав воздуха в поступающей в лавы и тупиковые горные выработки струе соответствует требованиям см. табл. 1;

– состав воздуха в поступающей в лавы и тупиковые горные выработки струе контролирует система АКГ.

Из подготовительных горных выработок, проводимых по пластам, опасным по внезапным выбросам угля (породы) и газа или суфлярам, выпуск исходящей вентиляционной струи в вентиляционные струи, проветривающие выемочные участки и подготовительные горные выработки, запрещается. При вскрытии газоносных угольных пластов горными выработками при приближении к газоносному пласту проводят бурение разве-

дочных скважин. Места бурения и параметры заложения скважин наносят на маркшейдерскую документацию. При вскрытии газоносных угольных пластов организуют непрерывный контроль содержания метана в месте вскрытия.

ВМП с электрическими двигателями, проветривающие тупиковую горную выработку, проводимую по пластам, опасным по внезапным выбросам угля (породы) и газа, или по выбросоопасным породам, устанавливают в горных выработках со свежей струей воздуха на расстоянии не менее 150 м от устья тупиковой горной выработки. Порядок расстановки технических средств системы АГК в месте установки ВМП и реализации ее функций определяют в соответствии с Положением об аэрогазовом контроле в угольных шахтах. ВМП с пневматическими двигателями, проветривающие тупиковую горную выработку, проводимую по пластам, опасным по внезапным выбросам угля (породы) и газа, или по выбросоопасным породам, устанавливают по решению технического руководителя (главного инженера) шахты на расстоянии менее 150 м от устья тупиковой горной выработки при соблюдении требований по расстановке технических средств системы АГК и при условии, что конструкция ВМП с пневматическим двигателям исключает возможность воспламенения метана при фрикционном трении вращающихся частей и корпуса. При остановке ВГП или ВВУ, при нарушении проветривания горных выработок работы в горных выработках, в которых нарушено проветривание, прекращаются, напряжение питания электрооборудования отключают, персонал из них выходит в соответствии с ПЛА в горные выработки со свежей струей воздуха. При времени остановки вентиляторов главного проветривания (ВГП) или вспомогательных вентиляторных установок (ВВУ) более 30 минут порядок действия, находящегося в горных выработках персонала шахты, определяет ПЛА.

Решение о возобновлении работ после восстановления нормального режима проветривания горных выработок шахты принимает технический руководитель (главный инженер) шахты после проведения мероприятий по разгазированию горных выработок в соответствии с Инструкцией по разгазированию горных выработок, расследованию, учету и предупреждению загазирований.

Решение о возобновлении электроснабжения шахты после восстановления нормального режима проветривания технический руководитель (главный инженер) шахты принимает после замеров содержания метана специалистами структурных подразделений в местах производства работ, у электрических машин, аппаратов и на расстоянии не менее 20 м от мест их установки во всех прилегающих горных выработках.

Случаи суфлярного выделения (прорыва) метана в горные выработки подлежат учету в соответствии с Инструкцией по разгазированию горных выработок, расследованию, учету и предупреждению загазирований.

В газовых шахтах дегазацию проводят в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации ***«О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной»***.

Порядок проектирования дегазационных работ, оснащения и эксплуатации дегазационных скважин, газопроводов и дегазационных станций (установок), ведения работ по дегазации, выбора схем и способов дегазации источников газовыделения, определения объемов извлекаемого из источников газовыделения метана, контроля параметров каптируемых газовоздушных смесей, расчета газопроводов и выбора вакуум-насосов, проведения вакуумно-газовых съемок, оценки качества герметизации дегазационных скважин должен быть определен проектной документацией, разработанной в соответствии с требованиями Инструкции по дегазации угольных шахт. На действующих и ликвидируемых газовых шахтах, кроме шахт, находящихся в районах многолетней мерзлоты, организуют выявление участков земной поверхности, на которых из угольных пластов и вмещающих пород выделяются метан и (или) иные газы. При выявлении участков земной поверхности, на которых выделяются шахтные газы, организуют контроль концентрации метана в зданиях и сооружениях и принимают меры по защите от загазирования зданий и сооружений в порядке, утвержденном техническим руководителем (главным инженером) шахты.

Шахты, в которых выделяются жидкие и парообразные углеводороды, а также газообразные углеводороды (кроме метана), если содержание последних превышает 10 % общего объема горючих газов, относят к шахтам, *опасным по нефтегазопроявлениям*.

Порядок ведения горных работ на шахтах, опасных по нефтегазопроявлениям, должен быть определен проектной документацией. При обнаружении в горных выработках шахты, не опасной по нефтегазопроявлениям, запаха нефтепродуктов, не связанного с применяемой технологией, технический руководитель (главный инженер) угледобывающей организации организует отбор проб рудничного воздуха и определение в нем содержания жидких, парообразных, газообразных углеводородов.

На шахтах, в горных выработках которых выделяется сернистый газ или сероводород, в документации по ведению горных работ предусматривают меры по обеспечению безопасности ведения горных работ при выделении в рудничный воздух данных газов.

Вопросы для самопроверки

1. Какой должна быть концентрация кислорода в воздухе в горных выработках, в которых находится или может находиться персонал?

2. Сколько составляет максимально допустимая концентрация диоксида углерода в рудничном воздухе на рабочих местах, в исходящих струях выемочных участков и тупиковых горных выработок?

3. Сколько составляет максимально допустимая концентрация диоксида углерода в рудничном воздухе горных выработках с исходящей струей крыла, горизонта и шахты?

4. Сколько составляет максимально допустимая концентрация диоксида углерода в рудничном воздухе при проведении и восстановлении горных выработок по завалу?

5. Что необходимо выполнить при несоответствии состава рудничного воздуха в действующих горных выработках установленным требованиям?

6. Какой должна быть минимальная скорость воздуха при проходке и углубке вертикальных стволов и шурфов, в тупиковых горных выработках негазовых шахт?

7. Какой должна быть минимальная скорость воздуха в камерах?

8. Чему равна максимальная скорость воздуха в стволах, предназначенных для спуска и подъема грузов и используемых при аварии для вывода персонала?

9. Что необходимо предпринять на шахтах, объединенных в одну вентиляционную систему?

10. Как часто на шахте проводят плановую депрессионную съемку?

11. В каких случаях запрещается использовать один и тот же ствол шахты или штольню?

12. Какие шахты относятся к опасным по выявленному газу (газовые)?

13. Сколько и каких устанавливают категорий по газу (метану и (или) диоксиду углерода) для шахт, опасных по газу?

14. По какому фактору при проектировании шахт устанавливают их категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода)?

15. По какому фактору для действующих шахт устанавливают их категории по газу (метану и (или) диоксиду углерода)?

16. Что необходимо предпринять, если концентрация метана превысит допустимые значения?

3.2. Контроль рудничной атмосферы. Порядок проверки состава, расхода, температуры и относительной влажности рудничного воздуха

Цель работы:ознакомиться с порядком проверки состава рудничного воздухав соответствии с нормативными документами.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы.

Проверка состава рудничного воздуха выполняется работниками подразделений ВГСЧ, обслуживающих шахту, и/или работниками газоаналитических лабораторий в присутствии специалиста участка аэрологической безопасности.

Специалистом участка АБ определяются конкретные места в горных выработках, в которых необходимо провести проверку состава рудничного воздуха. Работником ВГСЧ и/или газоаналитической лаборатории проводится проверка состава рудничного воздуха (отбор проб).

Порядок проверки состава рудничного воздуха специалистами участка АБ определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты.

На шахтах проверка состава рудничного воздуха проводится на содержание: метана, диоксида углерода и кислорода.

На шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию, проверка проводится на содержание метана, диоксида углерода, оксида углерода, кислорода и водорода.

При температуре рудничного воздуха в горных выработках более 20 °С проводятся замеры его относительной влажности. При кондиционировании рудничного воздуха его температура и относительная влажность определяются на рабочих местах и у пунктов охлаждения.

Проверка состава рудничного воздуха и замер его расхода проводятся:

– на негазовых шахтах – один раз в месяц;

– на газовых шахтах – три раза в месяц;

– на шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию, – три раза в месяц.

Производительность вентиляторов местного проветривания измеряется один раз в месяц.

Проверка состава рудничного воздуха после взрывных работ проводится один раз в месяц:

– в стволах независимо от их глубины;

– в подготовительных выработках при их длине 300 м и более;

– при изменении паспорта буровзрывных работ.

При проходке стволов, переведенных на газовый режим, проверка состава рудничного воздуха проводится три раза в месяц.

При проверке состава рудничного воздуха на содержание метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода индивидуальными приборами определяются средние концентрации газов в поперечных сечениях

вентиляционных струй.

Проверку состава рудничного воздуха проводят в смену, когда в очистных выработках ведутся работы по добыче угля. Проверка проводится не ранее чем через сутки после нерабочего дня. Время начала отбора проб рудничного воздуха после проведения взрывных работ определяется начальником участка АБ. Первые пробы отбираются не ранее чем через 15 минут при обычном взрывании и не ранее чем через 30 минут при сотрясательном взрывании. Последующие пробы отбираются с интервалом не более 5 минут в течение 10-15 минут после отбора первых проб.

При проверке состава рудничного воздуха содержание метана, диоксида углерода, оксида углерода, кислорода, водорода и оксидов азота, сернистого ангидрида и сероводорода определяется с погрешностью:

– метана, диоксида углерода, кислорода и водорода – не более +/– 0,1 объемной доли, %;

– оксида углерода (при содержании до 2 предельно допустимых концентраций (далее – ПДК) – не более +/- 0,0005 объемной доли, %;

– оксида углерода (при содержании более 2 ПДК) – не более +/– 10 % от измеряемой величины;

– оксидов азота, сернистого ангидрида, сероводорода – не более +/- 25 % от измеряемой величины.

При проведении лабораторных исследований состава рудничного воздуха используется оборудование, обеспечивающее определение 0,5 ПДК. Измерения содержания метана и диоксида углерода в газовых шахтах проводятся стационарными датчиками системы АГК и индивидуальными приборами контроля. Измерения содержания метана и диоксида углерода в негазовых шахтах проводятся индивидуальными приборами контроля. Порядок контроля концентрации газов стационарными датчиками системы АГК определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты в соответствии с проектом АГК. Порядок контроля концентрации газов индивидуальными приборами контроля определяется в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и /или диоксиду углерода.

Проверка состава рудничного воздуха:

1. работниками военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ)

Работниками ВГСЧ и/или газоаналитических лабораторий при проверке состава рудничного воздуха в шахте определяется содержание метана, диоксида углерода и кислорода.

Кроме вышеуказанных газов работниками ВГСЧ и/или газоаналитических лабораторий определяются содержания:

– в зарядных камерах – водорода;

– после взрывных работ – оксида углерода, оксида и диоксида азота;

– на шахтах, отрабатывающих пласты угля, склонного к самовозго-

ранию, на пожарных участках и из-за изолирующих перемычек – оксида углерода и водорода;

– в шахтах с выделением серосодержащих газов – сернистого ангидрида и сероводорода;

– в шахтах, опасных по нефтегазопроявлениям, – тяжелых углеводородов;

– других вредных веществ, контроль содержания которых в рудничном воздухе осуществляется лабораторными методами.

Проверка состава рудничного воздуха и измерения его расхода проводится:

– в главных входящих струях шахты;

– во входящих струях крыла, панели, блока, горизонта и шахтопласта;

– во входящих и исходящих струях очистных и подготовительных выработок;

– в исходящих струях выемочных участков, крыла, панели, блока, горизонта, шахтопласта и шахты в целом;

– у ВМП;

– у забоев подготовительных выработок;

– в зарядных камерах;

– в местах выделения метана на пути движения свежей струи;

– у забоев тупиковых восстающих выработок негазовых шахт;

– в других местах, установленных техническим руководителем (главным инженером) шахты.

План проверки состава рудничного воздуха составляется на квартал, утверждается техническим руководителем (главным инженером) шахты. Образец плана проверки состава рудничного воздуха приведен в *приложении 1*. Срок хранения плана проверки состава рудничного воздуха – 1 год.

Не позднее 25 числа последнего месяца текущего квартала план проверки состава рудничного воздуха направляется в подразделение ВГСЧ, обслуживающее шахту, и/или в газоаналитическую лабораторию. Подразделением ВГСЧ и/или газоаналитической лабораторией составляется на каждый месяц график проверки состава рудничного воздуха, который не позднее, чем за три дня до начала очередного месяца направляется на шахту. В дни, предусмотренные графиком проверки состава рудничного воздуха, работник ВГСЧ и/или газоаналитической лаборатории, осуществляющий проверку, получает в лаборатории акт-наряд проверки состава рудничного воздуха. Образец акта-наряда проверки состава рудничного воздуха приведен в *приложении 2*.

Акт-наряд проверки состава рудничного воздуха подписывается начальником участка АБ. Начальником участка АБ вносятся в акт-наряд изменения и/или дополнения в соответствии с фактическим состоянием горных работ. Каждое изменение и/или дополнение подтверждается под-

письью начальника участка АБ.

В акте-наряде проверки состава рудничного воздуха после взрывных работ начальником участка АБ в графе «Примечание» указывается время начала отбора первых проб после взрывных работ. Пробы рудничного воздуха направляются в подразделение ВГСЧ, обслуживающее шахту, и/или в газоаналитическую лабораторию. Извещение о результатах анализа проб рудничного воздуха направляется техническому руководителю (главному инженеру) шахты не позже чем через сутки со времени поступления проб. Результаты анализов проб рудничного воздуха в случаях выявления в них концентраций вредных газов, превышающих допустимые нормы, передаются горному диспетчеру (дежурному) шахты немедленно. Образец извещения о результатах анализа проб рудничного воздуха приведен в *приложении 3*. Срок хранения извещения о результатах определения состава рудничного воздуха в шахте – 1 год.

Сведения о превышениях концентрации контролируемых газов, установленные при проведении проверки состава рудничного воздуха, газоаналитической лабораторией направляются в территориальный орган Ростехнадзора. Газоаналитическая лаборатория выбраковывает дефектные пробы рудничного воздуха, о чем уведомляет технического руководителя (главного инженера) шахты и/или начальника участка АБ. В горных выработках, в которых были отобраны выбракованные газоаналитической лабораторией пробы, проводится повторная проверка состава рудничного воздуха. При концентрации вредных газов выше допустимых норм проверка состава рудничного воздуха в горных выработках проводится работниками ВГСЧ в респираторах.

Результаты проверки состава рудничного воздуха и его расход заносятся в вентиляционный журнал. Образец вентиляционного журнала приведен в *приложении 4*. Результаты проверки состава рудничного воздуха на изолированных пожарных участках заносятся в книгу наблюдений за пожарными участками и проверки состояния изоляционных сооружений. Образец книги наблюдений за пожарными участками и проверки состояния изоляционных сооружений приведен в *приложении 5*.

Результаты проверки состава метановоздушной смеси в дегазационных трубопроводах и скважинах заносятся в журнал учета работы дегазационных скважин. Образец журнала учета работы дегазационных скважин приведен в *приложении 6*. Срок хранения журнала – весь период эксплуатации выемочного участка. Для скважин, пробуренных в старые выработанные пространства, – весь период эксплуатации скважины.

Начальником участка АБ ведутся вышеупомянутые журналы и книга и осуществляется хранение имеющейся в них информации на бумажных и/или электронных носителях информации.

При использовании электронных носителей информации обеспечивается:

– создание электронных образцов журналов и книги в соответствии с настоящей Инструкцией;

– копирование информации на отдельные электронные носители информации после каждого ее изменения или дополнения.

2. Проверка специалистами участка аэрологической безопасности

Решение о проверке состава рудничного воздуха специалистами участка АБ принимается техническим руководителем (главным инженером) шахты. Пробы рудничного воздуха, отобранные специалистами участка АБ, передаются в газоаналитическую лабораторию. К пробам прилагается акт-наряд проверки состава рудничного воздуха, подписанный начальником участка АБ. В акте-наряде проверки состава рудничного воздуха указываются газы, на которые требуется выполнить анализ, и концентрации газов, замеренные переносными приборами контроля во время отбора пробы.

Места, способы и средства проверки состава и расхода рудничного воздуха

Проверка состава рудничного воздуха проводится:

– в 15-20 м от места входа вентиляционной струи на выемочный участок, в очистную выработку;

– в 15-20 м от места выхода вентиляционной струи из выемочного участка, очистной или подготовительной выработки;

– в 15-20 м от мест слияния или разветвления вентиляционных струй;

– в 15-20 м перед и за смесительной камерой при изолированном отводе метана;

– не более чем в 20 м от устья и у забоя подготовительных выработок, в том числе при проходке стволов;

– в 20-30 м от устья подготовительных выработок после взрывных работ (в верхней части сечения выработки);

– в зарядных камерах в верхней части сечения камеры со стороны исходящей струи.

Порядок контроля концентрации сернистого ангидрида и сероводорода устанавливается техническим директором (главным инженером) шахты.

Порядок контроля концентрации метана и расхода метановоздушной смеси на газоотсасывающих установках, в дегазационных трубопроводах и в дегазационных скважинах определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты в соответствии с паспортом выемочного участка, проведения и крепления горных выработок и проектом дегазации шахты.

Порядок проверки состава рудничного воздуха при осуществлении контроля за ранними стадиями самонагревания угля в выработках, опас-

ных по нефтегазопроявлениям, и в других случаях, когда необходимо получить информацию о его составе, определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты.

При проверке состава рудничного воздуха пробы отбираются в газонепроницаемые емкости. Отобранные пробы рудничного воздуха анализируются в газоаналитической лаборатории не позже чем через 12 часов после их отбора. Емкости перед их использованием проверяются на герметичность и очищаются от посторонних газов и твердых веществ. Перед отбором проб емкости не менее трех раз заполняются рудничным воздухом в объеме не менее 1 л. После каждого заполнения рудничный воздух удаляется из емкости. Емкости заполняются рудничным воздухом при помощи устройств, создающих избыточное давление. Емкости с отобранными пробами рудничного воздуха герметизируются и подписываются.

Отбор проб на тяжелые углеводороды проводится «мокрым» способом в бутылки емкостью 0,5 л. При отборе проб в сосуды (бюретки) способом продувания через сосуд обеспечивается продувание объема рудничного воздуха, превышающего вместимость сосуда не менее чем в десять раз.

Концентрация вредных газов (оксидов азота, сероводорода, сернистого ангидрида и оксида углерода) контролируется индикаторными трубками или индивидуальными приборами контроля.

Отбор усредненной по поперечному сечению выработки пробы рудничного воздуха проводится в следующем порядке:

– работник отбирает пробы, держа сосуд (емкость) перед собой на расстоянии вытянутой руки, располагаясь лицом навстречу воздушной струе;

– сосуд (емкость) заполняется рудничным воздухом в процессе перемещения его в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Заполнение начинается у почвы и заканчивается у кровли выработки. Работник обеспечивает равномерность заполнения сосуда (емкости) по сечению выработки. В вертикальных выработках сосуд (емкость) при отборе пробы рудничного воздуха перемещается в горизонтальной плоскости.

Пробы рудничного воздуха из-за перемычек, из скважин и из труднодоступных мест отбираются дистанционно через трубки. Перед началом отбора пробы через трубку пропускается отбираемый рудничный воздух в объеме не менее двукратного объема трубки. Перед отбором проб из-за изолирующей перемычки или из скважины замеряются температура рудничного воздуха у изолирующей перемычки, за изолирующей перемычкой (в скважине) и атмосферное давление в месте отбора проб.

Отбор проб рудничного воздуха из-за изолирующей перемычки и из скважины не проводится в случаях движения рудничного воздуха из выработки за изолирующую перемычку (в скважину). При движении рудничного воздуха из выработки за изолирующую перемычку (в скважину) в актенаряде проверки состава рудничного воздуха делается запись: «перемычка

(скважина) принимает». Порядок отбора проб рудничного воздуха на газоотсасывающих установках из дегазационных трубопроводов и дегазационных скважин определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты в соответствии с паспортом выемочного участка, проведения и крепления горных выработок и проектом дегазации шахты.

Измерение скорости, расхода, температуры и влажностирудничного воздуха

Порядок определения расхода рудничного воздуха в горных выработках приведен в Инструкции по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и (или) диоксиду углерода.

При измерениях температуры и относительной влажности рудничного воздуха средства измерений располагаются в:

– стволах на расстоянии $\sqrt{R}$ от стенки ствола. Измерения проводятся не менее чем в двух точках, расположенных на расстоянии $\sqrt{R}$ друг от друга по окружности ствола;

– наклонных и горизонтальных выработках – на расстоянии от стенки, равном 0,3 ширины выработки, и на высоте от почвы, равной 0,4 высоты выработки. Измерения проводят в двух точках с каждой стороны выработки;

– выработках после слияния вентиляционных струй температура измеряется в трех точках, находящихся на одинаковом удалении друг от друга и от боковых стенок, равном 0,25 ширины выработки, и на высоте от почвы, равной 0,4 высоты выработки;

– призабойных пространствах подготовительных выработок температура измеряется на расстоянии до 5 м от конца вентиляционного трубопровода в сторону устья в трех точках, находящихся на одинаковом удалении друг от друга и от боковых стенок, равном 0,25 ширины выработки, и на высоте от почвы, равной 0,4 высоты выработки.

Значение температуры рудничного воздуха в сечении выработки определяется как среднее значение всех измерений. Порядок проведения замеров температуры и относительной влажности при кондиционировании рудничного воздуха определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты.

Порядок расчета газообильности и определения категории шахт по метану и/или диоксиду углерода

Газообильность и категория шахты по метану и/или диоксиду углерода определяются по результатам проведенных проверок состава рудничного воздуха и измерений его расхода. Для определения газообильности и установления категории шахты по метану и/или диоксиду углерода используются данные измерений индивидуальными приборами и данные си-

стемы АГК. Порядок расчета газообильности шахты по метану и/или диоксиду углерода приведен в Инструкции по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и (или) диоксиду углерода.

Абсолютная и относительная газообильности шахты определяются ежемесячно. Категория шахты по метану и/или диоксиду углерода для проектируемых шахт устанавливается проектом по природной газоносности угольных пластов и вмещающих пород. Категория шахты по метану и/или диоксиду углерода для строящихся и действующих шахт устанавливается ежегодно. Категория шахты по метану и/или диоксиду углерода на текущий год устанавливается по данным фактической относительной газообильности предшествующего года.

Расчеты газообильностей выемочных участков, крыльев, панелей, блоков, горизонтов, шахтопластов и шахты выполняются начальником участка АБ.

Техническим руководителем (главным инженером) шахты ежегодно не позднее 15 января представляются руководителю угледобывающей организации исходные сведения для установления категории шахты по метану и/или диоксиду углерода:

– расчеты газообильностей выемочных участков, крыльев, панелей, блоков, горизонтов, шахтопластов и шахты;

– сведения о категории шахты по метану и/или диоксиду углерода и ее абсолютная и относительная газообильности в предыдущем году;

– опасность шахты по взрывчивости угольной пыли;

– сведения о суфлярных выделениях метана в выработках шахты, в том числе за предшествующий год;

– сведения о внезапных выбросах угля (породы) и газа.

На основании вышеуказанных исходных сведений руководителем угледобывающей организации устанавливаются категории шахт по метану и/или диоксиду углерода. Образец оформления приказа руководителя угледобывающей организации об установлении категории шахты по метану и/или диоксиду углерода приведен в *приложении 7*. В список включаются все шахты угледобывающей организации, в том числе и негазовые.

Копия приказа руководителя угледобывающей организации об установлении категории шахты по метану и/или диоксиду углерода направляется в территориальный орган Ростехнадзора. Решение о предоставлении сведений о категории шахты по метану и/или диоксиду углерода другим организациям принимается техническим руководителем (главным инженером) шахты. Расчеты газообильностей выемочных участков, крыльев, панелей, блоков, горизонтов, шахтопластов и шахты и приказы руководителя угледобывающей организации об установлении категорий шахты по метану и/или диоксиду углерода хранятся на протяжении всего срока эксплуатации шахты.

При обнаружении метана в действующих выработках негазовой шахты шахта переводится в категорию газовых по метану, и в ней проводится контроль состояния рудничного воздуха в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и (или) диоксиду углерода.

Шахты, на которых произошел внезапный выброс угля (породы) и газа или было отмечено суфлярное выделение метана, переводятся в соответствующую категорию по метану.

Газовые шахты, разрабатывающие антрациты с объемным выходом летучих веществ менее 110 мл/т сухой беззольной массы и отнесенные к опасным по газу, по решению технического руководителя угледобывающей организации переводятся в категорию негазовых при условии, если в течение трех лет в них не обнаруживалось выделения метана.

Вопросы для самопроверки

1. Для каких газов на шахтах проводится проверка состава рудничного воздуха?
2. Для каких газов на шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию, проводится проверка состава рудничного воздуха?
3. Как часто проводятся проверки состава рудничного воздуха и замер его расхода?
4. Кому, и в какой срок направляется извещение о результатах анализа проб рудничного воздуха?
5. Куда заносятся результаты проверки состава рудничного воздуха и его расход; состава рудничного воздуха на изолированных пожарных участках; состава метановоздушной смеси в дегазационных трубопроводах и скважинах?
6. Назовите места, где проводится проверка состава рудничного воздуха.
7. Назовите порядок отбора усредненной по поперечному сечению выработки пробы рудничного воздуха.
8. Как определяются газообильность и категория шахты по метану и/или диоксиду углерода?
9. Как часто определяются абсолютная и относительная газообильности шахты?
10. Что необходимо выполнить при обнаружении метана в действующих выработках негазовой шахты; произошел внезапный выброс угля (породы) и газа или было отмечено суфлярное выделение метана?

Приложение 1

СОГЛАСОВАНО

Командир _____подразделения ВГСЧ

_____

«____» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ

Технический руководитель
(главный инженер) шахты

_____

«____» _____ 20__ г.

ПЛАН
проверки состава рудничного воздуха

Шахта
_____

Угледобывающая организация _____

На _____ квартал 20__ г.

Категория шахты по газу
_____

Пласты угля, склонного к самовозгоранию _____
_____

№ п/п	Наименование выработок и мест проверки состава рудничного воздуха	Группа	Подгруппа	Количество замеров (проб) в месяц			Определяемые газы	Примечание
				I	II	III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Начальник участка АБ
_____

«__» _____ 20__ г.

Приложение 2

АКТ-НАРЯД № _____
проверки состава рудничного воздуха

Шахта _____
Угледобывающая организация _____

Проверка состава (отбор проб) проведена _____
(должность, фамилия)
подразделения ВГСЧ (газоаналитической лаборатории)
и представителя шахты _____
(должность, фамилия)

«_____» _____ 20__ г. в _____ смену в следующих выработках:

№ п/п	Наименование выработок и мест проверки состава рудничного воздуха	Номер сосуда (пробы)	Результаты замеров концентрации газов переносными приборами, %							Температура рудничного воздуха	Примечание
			CH_4	CO_2	NO + O_2	CO					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Начальник участка АБ _____

Работник ВГСЧ (газоаналитической лаборатории) _____

Работник шахты _____

Пробы в количестве _____ сданы в лабораторию
_____
(должность, фамилия)

«_____» _____ 20__ г. в _____ час _____ мин.

Пробы принял
_____
(должность, фамилия)

Приложение 3

Подразделение ВГСЧ (газоаналитическая лаборатория) _____
_____
_____
(должность, фамилия)

ИЗВЕЩЕНИЕ
о результатах анализа проб рудничного воздуха

По акту-наряду проверки состава рудничного воздуха № _____

В шахте _____
Угледобывающая организация _____

Определение состава рудничного воздуха выполнено

«__» _____ 20_____ г. в _____ смену.

№ п/п	Наименование выработок и места отбора проб рудничного воздуха	Концентрация газов, %								Температура рудничного воздуха, °С	Примечание
		CH_4	O_2	O_2	CO	NO + O_2	H_2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Командир подразделения ВГСЧ
(Руководитель газоаналитической лаборатории) _____
(подпись)
«____» _____ 20__ г.

Лаборант
_____
(подпись)

«____» _____ 20__ г.

Приложение 4

Вентиляционный журнал

Раздел I. Режим работы вентиляторов

Вентиляционная установка

№ _____

1. Место расположения вентиляционной установки _____

2. Тип вентилятора _____

3. Диаметр рабочего колеса вентилятора _____, м.

4. Частота вращения рабочего колеса _____, $мин^{-1}$.

5. Угол установки лопаток рабочего колеса _____, град.

6. Угол установки лопаток направляющего аппарата _____, град.

7. Трудность проветривания шахты $n_{уд}$ _____, кВт с/$м^3$.

Да-та	Подача вентилято-ра, $м^3$/мин	Давле-ние даПа,	Аэродинамиче-ское сопротив-ление, даПа $с^2/м^6$	Виза и рас-поряжение главного инженера шахты	Подпись исполни-теля
1	2	3	4	5	6

Раздел II. Характеристика проветривания всей вентиляционной сети шахты и распределения рудничного воздуха по выработкам

Дата замера расхода и проверки состава рудничного воздуха	Поступающая струя					Исходящая струя				Содержание в рудничном воздухе, %					Температура по сухому термометру, °С, относительная влажность, %	Замечания технического руководителя (главного инженера) шахты или начальника участка
	Место замера расхода рудничного воздуха	Сечение выработки в месте замера, м^2	Скорость твоздушной струи, м/с	Расход рудничного воздуха, м^3/мин.	Температура руничного воздуха по сухому термометру, °С, относительная влажность, %	Место замера расхода и проверки состава рудничного воздуха	Сечение выработки в месте замера, м^2	Скорость воздушной струи, м/с	Расход рудничного воздуха, м^3/мин.	CH_4/H_2	CO_2	O_2	CO	H_2S/SO_2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Раздел III. Характеристика проветривания тупиковых выработок

Наименование выработки	Дата проверок состава рудничного воздуха после взрывных работ	Дата плановых проверок состава и замеров расхода рудничного воздуха	Площадь поперечного сечения выработки, $м^2$	Длина тупиковой части выработки, м	Количество одновременно расходуемого взрывчатого вещества, кг (в числителе- по углю, в знаменателе – по породе)	Расход рудничного воздуха, $м^3$/мин			Подача вентилятора местного проветривания, $м^3$/мин.	Содержание, %						Концентрация CO, NO_2 и оксидов азота, пересчитанная на условный оксид углерода, %	Время проветривания, по истечении которого люди допускаются к забоям выработок после взрывных работ, мин.	Замечания технического руководителя предприятия и подпись начальника участка
						поступающего в призабойное пространство выработки	исходящего из забоя тупиковой выработки	поступающего к месту установки вентилятора местного проветривания		CH_4	CO_2	O_2	CO	NO_2	Оксид азота (в перерасчете на NO_2)			
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Приложение 5

КНИГА
наблюдений за пожарными участками и проверки
состояния изолирующих сооружений

Шахта
_____

Угледобывающая организация _____
_____

Состояние перемычек				Состав газов, %							
дата	местонахождение перемычки, №	состояние перемычки	температура рудничного воздуха за перемычкой, °С	CH_2	CH_4	CO	O_2	H_2	C_2H_2	C_2H_4	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Приложение 6

ЖУРНАЛ
учета работы дегазационных скважин

Скважина № _____
Назначение скважины _____
Место заложения (выработка, камера) _____

Параметры скважин: _____
направление (углы возвышения и разворота) _____
длина, м _____
диаметр, мм _____
длина герметизации устья, м _____
Дата начала бурения скважины _____
Дата окончания бурения скважины _____
Дата подключения скважины к трубопроводу _____
Дата отключения скважины _____

Результаты замера:

№ п/п	Дата	Разрежение в газопроводе у скважины, мм рт. ст.	Перепад давлений на диафраг-ме, мм рт. ст. (мм вод.ст.)	Концентра-ция метана всмеси, %	Расход, $м^3$/мин		Подпись лица, проводивше-гозамер
					смеси	метана	
1	2	3	4	5	6	7	8

Начальник участка дегазации _____

Начальник участка АБ _____

Приложение 7

ПРИКАЗ

На основании материалов по проверке газообильности шахт за 20__год приказываю:
установить для шахт _____
(угледобывающая организация)
следующие категории по метану и/или диоксиду углерода:

№ п/п	Шахта	Категория на предыдущий 20__ г.	Средняя абсолютная газообильность шахты с учетом каптируемого метана, $м^3$/мин.		Среднегодовой расход метана, отсасываемый дегазацией и газоотсасывающими вентиляторами, $м^3$/мин.	Средняя суточная добыча шахты в течение года, т	Относительная газообильность шахт, $м^3$/т		Опасность по пыли	Имеют ли место суфлярные выделения метана	Опасность по внезапным выбросам	Установленная категория по метану на 20__ г.	Установленная категория по диоксиду углерода на 20__ г.
			по метану	по диоксиду углерода			по метану	по диоксиду углерода					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Руководитель угледобывающей организации _____
(Ф.И.О., подпись)

3.3. Контроль рудничной атмосферы. Контроль рудничного воздуха в горных выработках индивидуальными приборами

Цель работы: получить навыки по контролю состава рудничного воздуха.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;
2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на вопросы с. 94.

Контроль рудничной атмосферы

При контроле рудничной атмосферы измеряют концентрацию метана, кислорода, диоксида углерода и других вредных газов, содержание пыли в рудничном воздухе, расход, температуру и относительную влажность рудничного воздуха. Технический руководитель (главный инженер) шахты организует контроль состояния рудничной атмосферы в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и/или диоксиду углерода. При контроле состояния рудничной атмосферы проводят оценку качества рудничного воздуха и соответствия его фактического распределения по горным выработкам шахты распределению, определенному проектной документацией и документацией по ведению горных работ.

Измерения концентрации газов, скорости, температуры и относительной влажности рудничного воздуха выполняют переносными и стационарными средствами измерений утвержденного типа, прошедшими поверку.

На газовых шахтах должен быть организован контроль содержания метана у проходческих и выемочных комбайнов приборами, обеспечивающими автоматическое отключение электрической энергии на проходческих и выемочных комбайнах при превышении концентрации метана в местах установки приборов их предаварийных установок.

Для контроля состояния рудничной атмосферы газовых шахт персонал обеспечивают шахтными головными светильниками со встроенными в них сигнализаторами метана. Персонал, ведущий работы в тупиковых горных выработках и лавах и в горных выработках с исходящими вентиляционными струями газовых шахт обеспечивают переносными индивидуальными и (или) групповыми приборами измерений метана, кислорода и оксида углерода. Сигнализаторы метана, встроенные в шахтные головные светильники, должны сигнализировать о превышении концентрации метана в рудничной атмосфере более 2 %. Результаты замеров метана, кислорода и оксида углерода переносными средствами измерения сохраняют в системе аэрогазового контроля (АГК).

Порядок контроля метана, кислорода и оксида углерода переносными средствами измерения определяет технический руководитель (главный инженер) шахты.

Порядок измерения расхода воздуха в горных выработках шахты определяет технический руководитель (главный инженер) шахты. Во всех местах измерения расхода воздуха устанавливают аншлаги, на которых указывают дату проведения измерения, площадь поперечного сечения горной выработки в месте проведения измерения, скорость воздушной струи, расчетный и фактический расходы воздуха.

В действующих горных выработках шахты в соответствии с проектом АГК устанавливают стационарные технические средства, предназначенные для реализации функций системы АГК. Использование в системе АГК переносных средств измерений должно быть определено проектом АГК. Контроль содержания метана при взрывных работах в подземных горных выработках угольных шахт, осуществляют в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Руководители и специалисты шахты при посещении горных выработок шахты выполняют замеры содержания метана, кислорода, оксида и диоксида углерода. При выявлении недопустимого содержания метана, кислорода, оксида и диоксида углерода в горных выработках шахты руководители и специалисты угледобывающей организации действуют в порядке, установленном Инструкцией по разгазированию горных выработок, расследованию, учету и предупреждению загазирований.

Результаты измерений концентрации метана и диоксида углерода в местах их замера фиксируют в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и /или диоксиду углерода, в нарядах-путевках, оформленных в соответствии с порядком выдачи заданий на производство горных работ и порядком допуска работников угледобывающей организации к выполнению нарядов, утвержденных руководителем шахты. Специалисты структурных подразделений, дающие наряд, и специалист, утверждающий наряд по шахте, должны быть ознакомлены с результатами контроля состояния рудничной атмосферы.

Загазирования горных выработок подлежат расследованию и учету в соответствии с Инструкцией по разгазированию горных выработок, расследованию, учету и предупреждению загазирований. Сведения о превышении допустимой концентрации метана передают в территориальные органы Ростехнадзора и Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС).

Порядок контроля рудничного воздуха в горных выработках индивидуальными приборами

Специалистами шахты для контроля концентраций метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе используются индивидуальные (эпизодического и/или непрерывного действия) приборы контроля данных газов. Порядок использования индивидуальных приборов эпизодического или непрерывного действия определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты.

Рабочими и специалистами шахты используются закрепленные за ними индивидуальные приборы контроля. При проведении технического обслуживания закрепленного за рабочим или специалистом индивидуального прибора контроля ему выдается прибор контроля, закрепленный за другим рабочим или специалистом шахты. Работниками шахты, осуществляющими выдачу специалистам шахты приборов контроля, ведется учет выдаваемых ими приборов. Рабочими, ведущими работы в тупиковых и очистных выработках и в выработках с исходящими вентиляционными струями, для контроля концентраций метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе используются индивидуальные приборы контроля данных газов. При работе группы рабочих в одном месте используются групповые приборы. Групповые приборы контроля за работниками шахты не закрепляются.

В негазовых шахтах контроль концентрации метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода групповыми или индивидуальными приборами контроля осуществляется:

– в призабойных пространствах подготовительных выработок;

– в исходящих струях очистных забоев и выемочных участков;

– у выемочных машин в случаях, если выемочные машины не оборудованы встроенными автоматическими приборами контроля концентрации метана;

– в погашаемых тупиках вентиляционных выработок.

В газовых шахтах контроль концентрации метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода осуществляется индивидуальными или групповыми приборами:

– в призабойных пространствах подготовительных выработок;

– в местах работы людей в выработках с исходящей струей рудничного воздуха;

– у выемочных машин в случаях, если выемочные машины не оборудованы встроенными автоматическими приборами контроля концентрации метана;

– на электровозах;

– у буровых станков при бурении скважин.

Контроль концентрации метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода групповыми приборами контроля в местах ведения горных

работ не проводится в местах установки стационарной аппаратуры контроля метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода или при наличии у всех рабочих, выполняющих данные работы, индивидуальных приборов контроля этих газов. В выработках с исходящей струей рудничного воздуха и на электровозах контроль концентрации метана групповыми приборами не проводится при наличии у рабочих, работающих в указанных выработках, и у машиниста электровоза индивидуальных сигнализаторов метана, совмещенных с головным светильником, или индивидуальных приборов контроля концентрации метана.

Групповые приборы для контроля содержания метана должны располагаться:

– в подготовительных выработках – в верхней части сечения выработки в 3-5 м от забоя на противоположной от вентиляционного трубопровода стороне выработки;

– в очистных выработках – на пологих и наклонных пластах у корпуса комбайна со стороны исходящей струи, на крутых пластах – в месте нахождения машиниста, при дистанционном управлении комбайном – у кровли сопряжения очистной выработки и выработки с исходящей из очистной выработки вентиляционной струей, на стороне, противоположной очистной выработке;

– на исходящих струях выемочных участков – у кровли выработок в местах работы людей;

– у буровых станков – на расстоянии не более 1 м от буримой скважины по направлению движения вентиляционной струи у кровли выработки.

Для контроля диоксида углерода групповые приборы располагаются в нижней части выработки, для контроля оксида углерода и кислорода – в середине выработки. Групповые приборы контроля подвешиваются так, чтобы воздушный поток подходил со стороны, противоположной лицевой панели прибора.

Техническим руководителем (главным инженером) шахты ежеквартально утверждается перечень мест и периодичность проведения контроля содержания метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе индивидуальными и групповыми приборами.

Периодичность контроля содержания метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе устанавливается:

– для негазовых шахт у забоев действующих тупиковых выработок, стволов, в исходящих вентиляционных струях тупиковых и очистных выработок и выемочных участков при отсутствии в данных выработках стационарных датчиков систем АГК, контролирующих в непрерывном режиме концентрацию метана, не менее трех раз в смену специалистами и рабочими технологических участков. Один из замеров выполняется в начале смены. Не реже одного раза в сутки контроль проводится специалистом

участка АБ;

– для газовых шахт и негазовых шахт, контролирующих в непрерывном режиме концентрацию метана стационарными датчиками систем АГК, у забоев действующих тупиковых выработок, стволов, в исходящих вентиляционных струях тупиковых и очистных выработок и выемочных участков не менее двух раз в смену специалистами и рабочими технологических участков. Один из замеров выполняется в начале смены. Не реже одного раза в сутки контроль проводится специалистом участка АБ;

– в поступающих в тупиковые и очистные выработки вентиляционных струях, в тупиковых и очистных выработках, где не ведутся работы, и их исходящих струях, в исходящих струях крыла, панели, блока, горизонта, шахтопласта и шахт, а также на пластах, где выделение метана не наблюдалось, и в прочих выработках контроль состояния рудничного воздуха осуществляется специалистом технологического участка и участка АБ не реже одного раза в сутки;

– в машинных камерах замеры концентрации метана выполняются не реже одного раза в смену сменными специалистами участков или работниками, обслуживающими камеры, и не реже одного раза в сутки специалистами участка АБ.

Контроль содержания метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе индивидуальными приборами контроля проводится в местах установки стационарных датчиков систем АГК. Начальником технологического участка (его заместителем или помощником) определяется конкретный работник участка для контроля метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе в течение смены. Результаты измерений индивидуальными приборами контроля, выполненных специалистами технологических участков и участка АБ, заносятся на аншлаги результатов контроля состава рудничного воздуха, установленные в горных выработках шахты в местах проведения контроля.

Аншлаги результатов контроля состава рудничного воздуха изготавливаются по образцу, приведенному в *приложении 1*. Аншлаги результатов контроля состава рудничного воздуха устанавливаются в призабойных пространствах подготовительных выработок, в исходящих струях очистных и подготовительных выработок, выемочных участков, крыла, панели, блока, горизонта, шахтопласта, шахт и в поступающих на выемочные участки вентиляционных струях.

В выработках газовых шахт, в которых возможно образование местных скоплений метана, а также на участках выработок, опасных по слоевым скоплениям, специалистами шахты осуществляется контроль содержания метана. На газовых шахтах ежеквартально техническим руководителем (главным инженером) утверждается перечень участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана.

Перечень участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана, составляется начальником участка АБ и геологом шахты. Образец оформления перечня участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана, приведен в *приложении 2*. Срок хранения перечня участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана, – 1 год. В перечне участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана, указываются места выполнения замеров метана с целью обнаружения его слоевых скоплений.

Горно-геологические и горнотехнические условия, при которых участок выработки относится к участкам, опасным по слоевым скоплениям метана, и места замеров метана приведены в *приложении 3.*

В случае изменения горно-геологических и горнотехнических условий в перечень участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана, в течение суток вносятся необходимые поправки и дополнения.

Замеры концентрации метана в соответствии с перечнем участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана, выполняются специалистами технологических участков не менее трех раз в смену, специалистами участка АБ – не реже одного раза в сутки.

Измерения концентрации метана с целью обнаружения его слоевых скоплений проводятся в сечении выработки в 5 см от кровли (крепи) выработки:

– в призабойных пространствах выработок – в 5 см от забоя у кровли, а также в 20 см от забоя на расстоянии 5 см ниже затяжек кровли;

– на участках длиной 200 м, примыкающих к очистным и подготовительным забоям, – в куполах за крепью. Контроль содержания метана в куполах проводится в 5 см от пород кровли. В куполах, имеющих высоту более 1 м, замеры проводятся на расстоянии 1 м выше затяжек кровли;

– на сопряжении лавы с выработкой с исходящей струей рудничного воздуха – под кровлей выработки у решетки, предотвращающей доступ в выработанное пространство, у борта выработки, противоположного выходу из лавы, – в 5 см от затяжек кровли выработки;

– у изолирующих перемычек – в верхней части перемычки на расстоянии 5 см от нее. Перечень перемычек, изолирующих выработки, и периодичность замеров метана у них определяется техническим руководителем (главным инженером) шахты;

– у бутовых полос (органного ряда) в выработках, поддерживаемых в выработанном пространстве, – в 5 см от затяжек боковой стенки выработки в верхней части бутовой полости; в условиях крутых пластов – у почвы выработки над бутовой полосой;

– у открытых скважин – на расстоянии не более 5 см от устья по направлению движения вентиляционной струи и в 5 см от обнаженной поверхности пласта;

– около работающих выемочных машин – на расстоянии не ближе

5 м и не далее 10 м по ходу вентиляционной струи в 5 см от угольного пласта под кровлей;

– в верхних нишах лав – в кутках ниш в 5 см от забоя;

– в бутовых штреках – у забоев штреков в 5 см от пород кровли;

– в призабойном пространстве лав – у нижней кромки бутовых полос под вентиляционными штреками в 5 см от породной стенки;

– в газоотводящем трубопроводе при изолированном отводе метана из выработанного пространства за пределы выемочного участка у вентилятора;

– на выходе из смесительной камеры в 5 см от решетки;

– в выработках, проводимых по углю или породе с помощью буровзрывных работ, при наличии на участках протяженностью 20 м от забоя отдельных куполов за крепью, не заложенных или не полностью заложенных породой или другими негорючими материалами, перед заряжением шпуров и взрыванием зарядов – в 5 см от пород кровли;

– в выработках, проводимых по завалу с помощью буровзрывных работ перед заряжением шпуров и взрыванием зарядов, – в пустотах за затяжками крепи на участках протяженностью 20 м, прилегающих к забоям выработок. Измерения концентрации метана в пустотах за крепью выполняются на расстоянии 0,5-1 м выше затяжек через 2-2,5 м, начиная от забоя выработки.

При измерении концентраций метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода индивидуальными приборами газопроницаемый вход прибора удерживается в одной точке. Минимальное время нахождения прибора в одной точке определяется временем установления показаний прибора, приведенного в его технической документации. Для измерений концентраций метана в верхних частях выработок и в других труднодоступных местах индивидуальные приборы оснащаются устройствами для дистанционной подачи рудничного воздуха от места измерения в газопроницаемый вход прибора.

При определении средней концентрации газов в рудничном воздухе проводящий замеры работник располагается посередине выработки против движения воздушной струи. Замеры проводятся в центре поперечного сечения выработки. В призабойных пространствах очистных и подготовительных выработок состав рудничного воздуха определяется максимальными концентрациями газов, полученными при проведении измерений.

Измерения проводятся под кровлей выработки, в центре поперечного сечения и у почвы.

Измерение содержания метана с помощью индивидуальных приборов в горных выработках с исходящей из очистной выработки вентиляционной струей проводится в 10-20 м от очистного забоя по направлению движения воздушной струи. Определение содержания метана в исходящей струе участка проводится в вентиляционной выработке у границы выемоч-

ного участка в 10-20 м от ходка, уклона, бремсберга, промежуточного квершлага. Измерение содержания метана в поступающей в очистную выработку струе проводится на входе в выработку.

Приборы, используемые для проверки состава, расхода, температуры и относительной влажности рудничного воздуха

В части 2 методических указаний «Контроль рудничной атмосферы» был приведен порядок проверки состава, расхода, температуры и относительной влажности рудничного воздуха.

Рассмотрим приборы контроля, которые используют для измерения состава, расхода, температуры и относительной влажности рудничного воздуха.

Переносной цифровой рудничный крыльчатый анемометр АПР-2

Для измерения скорости воздуха используют различные приборы, в основном отечественные шахты и рудники используют анемометр АПР-2, реже встречаются другие.

Переносной взрывозащищённый цифровой рудничный крыльчатый анемометр АПР-2 (см. рис.1) предназначается для измерений средней скорости движения воздушных потоков в шахтах и рудниках всех категорий, в системе промышленной вентиляции, при метеорологических замерах на суше или море.



Рис.1.

Общий вид прибора с футляром показан на рис. 2. Корпус анемометра АПР-2 изготовлен из ударопрочной пластмассы, на внешней панели корпуса находится панель управления (1) и цифровой индикатор (2). В корпусе устройства зафиксирована выдвижная трубчатая штанга (3), на которой при помощи унифицированного разъёма и накидной гайки закреплён сменный первичный тахометрический преобразователь. Когда первичный преобразователь находится в нерабочем положении, он задвигается в специальную нишу корпуса устройства, что защищает его от повреждений.

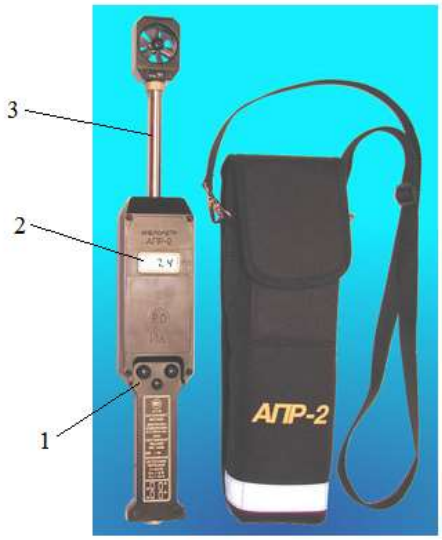


Рис.2. Общий вид прибор АПР-2

Работает устройство по тахометрическому принципу, преобразовывает скорость воздушных потоков в частоту электрического сигнала при помощи металлической крыльчатки, угловая скорость вращения которой линейно зависит от скорости набегающего потока воздуха. При этом лопасти пересекают магнитное поле катушки индуктивности и вносят в неё активные потери, что формирует последовательность импульсов напряжения, частота следования которых линейно связана со скоростью воздушного потока. Средняя скорость потока воздуха вычисляется как частное от деления суммы числа импульсов напряжения первичного преобразователя, образовавшийся за время измерения, на сумму числа импульсов тактового генератора, являющуюся числовым выражением длительности измерительного интервала, который может быть произвольным в диапазоне от 1 до 5994 секунд.

При этом можно произвести не более шести замеров последовательно, каждый может быть продолжительностью по 999 секунд, сохранить результаты измерений в памяти прибора и определить средневзвешенную скорость по времени из числа выполненных измерений.

Достоинства АПР-2:

– наличие показаний секундомера на дисплее во время замера;

– цифровая индикация результата замера с точностью до второго знака после запятой;

– сигнализация на дисплее о разряде источника питания и недостоверности замеров;

– осуществление измерений в выработках большого сечения, труднодоступных местах и системах промышленной вентиляции при выдвинутой из корпуса прибора телескопической штанге;

– возможность установки дополнительного удлинителя штанги длиной до 3 м;

– надёжная защита измерительного преобразователя (головка с крыльчаткой), убранного в корпус прибора вместе с телескопической штангой, в нерабочем состоянии;

– съёмный первичный преобразователь, поставляемый дополнительно по заявке потребителя, позволяет производить его замену самостоятельно.

Основные технические характеристики прибора АПР-2 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики	Значения
Диапазон измерений, м/с	0,1 – 20,0; 0,1 – 42,0
Источник питания	4 элемента типа А316
Продолжительность непрерывной работы без замены элементов питания, ч	750
Степень защиты от воздействия внешней среды	IP 54
Уровень защиты	РОИа (Ex ia ITI)
Определение средней скорости за интервал времени, с	от 1 до 5994
Габаритные размеры, мм	310×70×55
Габаритные размеры головки с крыльчаткой, мм	60×40×25
Диаметр крыльчатки, мм	35
Масса, кг	0,56
Длина телескопической штанги, мм	200
Возможность установки удлинителя штанги, м	3
Диапазон рабочих температур, СС	–20 – +60

Термометры электронные ТГО-2и ТГО-2МП

Термометр электронный ТГО-2 и ТГО-2МП применяется для измерений температуры и относительной влажности воздушно-газовой среды в угольных шахтах, опасных по газу метан и пыли. Эти приборы просты в эксплуатации и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к взрывозащищённому электрооборудованию группы I (рудничное) (по ГОСТ Р 52350.0) с видом взрывозащиты – искробезопасная электрическая цепь ia (по ГОСТ Р 52350.10), маркировка РО Exial.

Общий вид прибора представлен на рис. 3. Термометр представляет собой электронный блок (1) с встроенным датчиком влажности и выносным датчиком температуры (2), соединенным посредством разъёма. Датчик температуры выполнен в виде миниатюрного зонда, с коррозийно-устойчивым покрытием, соединённым с разъёмом стальной пружиной.



Рис. 3. Общий вид термометра ТГО-2МП

Принцип действия термометра основан на преобразовании измеренных температуры и относительной влажности в электрические сигналы напряжений постоянного тока. Электрические сигналы при помощи АЦП преобразуется в цифровые коды, которые обрабатываются микропроцессорной системой, после чего полученные значения измеряемых величин температуры или влажности отображается на символьном дисплее. По желанию оператора, информация о двадцати результатах измерения температуры и относительной влажности может быть занесена в память. С результатами измерений температуры и влажности фиксируется технологическое время момента записи информации в память. Основные технические характеристики прибора ТГО-2МП приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики	Значения
Нижняя граница диапазона измерений температуры, не более,°С	0
Верхняя граница диапазона измерения температуры,°С	
с встроенным датчиком, не менее, С	+45
с удлинителем, не менее,°С	+100
Интервал времени установления показаний, не более, мин:	
– для датчика температуры	2
– для датчика влажности	3
Пределы допускаемой основной погрешности (точность измере более, °С	±0,5

Нижняя и верхняя граница диапазона измерений относительной влажности, %	10-100
Время установления рабочего режима при включении, не более, сек.	20
Продолжительность хранения записанной в память термометра информации при выключенном источнике питания, не менее, ч	24
Габаритные размеры корпуса прибора, не более, мм	135 х 75 х 35
Продолжительность непрерывной работы без подсветки, не менее, ч	150
Масса прибора с чехлом без удлинителя не более, г	300

Переносной шахтный газоанализатор метана АМТ-03

Газоанализатор – измерительный прибор для определения качественного и количественного состава смесей газов. Различают газоанализаторы ручного действия и автоматические. Среди первых наиболее распространены абсорбционные газоанализаторы, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами. Автоматические газоанализаторы непрерывно измеряют какую-либо физическую или физико-химическую характеристику газовой смеси или её отдельных компонентов.

Газоанализаторы используются для замера углекислого (CO_2) и угарного газа (CO), водорода (H_2), фтористого водорода (HF), сероводорода (H_2S), аммиака (NH_3), метана (CH_4), продуктов нефтепереработки и других газообразных веществ.

Портативный анализатор CH_4 (метана) АМТ-03 предназначен для шахт, позволяет непрерывно контролировать % объемных CH_4 (метана) в воздухе угольных шахт, горных выработок, имеющих взрывоопасные газы и пыль. Выдает сигнализацию при достижении концентрации установленных порогов. Общий вид прибора представлен на рис.4, внешний вид прибора – рис. 5.

Область применения: контроль атмосферы шахт, горно-обогатительных комбинатов.

Способ забора пробы – диффузионный.

Принцип действия – термохимический в диапазоне измерения от 0 до 2,5 % об., термокондуктометрический в диапазоне измерения от 5 до 100 % об.

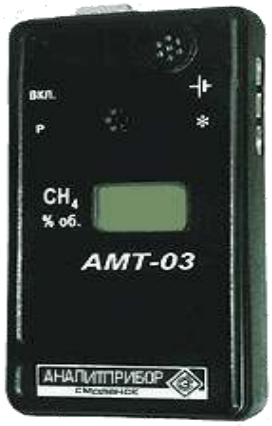


Рис. 4. Общий вид прибора АМТ-03

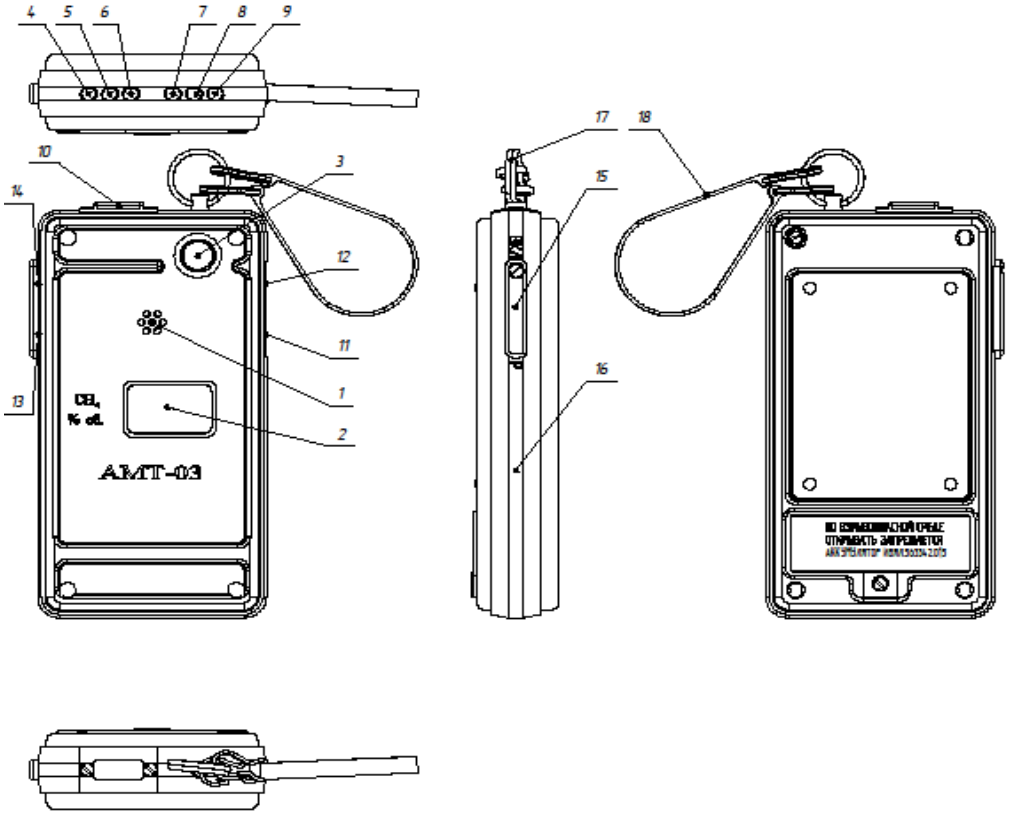


Рис. 5. Внешний вид прибора АМТ-03:

1 – акустический излучатель; 2 – жидкокристаллический индикатор; 3 – термохимический датчик; 4 – клемма контроля напряжения аккумуляторной батареи; 5 – клемма зарядного тока аккумуляторной батареи; 6 – клемма общего вывода; 7 – клемма внешнего включения; 8 – клемма связи с ЭВМ X1; 9 – клемма связи с ЭВМ X2; 10 – индикаторы единичные (красный – превышение порога сигнализации, зеленый – разряд аккумуляторной батареи); 11 – кнопка включения подсветки; 12 – кнопка выбора параметров; 13 – кнопка выбора режимов; 14 – кнопка включения; 15 – крышка; 16 – основание; 17 – кольцо; 18 – ремень

Основные технические характеристики прибора АМТ-03 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики	Значения
Диапазоны показаний, % об.	0–100
Уровень звукового давления, дБ, не менее	70
Время прогрева, мин, не более	2
Время работы без подзарядки, ч, не менее	10
Время срабатывания сигнализации, с, не более	20
Температура окружающей среды, °С	–10 – +40
Относительная влажность, %	до 90
Степень защиты корпуса	IP54
Габаритные размеры, мм, не более	130×70×26
Срок службы, лет, не менее для датчика	4 1,5

Достоинства:

– возможность подключения к персональному компьютеру для просмотра и анализа записанной информации;

– хранение информации о концентрации за предыдущие 14 часов;

– два перестраиваемых порога;

– световая и звуковая сигнализация о превышении установленной ДВК;

– наличие сигнализации разряда аккумуляторной батареи;

– исполнение рудничное взрывозащищенное с маркировкой «РОИ аС»;

– малые габариты и масса.

Шахтный интерферометр ШИ-11

Интерферометр шахтный типа ШИ-11 представляет собой переносной прибор, который предназначен для определения концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе действующих проветриваемых горных выработок шахт. Прибором могут пользоваться вентиляционный надзор шахт и работники добычных участков для контроля рудничной атмосферы.

Конструкция прибора обеспечивает:

– автоматическую установку газовоздушной камеры из положения «контроль» в положение «измерение»;

– установку микровинтом интерференционной картины в нулевое положение непосредственно в шахте.

Принцип работы

Действие прибора ШИ-11 основано на измерении смещения интерференционной картины, происходящего вследствие изменения состава исследуемого рудничного воздуха, который находится на пути одного из двух лучей, способных интерферировать. Величина смещения пропорциональна разности между показателями преломления света исследуемой газовой смеси и атмосферного воздуха.

Интерференционная картина имеет одну белую ахроматическую полосу, ограниченную двумя черными (темными) полосами (с окрашенными краями). Исходное (нулевое) положение интерференционной картины фиксируется путем совмещения левой черной (темной) полосы с нулевой отметкой неподвижной шкалы. Шкала прибора с равномерными делениями градуирована в процентах (по объему). Цена деления шкалы 0,2 % CH_4. Отметки шкалы через целые деления обозначены цифрами от 0 до 6.

Основные технические характеристики прибора приведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики	Значения
Диапазон измерения объемной доли, % метана (CH_4) углекислого газа (CO_2)	 от 0 до 6 от 0 до 6
Температурный диапазон	–10°С до +40°С
Габаритные размеры, мм длина ширина высота	 115 54 184
Вес прибора, кг	1,45
Время определения метана и углекислого газа, мин	0,5
Исполнение прибора рудничное искробезопасное	РО, $И_а$

Устройство прибора ШИ-11

Интерферометр имеет литой силуминовый корпус, в котором смонтированы все детали прибора.

Общий вид прибора без футляра показан на рис. 6.

На корпусе прибора размещены:

– штуцер 1 для засасывания в прибор рудничного воздуха;

– распределительный кран 2;

– окуляр 3;

– штуцер с фильтром 4, на который надевается трубка резиновой груши;

– винт 5 для перемещения интерференционной картины;

– кнопка «К» 6 для перемещения газовоздушной камеры в положение «К» – контроль (надписи – «И» и «К» нанесены на крышках кнопок);

– кнопка «И» 7 включения лампы для измерения;

– патрон с лампой 8;

– крышка отделения с поглотительным патроном 9.

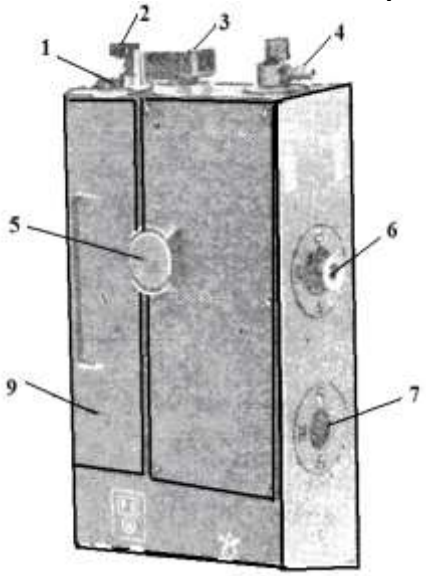


Рис. 6. Общий вид интерферометра

Внутри корпус прибора разделен перегородками на три отделения. В первом отделении размещаются оптические детали прибора.

Оптическая схема прибора

В оптическую схему (см. рис. 7 а, б) входят:

– лампа накаливания Л;

– конденсорная линза К;

– плоскопараллельная пластина (зеркало) 3;

– подвижная газоноздушная камера А, имеющая три сквозных полости – 1, 2, 3, ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинками 4;

– призма полного внутреннего отражения П;

– призма полного внутреннего отражения $П_1$;

– зеркало $З_1$;

– зрительная труба с объективом ОБ, окуляром ОК и щелевой диафрагмой с отсчетной шкалой С.

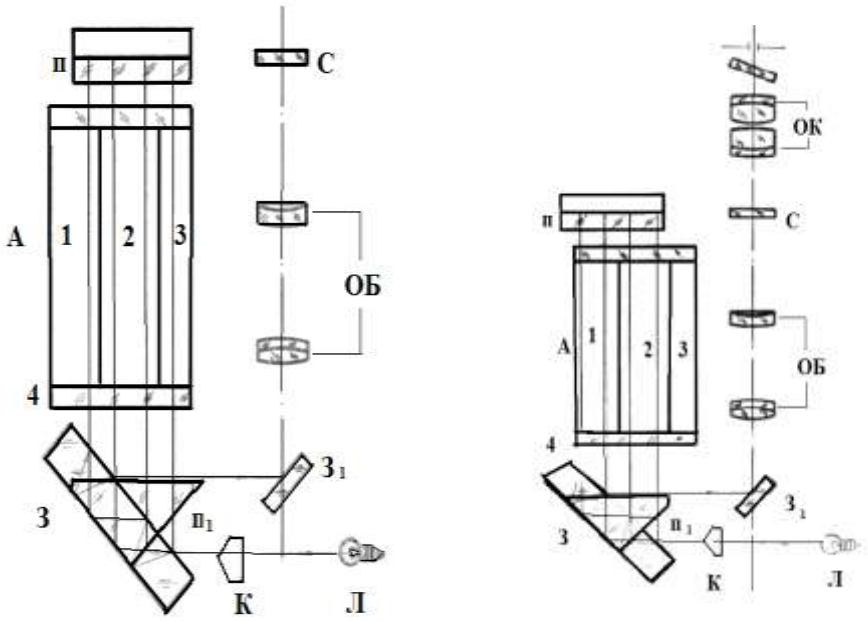
На рис. 7 а, показан ход лучей при определении содержания метана или углекислого газа. В этом случае свет от лампы накаливания Л проходит через конденсорную линзу К и параллельным пучком падает на зеркало З, где пучок света разлагается на два интерферирующих луча.

Первый луч света отражается верхней гранью зеркала З, проходит по полостям 1 и 3 газовоздушной камеры, которые заполнены чистым атмо-

сферным воздухом, отражается призмами П, $П_1$, и после двукратного прохождения по полостям 1 и 3 выходит из камеры.

Второй луч света, отразившись от нижней посеребренной грани зеркала З и преломившись на его верхней грани, проходит через полость 2 газовоздушной камеры, заполненной рудничным воздухом, после отражения призмами П, $П_1$ и четырехкратного прохождения полости 2 выходит из нее.

Оба луча света, выйдя из камеры, попадают на зеркало З и, отраженные его верхней и нижней гранями, сходятся в один световой пучок, который зеркалом $З_1$ отклоняется под прямым углом и направляется в объектив ОБ.



а б

Рис. 7. Оптическая схема прибора

Выйдя из объектива ОБ, пучок света проходит через щелевую диафрагму с отсчетной шкалой С в окуляр ОК, через который наблюдается интерференционная картина. При этом интерферирующие лучи проходят через разные газовоздушные среды, в результате чего происходит смещение интерференционной картины относительно нулевой отметки шкалы. По величине смещения интерференционной картины, которое пропорционально концентрациям газа, производится определение процентного содержания метана и углекислого газа.

На рис. 7 б, показан ход лучей при установке и проверке нулевого положения интерференционной картины. В этом случае свет от лампы Л проходит через конденсорную линзу К и параллельным пучком падает на зеркало З, где пучок света разделяется на два интерферирующих луча.

Оба луча света, отразившись от верхней и нижней граней зеркала, дважды проходят через полости 1 и 2 газовоздушной камеры в результате отражения катетными гранями призм П и $П_1$.

Затем оба луча света попадают на зеркало З, отражаются его нижней и верхней гранями и сходятся в один световой пучок, который зеркалом $З_1$ отклоняется под прямым углом и направляется в объектив ОБ. Верхняя линза объектива выполнена подвижной, что дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нулевое положение.

Выйдя из объектива ОБ, пучок света проходит через щелевую диафрагму с отсчетной шкалой С и попадает в окуляр ОК. В этом случае па пути интерферирующих лучей находятся полости 1 и 2 газовоздушной камеры. Так как оптическая длина пути обоих интерферирующих лучей света одинакова, независимо от того, будет ли в газовой полости 2 газовоздушной камеры воздух или газ, интерференционная картина смещаться не будет, т. е. останется в исходном нулевом положении.

Во втором отделении (рис. 8) находится лабиринт 2, представляющий собой катушку с намотанной па ней трубкой из полихлорвинила. Здесь же помещается сухой элемент 1 типа 343 для питания лампы. Эта часть отделения прибора закрывается выдвижной крышкой 3.

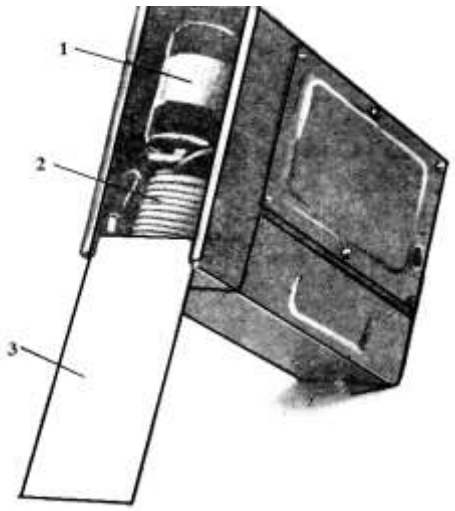


Рис. 8. Вид второго отделения прибора

В третьем отделении корпуса прибора (рис. 9) размещен поглотительный патрон 1. Здесь же находится штуцер 2, на который надевается трубка резиновой груши при заполнении воздушной линии чистым атмосферным воздухом. После прокачки воздушной линии прибора штуцер закрывается резиновым колпачком 3.

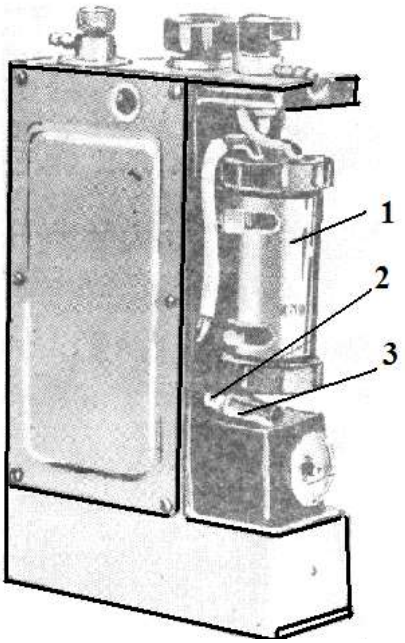


Рис. 9. Вид третьего отделения прибора

Газовоздушная схема

Газовоздушная схема прибора (рис. 10) состоит из двух обособленных друг от друга линий – газовой и воздушной.

В газовую линию прибора входят:

– распределительный кран 4, предназначенный для изменения направления движения газовой смеси в зависимости от определяемого газа (метан или углекислый газ);

– поглотительный патрон 5, разделенный на две части. Одна часть патрона заполняется химическим поглотителем известковым (ХПИ) для поглощения углекислого газа из газовой смеси, другая часть – гранулированным силикагелем марок КСК, КСМ для поглощения паров воды. Обе части поглотительного патрона имеют фильтры для улавливания пыли и разделены клапаном;

– соединительные резиновые трубки 8;

– газовая полость 2 газовоздушной камеры.

В воздушную линию прибора входят:

– штуцер 6;

– соединительные резиновые трубки 8;

– воздушные полости 1 и 3 газовоздушной камеры;

– лабиринт 7, который предназначен для поддержания в воздушной линии прибора давления, равного атмосферному давлению и сохранения чистого атмосферного воздуха. При определении метана рудничный воздух через распределительный кран попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное ХПИ.

Затем рудничный воздух, очищенный от углекислого газа, по соединительной трубке попадает в отделение поглотительного патрона, запол-

ненное силикагелем. Далее рудничный воздух, очищенный от углекислого газа, паров воды и пыли, попадает в полость 2 газовоздушной камеры, откуда через резиновую грушу выходит в атмосферу.

При определении углекислого газа рудничный воздух через распределительный кран и соединительную трубку попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное силикагелем. Очищенный от влаги и пыли рудничный воздух попадает в полость 2 газовоздушной камеры. Направление движения атмосферного воздуха и рудничного воздуха при засасывании их в прибор показано на рис. 10 стрелками.

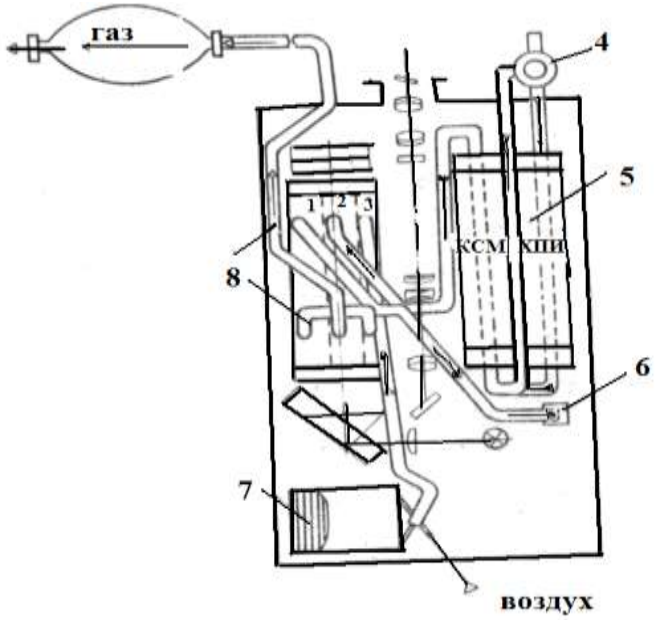


Рис. 10. Газовоздушная схема прибора

Подготовка прибора к работе

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе. Перед началом эксплуатации прибора (особенно после длительного хранения) необходимо *проверить работоспособность поглотительного патрона.* В случае необходимости (прибор дает заниженные показания) сменить силикагель и ХПИ в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Во избежание заклинивания распределительного крана не реже одного раза в месяц необходимо на его внутренние поверхности наносить вакуумную смазку.

Проверить исправностьрезиновой груши. Для этого необходимо сжать грушу рукой и, зажав конец ее резиновой трубки, проследить, как быстро расправляется груша в разжатой руке. Резиновая груша, пригодная для работы, не должна расправляться. В случае быстрого расправления груши ее следует заменить.

Проверить герметичность газовой линии прибора. Для этого резиновую трубку груши надеть, на штуцер 4 (см. рис. 6), закрыть плотно штуцер и произвести сжатие груши. Газовая линия герметична, если после

разжатия руки груша не расправляется. При быстром расправлении необходимо найти и устранить неисправность прибора.

*Проверить герметичность пробозаборника.*Для этого резиновую трубку пробозаборника надеть па штуцер 4 (см. рис. 6), закрыть входной штуцер пробозаборника (или пережать трубку пробозаборника) и произвести сжатие груши. Пробозаборник и газовая линия прибора герметичны, если после разжатия руки груша не расправляется. Подобным методом можно проверить герметичность только пробозаборника. При быстром расправлении необходимо найти и устранить неисправность.

Продуть воздушную и газовую линии прибора чистым атмосферным воздухом, следующим образом, прибор вынуть из футляра, снять крышку 9 (см. рис. 6) с отделения, в котором находится поглотительный патрон 1 (см. рис. 9), со штуцера 2 (см. рис. 9) снять резиновый колпачок 3 и на его место надеть резиновую трубку, прилагаемую к комплекту прибора, второй конец которой надеть на выхлопной штуцер резиновой груши. Трубку резиновой груши надеть на штуцер 4 (см. рис. 6) и сделать 5-6 сжатий груши.

После прокачивания чистым воздухом воздушной и газовой линии штуцер 2 (см. рис. 9) закрыть резиновым колпачком, надеть крышку и прибор поместить в футляр.

Нажать кнопку включения лампы и посмотреть в окуляр. Если интерференционная картина и шкала окажутся нечеткими, вращением окуляра навести их на резкость. Установить интерференционную картину в нулевое положение. Для этого необходимо нажать одновременно кнопки «И» и «К» (см. рис. 6), медленно вращать винт 5 (см. рис. 6) до совмещения левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы.

Поместить прибор в футляр.



Рис. 11. Контроль

Порядок работы

При спуске в шахту и во время ходьбы по горным выработкам необходимо носить прибор на плечевом ремне под курткой для предохранения его от ударов и попадания грязи, воды и пыли.

Перед определением метана произвести проверку нулевого положения интерференционной картины. Для этого надо нажать кнопку «И» – поз.6 (см. рис. 6 б) и кнопку «К» – поз. 7 (см. рис. 6 б) одновременно (см. рис. 6) и посмотреть в окуляр 3 (см. рис. 6) на положение интерференционной картины. Если интерференционная картина не сместилась относительно нулевой отметки шкалы, прибор готов к работе.

Если интерференционная картина сместилась относительно нулевой отметки шкалы, то винтом 5 (см. рис. 6 а) выставить ее на нуль.

После указанных операций прибор готов к работе.

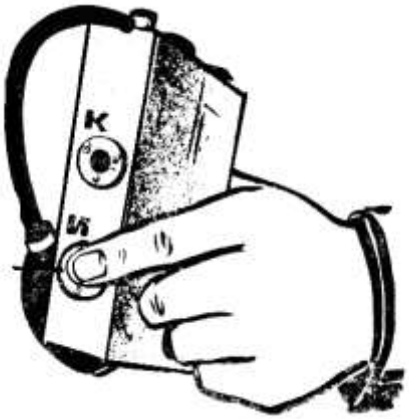


Рис. 12. Измерение

Определение содержания метана в рудничном воздухе

(см. рис. 6)

При определении содержания метана распределительный кран 2 ставится в положение «CH_4». Путем трех сжатий резиновой груши проба рудничного воздуха через штуцер 1 или резиновую трубку, надетую на этот штуцер, прокачивается через прибор. Если набранный в прибор рудничный воздух содержит метан, то интерференционная картина сместится вправо вдоль шкалы. При наблюдении в окуляр 3 по смещенному положению левой черной полосы интерференционной картины производится отсчет делений шкалы, и результат выражается с точностью до 0,1 %. При определении содержания метана содержание углекислого газа в рудничном воздухе (местные скопления) должно быть не более 1 %.

Для повторного определения содержания метана предварительной подготовки прибора не требуется, так как при трехкратном прокачивании грушей газовой линии предыдущая проба полностью удаляется из прибора и заменяется новой.

Определение содержания углекислого газа в рудничном воздухе

(см. рис. 6)

Для определения содержания углекислого газа в рудничном воздухе необходимо вначале сделать определение концентрации метана указанным выше способом. Затем распределительный кран 2 ставится в положение CO_2 и производится прокачивание рудничного воздуха в прибор путем трех сжатий резиновой груши. Отсчет по шкале производится так же, как и при определении содержания метана.

Сумма содержаний газов (CH_4 + CO_2) не должна превышать 6 % в объемных долях.

Полученный отсчет покажет суммарное содержание в воздухе метана и углекислого газа. Оба эти определения необходимо делать в одном и том же месте и на одинаковой высоте от почвы выработки. Содержание углекислого газа равно разности второго и первого отсчетов. Для более точного определения концентрации CO_2 необходимо показания прибора умножить на коэффициент 0,95.

При отборе проб шахтного воздуха в труднодоступных местах или в верхней части выработки необходимо пробозаборник вынуть из футляра и его штуцер подсоединить к резиновой трубке, надетой на штуцер крана. Если пробозаборник имеет резиновую трубку, то ее свободный конец надеть на штуцер крана прибора 1. Затем пробозаборник раздвинуть на полную длину. Пробозаборник поднять на вытянутую руку и произвести 5-6 сжатий резиновой груши. После набора пробы произвести отсчет концентрации газа на приборе. Собрать пробозаборник и уложить в футляр.

Сигнализатор концентрации метана СГШР

Сигнализатор концентрации CH_4 (метана) СГШР – это стационарный автоматический прибор непрерывного действия, предназначенный для измерения объемной доли метана в воздухе угольных шахт и выдачи световой и предупредительной сигнализации при превышении измеряемой величиной установленных пороговых значений с помощью звуковых и световых устройств, с одновременным срабатыванием контактов реле.

Область применения – использование в составе проходческих, очистных комбайнов и компрессорных установок, с обеспечением функции автоматического отключения электроэнергии, подаваемой на комбайны, компрессорные установки и другие шахтные устройства и механизмы, при превышении концентрацией метана пороговых значений.

Общий вид прибора представлен на рис.13. Конструктивно прибор состоит из следующих блоков: блока измерительного (1), блока аккумуляторов (2), кожуха защитного и имеет два реле для включения звуковой сигнализации и отключения питания машины (комбайна) при превышении «порога 2», разряде блока аккумуляторных батарей и обрыве датчика. Напряжение коммутации не более 36 В, ток – не более 1 А.



Рис.13. Общий вид прибора СГШР

Принцип действия сигнализаторов – термохимический.
Тип сигнализаторов – стационарный, 1-канальный.
Режим работы сигнализаторов – постоянно.
Положение при работе – датчиком вниз.
Способ забора пробы – свободное проникновение.
Способ забора пробы – диффузионный.
Сигнализаторы имеют 2 исполнения:
СГШР-01 – питание от встроенных аккумуляторов и возможностью их подзарядки от от искробезопасного источника постоянного тока с выходным напряжением от 20 до 36 В.
СГШР-02 – с питанием от встроенных аккумуляторов и выходным унифицированным сигналом напряжения (0–1) В или (0,4–2,0) В.

Особенности:

1. сигнализаторы относятся к рудничному особовзрывобезопасному оборудованию по ГОСТ Р 51330.0-99.

2. Взрывозащита:

– POExiasI – блок измерительный;
– POExiaI X – блок аккумуляторов;
– POExiaI – защитный кожух.

3. Степень защиты:

– IP54 – блок измерительный с блоком аккумуляторов
– IP20 – защитный кожух.

Основные технические характеристики прибора приведены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристики	Значения
Диапазон измерения по CH_4, % объемных	от 0 до 2,5
Выход, В	(0 – 1) или (0,4 – 2)
Питание, В	2,05... 3,10
Время работы без подзарядки, ч	29
Время прогрева, минут	5
Время срабатывания сигнализации "порог 2", секунд	0,8 2
Звуковое давление (расстояние 1 м), дБ	75
Время непрерывной работы без корректировки, суток	7
Основная абсолютная погрешность, % объемных	+/-0,2
Температура окружающей среды, °С	-10...+ 50
Габариты, мм, - измерительный блок - аккумуляторный блок - защитный кожух	 56×116×106 56×116×86 80×176×350
Срок службы прибора, лет датчика	8 2

Стационарный прибор ДСПШ -20

Измеритель скорости воздушного потока ДСПШ-20 – это стационарный автоматический прибор непрерывного действия, предназначенный для измерения скорости воздушного потока в атмосфере угольных шахт, опасных по газу и пыли, в составе комплексов контроля рудничной атмосферы, например, в составе АКМР-М.

Область применения – в составе систем аэрогазового контроля в угольных шахтах и на предприятиях горнодобывающей промышленности.

Принцип действия – ультразвуковой.

Режим работы – непрерывный.

Принцип действия измерителя – ультразвуковой.

Внешний вид измерителя приведен на рис. 14.

Конструктивно прибор состоит из:

– блока питания и обработки – БПО (1);

– выносного измерительного преобразователя – ИП (2), со штангой для крепления ИП (устанавливается от БПО на расстоянии до 5 м).

На передней панели БПО расположены:

– цифровое отсчетное устройство (жидкокристаллический индикатор с подсветкой);

– кнопки управления, находящиеся под крышкой.

Измеритель имеет:

– световую индикацию, свидетельствующую о наличии питания;

– «сухие» контакты реле;

– цифровую индикацию скорости воздушного потока, средней скорости воздушного потока, расхода воздуха.

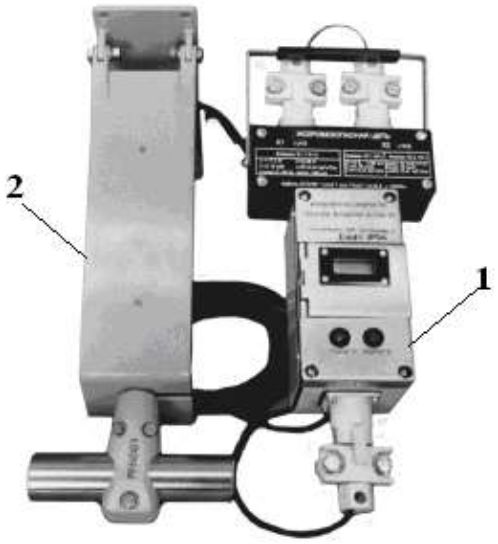


Рис.14. Общий вид прибора ДСПШ-20

Работа измерителя основана на измерении разности фаз излучаемого и принимаемого акустического сигнала. В трубе ИП расположены два пьезоэлектрических кольца, каждое из которых попеременно используется как в качестве излучателя акустических волн, так и в качестве приемника, что позволяет измерять скорость воздушного потока в двух направлениях.

Прибор имеет три режима измерения:

– измерение мгновенной скорости воздушного потока;

– измерение средней скорости воздушного потока за заданный интервал времени (интервал времени до 99 с задается с клавиатуры управления);

– измерение расхода воздуха в сечении выработки с учетом расположения ИП в сечении выработки (режим задается с клавиатуры управления БПО).

Измеритель скорости воздушного потока имеет возможность хранения в энергонезависимой памяти до 100 измеренных значений с заданной временной дискретностью (задается с клавиатуры управления БПО).

Основные технические характеристики прибора приведены в табл. 6.

Особенности:

– маркировка взрывозащиты по ГОСТ Р 51330.0-99 – Ex[ia]IU (БПО и ИП);

– степень защиты – IP54;

Таблица 6

Характеристики	Значения
Диапазон измерения скорости воздушного потока, м/с	0,15-30
Допускаемая абсолютная погрешность, м/с	±(0,02 +0,02xV)
Время прогрева, мин	10
Температура окружающей среды, °С	от 0 до 40
Максимальная температура нагрева оболочки, внутренних элементов и соединений, °С	150
Выходной токовый сигнал, мА	(0-5)
Напряжение питания, В	от 9 до 16
Потребляемая мощность, Вт, не более	1,0
Максимальная длина кабеля связи, км	3
Габаритные размеры, мм: БПО ИП (со штангой для крепления)	 322×182×110 444×328×120
Масса, кг БПО ИП (со штангой для крепления)	 5 4
Гарантийный срок эксплуатации, мес.	12

Автоматический комплекс контроля рудничной атмосферы АКМР-М

Автоматизированный комплекс контроля рудничной атмосферы АКМР-М – это информационно-измерительный управляющий комплекс, предназначенный для обеспечения безопасности предприятий угледобывающей отрасли.

Общий вид прибора представлен на рис.15. Датчики контроля состава рудничной атмосферы, входящие в состав комплекса, преобразуют измеренную величину объемной доли соответствующих газов (оксида углерода, кислорода или метана) или скорости воздушного потока в электрический сигнал (измеритель ДСПШ-20, датчики оксида углерода, кислорода и метана с диапазонами измерения объемной доли метана (0-2,5) % и (5-100) % в унифицированный токовый сигнал, а датчик метана двухдиапазонный – в цифровой).



Рис. 15. Общий вид прибора АКМР-М

Аппаратные средства комплекса АКМР-М разделены на наземную и подземную части.

Наземная часть комплекса АКМР-М состоит из контроллера управления сбором данных (блок КУСД) и ПЭВМ типа IBMPC.

Подземная часть комплекса АКМР-М состоит из контроллеров сбора данных КСД (контроллер КСД), анализаторов метана АМ, АМ3 и анализаторов А1.

Все функции автоматической газовой защиты (АГЗ) реализуются подземной частью комплекса АКМР-М. Блок КУСД наземной части комплекса осуществляет связь подземной части АКМР-М и ПЭВМ – рабочего места оператора комплекса. ПЭВМ осуществляет обработку, отображение и хранение информации о состоянии рудничной атмосферы.

Структура комплекса позволяет наращивать функциональные возможности (увеличение количества подключаемых датчиков, подключение датчиков нового типа) путем установки дополнительных модулей в контроллеры подземной части.

Комплекс АКМР-М обеспечивает:

– непрерывное измерение объемной доли метана, кислорода и оксида углерода в рудничном воздухе;

– непрерывное измерение и индикацию скорости воздушного потока в шахте;

– защитное отключение электропитания шахтного оборудования и выдачу сигналов при достижении предельно допустимых значений объемной доли метана (автоматическая газовая защита – АГЗ);

– выдачу сигналов при достижении предельно допустимых значений объемной доли оксида углерода и кислорода;

– сбор и обработку информации о состоянии (включено/выключено) технологического оборудования на контролируем объекте (шахта);

– передачу информации на диспетчерский пункт, ее обработку и отображение.

Основные технические характеристики прибора датчиков приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7

Характеристики	Значения
Количество подземных вычислительных устройств, шт, не более	64
Количество наземных вычислительных устройств, шт	без ограничений
Количество аналоговых датчиков, шт, не более	1024
Количество дискретных датчиков, шт, не более	1024
Количество дискретных выходных сигналов, шт, не более	1024
Расстояние между подземными вычислительными устройствами и датчиками, и датчиками, км, не более	3
Максимальная длина линии связи между подземными и наземными вычислительными устройствами, км	10
Скорость передачи данных между подземными и наземными вычислительными устройствами, бод, не менее	1200
Время работы подземной части комплекса при пропадании сети, час, не менее	8

Таблица 8

Наименование датчика	Единица измерения	Диапазон измерения
Датчик контроля метана (CH_4)	% об.	0–2,5 5–100
Датчик контроля окиси углерода (CO)	% об.	0–50
Датчик контроля кислорода (O_2)	% об.	0–30
Датчик контроля двуокиси углерода (CO_2)	% об.	0–2
Датчик контроля водорода (H_2)	% об.	0–2
Датчик измерения скорости воздушного потока ДСПШ-20	м/с	0–40
Датчик запыленности	мг/м^3 г/м^3	1–1000; 1–500
Датчик температуры	град.	–50 до +85
Датчик относительной влажности	%	0–100
Датчик депрессии	Па	0–100 0–200

Автоматический комплекс контроля рудничной атмосферы может осуществлять сбор информации от различных типов датчиков через аналоговые (с выходными сигналами по току, напряжению, частоте и т.д.) и дискретные входы подземных контроллеров и управление технологическим оборудованием через релейные выходы подземных контроллеров, что позволяет выполнять следующие функции:

– контроль системы водоотливов;

– контроль системы электроснабжения;

– контроль системы теплоснабжения;

– контроль системы водоснабжения;

– контроль уровня вибрации технологического оборудования, выключение данного оборудования;

– контроль за положением и передвижением технологического и транспортного оборудования;

– контроль наличия руды на конвейере;

– контроль температуры узлов и деталей шахтного оборудования, выключение оборудования;

– диагностика исправности оборудования и выдача сигнала о неисправностях, защита от сбоев передачи информации.

Газоанализатор ГХ-4

В основе работы газоанализаторов ГХ-4 лежит ускоренный метод измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны индикаторными трубками.

Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку. Измерение концентрации вредного вещества производится по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке (линейно-колористическая индикаторная трубка) или по его интенсивности (колориметрическая индикаторная трубка).

Газоанализатор предназначен для определения низких концентраций окиси углерода, окислов азота, сероводорода и др.

Газоанализатор ГХ-4 (рис. 16) состоит из аспиратора 1 для просасывания воздуха через трубку набора индикаторных трубок 2. Каждый набор трубок предназначен только для определения одного газа. За один полный ход (разжатие) меха через трубку просасывается 100 мл воздуха.

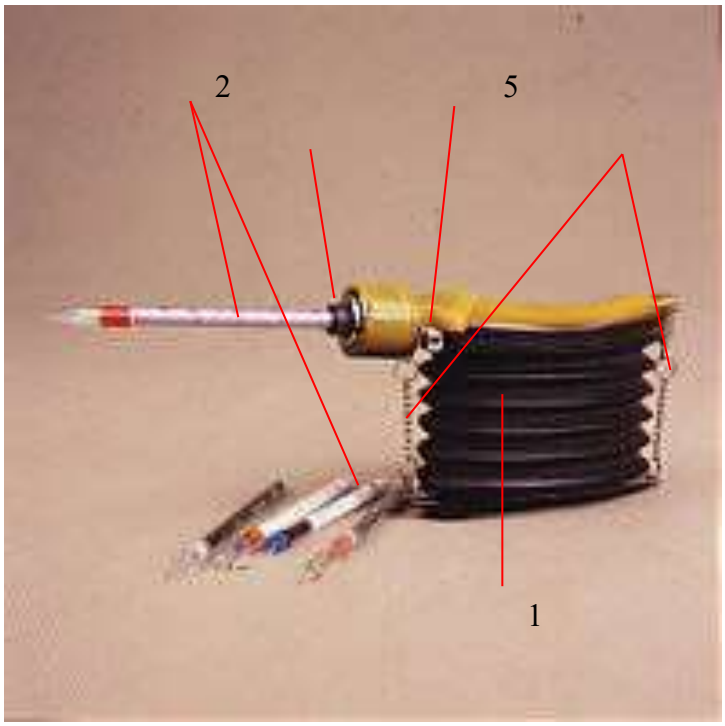


Рис.16. Газоанализатор ГХ-4

Порядок проведения анализа газоанализатором ГХ-4. Перед проведением анализа необходимо проверить газоанализатор на герметичность. Для этого в мундштук 3 аспиратора вставляют запаянную индикаторную трубку и сжимают аспиратор до упора. Насос считается герметичным, если в течение 10 минут сжатый мех полностью не раскрылся и ремешки 4 не натянулись.

Непосредственно перед анализом воздуха обламывают оба конца трубки в проушине 5. Вставляют трубку в мундштук прибора так, чтобы стрелка, имеющаяся на трубке, показала направление к насосу.

Проводят просасывание анализируемого воздуха через трубку, сжимая мех до упора, а затем отпуская его до полного раскрытия.

Количество просасываемого воздуха зависит от концентрации и вида анализируемого газа.

Значение концентрации газа определяют с помощью шкал на коробке с индикаторными трубками. Трубку прикладывают к шкале так, чтобы маркировочные кольца трубки совпадали с делениями шкалы, а начало окрашенного столбика с нулевым ее делением.

Применяемая трубка после отрицательного результата испытания может быть использована до 3-5 раз в этот же день.

Светильники головные шахтные

Светильники головные шахтные предназначены для индивидуального освещения рабочего места и затемненных участков пути при следовании к месту работы.

Светильники шахтные со встроенным радиосигнализатором предназначены также для обеспечения индивидуального подземного аварийного оповещения и персонального вызова шахтеров. Усовершенствованная модификация головных светильников со встроенным радиосигнализатором позволяет осуществлять поиск и обнаружение горнорабочего при завалах и других аварийных ситуациях.

Светильники головные работают в составе системы «Радиус-2» («Радиус-1», Земля-3М).

Светильники шахтные со встроенным метансигнализатором дополнительно обеспечивают сигнализацию при достижении концентрации метана выше порога срабатывания.

Область применения головных шахтных светильников:

1. Светильников уровня взрывозащиты РП П Ис:

– угольные шахты, рудники, в том числе неопасных по газу (метану) и пыли;

– другие отрасли промышленности.

2. Светильников уровня взрывозащиты РВ С Иb:

– угольные шахты, рудники, опасные по газу (метану) и пыли;

– очистные и подготовительные выработки крутых пластов, опасных по внезапным выбросам угольной пыли и метана.

СМГВ.1А.003.01.О5



Наименование параметра	Норма		
Уровень и вид взрывозащиты	РП П Ис		
Источник питания: аккумуляторная батарея	3ШНКП-10М О5		3ШНКП-14 О5
Масса, кг, не более	1,9		
Номин. напряжение батареи, В	3,6		
Источник света: двухнитевая лампа накаливания рудничная	Р3,75-1 +0,5	Р3,75 -1,18 +0,5	Р3,75 -1,3 +0,5
Световой поток, лм, не менее	30	37	40
Максимальная сила света, кд, не менее	300		
Продолжительность непрерывной работы, ч, не менее	10		
Габарит. размеры, мм, не более - блока аккумуляторной батареи с крышкой - фары	 210х170х75 75х88		

СГГ.5М.05



Наименование параметра	Норма
Уровень и вид взрывозащиты	РВС Иb
Источник питания	Аккумуляторная батарея Гермитичная: 38641 VRE DL 5000
Продолжительность непрерывной работы, не менее	11
Источник света	светодиод
Световой поток	47 лм
Масса: не более	1,1

НГР 06-4-003.01



Наименование параметра	Норма		
Уровень и вид взрывозащиты	РВ С Иb		
Аккумуляторная батарея: Ni-Cd, Ni-MH	5 А/ч	7,5 А/ч	9,5 А/ч
Источник света	светодиод		
Спектр излучения	белый		
Световой поток, лм, не менее в номинальном режиме в экономичном режиме	47-50 24-25		
Продолжительность непрерывной работы шахтного светильника, ч, не менее в номинальном режиме, ч в экономичном режиме, ч	11 20	18 36	20 40
Напряжение переключения в экономичный режим, В	3,2±0,02		
Напряжение срабатывания защиты от глубокого разряда батареи, В	3,0±0,02		
Габаритные размеры шахтного светильника, мм, не более - блока аккумуляторной батареи с крышкой - фары	145x50x118 Ø75x88		
Масса, кг, не более	1,1		

СГД.5М.05



Наименование параметра	Норма					
Исполнение	РП П Ис					
Источник питания: аккумуляторная батарея	3НКГК-11Д У5 или 3KCSL 11	3НКГК-13Д У5 или3KCSL 13		3НКГК-15Д У5		
Источник света: двухнитевая лампа накаливания рудничная	Р3,75 -1+0,5	Р3,75 -1+0,5	Р3,75 -1,18 +0,5	Р3,75 -1+0,5	Р3,75 -1,18 +0,5	Р3,75 -1,3 +0,5
Световой поток, лм, не менее	30	30	37	30	37	40
Максимальная сила света, кд, не менее	300					
Номин. напряжение батареи, В	3,6					
Продолжительность непрерывной работы головного светильника, ч, не менее	10					
Габарит. размеры, мм, не более блока аккум. – - батареи с крышкой	220×152×75					
- фары	75×88					
Масса светильника головного, кг, не более	2,5					

Вопросы для самопроверки

1. Что измеряют при контроле рудничной атмосферы?
2. Кто организует контроль состояния рудничной атмосферы?
3. Где и как на газовых шахтах должен быть организован контроль содержания метана?
4. Чем должен быть обеспечен персонал газовых шахт для контроля состояния рудничной атмосферы?
5. При какой концентрации метана в рудничной атмосфере должны сигнализировать сигнализаторы метана, встроенные в шахтные головные светильники?
6. Кем определяется порядок измерения расхода воздуха в горных выработках шахты, а также порядок контроля метана, кислорода и оксида углерода переносными средствами измерения?
7. Что должно быть установлено в действующих горных выработках шахты в соответствии с проектом аэрогазового контроля?
8. Где фиксируют результаты измерений концентрации метана и диоксида углерода в местах их замера?
9. Что необходимо выполнить, если произошло загазарование горных выработок?
10. Что используют специалисты шахты для контроля концентраций метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе?
11. Где в газовых и негазовых шахтах осуществляется контроль концентрации метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода индивидуальными или групповыми приборами?
12. Где должны располагаться групповые приборы для контроля содержания метана и диоксида углерода?
13. Какая устанавливается периодичность контроля содержания метана, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в рудничном воздухе?
14. Куда заносятся результаты контроля состава рудничного воздуха в горных выработках шахты?
15. Как часто на газовых шахтах утверждается перечень участков выработок, опасных по слоевым скоплениям метана?
16. Назовите прибор, который используют для измерения скорости воздуха, его принцип действия.
17. Назовите прибор, который используют для измерений температуры и относительной влажности воздушно-газовой среды в угольных шахтах, его принцип действия.
18. Для чего предназначены газоанализаторы, как их различают?

Приложение 1

Аншлаг
результатов контроля состава рудничного воздуха

Наименование выработки

_____

Фамилии лиц, проводивших замеры	Должность	Смена	Дата и время замера	CH_4, %	O_2, %	CO, %	CO_2, %	Подпись

_____ I _____
_____ _____
_____
_____ II _____
_____ _____
_____
_____ III _____
_____ _____
_____
_____ IV _____
_____ _____
_____

Пояснения к ведению записи

Размеры аншлага результатов контроля состава рудничного воздуха не менее 0,7×1,2 м. При его изготовлении применяются материалы, обеспечивающие длительное использование в условиях горных выработок. Цвета фона, рисунка и записей, проводимых специалистами шахты, выбираются контрастными. Записи на аншлаге результатов контроля состава рудничного воздуха делаются разборчивыми. При заполнении аншлага результатов контроля состава рудничного воздуха используются пишущие средства, обеспечивающие сохранность записей в течение суток после их выполнения. Нижние строки отведены для записи замеров, выполняемых специалистами шахты.

При расположении у мест установки датчиков метана аншлаг результатов контроля состава рудничного воздуха перед колонкой «Подпись» имеет дополнительную колонку «Исправность АГК».

Приложение 2

Перечень участков выработок,
опасных по слоевым скоплениям метана

УТВЕРЖДАЮ
Технический руководитель
(главный инженер) шахты

_____
«___» _____ 20__ г.

Шахта _____
Угледобывающая организация _____

№ п/п	Наименование выработки	Участок выработки, опасный по слоевым скоплениям метана

Начальник участка АБ _____
(подпись)

Геолог шахты _____
(подпись)

Приложение 3

Горно-геологические и горно-технические условия отнесения выработок к опасным по слоевым скоплениям метана

Тип выработки	Участок выработки	Условия, по которым участки выработок газовых шахт относятся к опасным	Места контроля слоевых скоплений метана в выработках
1	2	3	4
Выработки, проводимые по угольным пластам	Тупиковые части выработок длиной 200 м от забоя выработки	При одном из следующих условий: - средняя скорость руднич-ного воздуха в 10 м от забоя меньше 1 м/с; - наличие в кровле выработки угольных пластов или пропластков на расстоянии менее 10 м	Начиная с 10 м от забоя и далее через 15-20 м по направлению движения воздушной струи на участке длиной 200 м
	Участок длиной 200 м, примыкающий к очистному забою, с исходящей вентиляционной струей	При одном из следующих условий: - средняя скорость руднич-ного воздуха менее 1 м/с; - наличие в кровле выработки угольных пластов или пропластков на расстоянии менее 10 м	Начиная с 10 м от забоя и далее через 15-20 м по направлению движения воздушной струи на участке длиной 200 м
	Участок длиной 200 м, примыкающий к очистному забою, с поступающей вентиляционной струей	Наличие в кровле выработки угольных пластов или пропластков на расстоянии менее 10 м	Начиная с 10 м от очистной выработки и далее через 15-20 м против направления движения воздушной струи на участке длиной 200 м
	Участки длиной 200 м, примыкающие к очистному забою, с подсвежающей вентиляционной струей и поддерживаемые в выработанном пространстве	Средняя скорость руднично-го воздуха менее 1 м/с	Начиная с 10 м от очистной выработки и далее через 15-20 м против направления движения воздушной струи на участке длиной 200 м
	Тупиковые части погашаемых выработок по всей их длине	Средняя скорость движения рудничного воздуха в 10 м от завала или перемычки, изолирующей погашенную часть,	Под кровлей выработки у завала или перемычки, изолирующей погашенную часть, и у входа в тупик, а также через 15-

		меньше 1 м/с	20 м по всей длине тупика
	Участок длиной 50 м от действующего суфляра или разрывного геологического нарушения по направлению движения вентиляционной струи	Независимо от условий	Начиная с 10 м от забоя и далее через 15-20 м по направлению движения воздушной струи на участке длиной 50 м
Полевые выработки и квершлаги	Участки длиной 200 м, примыкающие к забоям выработки	При одном из следующих условий: - наличие пересекаемых выработкой газоносных пластов при средней скорости рудничного воздуха в месте пересечения менее 1 м/с; - наличие в кровле выработки угольных пластов или пропластков на расстоянии менее 10 м; – при подходе к угольным пластам и пропласткам на расстоянии 10 м	Начиная с 10 м от забоя и далее через 15-20 м по направлению движения воздушной струи на участке длиной 200 м. В квершлагах, начиная с 5 м от пересечения выработки с газоносным пластом по направлению движения воздушной струи на участке длиной 50 м
	Участок длиной 50 м от действующего суфляра или разрывного геологического нарушения по направлению движения вентиляционной струи	Независимо от условий	Начиная с 10 м от забоя и далее через 15-20 м по направлению движения воздушной струи на участке длиной 50 м

Практическая работа № 4

Организация работ по обеспылеванию рудничного воздуха

Цель работы:

1)получить навыки организации работ по обеспыливанию рудничного воздуха;

2)изучить комплекс обеспыливающих мероприятий в очистном забое;

3)освоить методику расчета противопылевых мероприятий для подготовительной выработки, проводимой проходческими комбайнами по пласту угля с удельным пылевыделением $g_{пл} \geq 90$ г/т;

4)определить общий эффект снижения запыленности воздуха при применении выбранного комплекса мероприятий.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы;

3)получить вариант у преподавателя и выполнить индивидуальное задание.

1. Организация работ по обеспыливанию рудничного воздуха

В соответствии с «Правилами безопасности в угольных шахтах» в каждой шахте необходимо осуществляться мероприятия по обеспыливанию воздуха.

Проектная документация на строительство новых и реконструкцию действующих шахт (горизонтов), вскрытие и подготовку блоков, панелей, выемочных полей включает раздел, содержащий выбор комплекса мероприятий и обоснование способов обеспыливания рудничного воздуха. Проекты шахт, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли, включают раздел по пылевзрывозащите.

В документации по ведению горных работ указывают способы и меры по обеспыливанию рудничного воздуха и пылевзрывозащите.

На шахте должна быть определена возможность воспламенения метана от фрикционного трения резцов исполнительных органов горных машин о горные породы. Фрикционную опасность горных пород определяют для каждого выемочного участка при проведении горных выработок, оконтуривающих выемочный участок, в срок не более одного месяца после начала их проведения. Фрикционную опасность горных пород до определения ее в горных выработках, проводимых в пределах подготавливаемого выемочного участка, принимают такой же, как и фрикционная опасность горных пород в смежном выемочном участке, при условии, что горные ра-

боты по проведению горных выработок в пределах этих выемочных участках ведутся в аналогичных со смежным участком горно-геологических условиях. Решение об определении фрикционной опасности горных пород при проведении горных выработок и отработке выемочных участков в случаях изменения горно-геологических условий принимает технический руководитель (главный инженер) шахты.

Технические устройства, при работе которых образуется пыль, оборудуют средствами пылеподавления.

Параметры работы средств пылеподавления должны соответствовать технической документацией изготовителя технических устройств.

Запрещается эксплуатация выемочных и проходческих технических устройств без систем взрывозащитного орошения на пластах, содержащих фрикционоопасные горные породы.

Давление жидкости на форсунках (оросителях) в системах орошения на погрузочных и перегрузочных пунктах должно быть не менее 0,5 МПа, а давление на форсунках (оросителях) выемочных и проходческих комбайнов должно быть определено проектной документацией.

Необходимость проведения предварительного увлажнения угля в массиве, выбор технологических схем его проведения и параметров нагнетания жидкости в пласт должно быть определено проектной документацией.

Приемные бункера, опрокидыватели, устройства для загрузки и разгрузки скипов оборудуют средствами аспирации и очистки воздуха, устройствами для предотвращения просыпания горной массы и выдувания из нее пыли.

В шахте должен быть организован контроль пылевзрывобезопасности горных выработок.

Запрещается ведение горных работ при отсутствии или неработающих средствах пылеподавления.

2. Комплекс обеспыливающих мероприятийв очистном забое

В зависимости от величины удельного пылевыделения все производственные процессы разделяются на восемь категорий по пылевому фактору.Значения удельного пылевыделения для производственных процессов различных категорий по пылевому фактору представлены в таблице.

Таблица 1

Категорияпроизводственного процесса по пылевому фактору	Значения удельного пылевыделения g, г/т
I	До 50
II	50-100
III	100-150
IV	150-250

Категорияпроизводственного процесса по пылевому фактору	Значения удельного пылевыделения g, г/т
V	250-400
VI	400-600
VII	600-1000
VIII	Более 1000

Обеспыливающие мероприятия для различных производственных процессов определяются в зависимости от категории их по пылевому фактору. Например, в очистных забоях пластов пологого и наклонного падения при выемке угля комбайном и производственных процессах

I категории по пылевому фактору достаточно ограничиться только оросительной системой комбайна,

а в случае VII–VIII категории пыльности применяется практически весь комплекс обеспыливающих мероприятий:

- предварительное увлажнение угля в массиве,
- оросительную систему комбайна (в отдельных случаях комбайны дополнительно оснащаются пылеотсосом),
- орошение угля при выемке и погрузке его из ниши,
- орошение угля на погрузочном пункте лавы,
- очистка исходящей вентиляционной струи, организацию работ, исключающую нахождение людей в запыленной зоне и др.

Для обеспыливания воздуха в очистном забое при отработке пластов III категории по пылевому фактору применяется комплекс противопылевых мероприятий, включающий:

– предварительное увлажнение угля в массиве;
– орошение при работе комбайна;
– очистка воздуха, исходящего из очистного забоя;
– орошение на погрузочном пункте очистного забоя.

2.1 Предварительное увлажнение угля в массиве через скважины, пробуренные из подготовительных выработок

Для бурения скважин используется буровая установка БЖ45-100Э, позволяющая бурить скважины диаметром 45 мм, длиной до 100 м.

Так как бурение скважин будет осуществляться из вентиляционного и откаточного штреков, длину скважин определим из выражения

$$L_{скв.} = \frac{L_1}{2} - 15, \quad (1)$$

где L_1 – длина очистного забоя, м.

Скважины бурят посредине мощности пласта. Расстояние между скважинами принимается равным 10-30 м, герметизация скважин осу-

ществляется с помощью герметизатора «Таурас».

Количество жидкости $Q_{\text{скв}}$ (м^3), которое необходимо подавать в скважину, определяется по формуле:

$$Q_{скв} = \frac{1{,}1 \cdot L_{скв} \cdot L_c \cdot \gamma \cdot H \cdot g_1}{1000}, \quad (2)$$

где $L_{\text{скв}}$ – длина скважины, м; L_c – расстояние между скважинами, м; γ – средняя плотность угля, т/м^3; H – мощность пласта, м; g_1 – удельный расход жидкости, л/т.

Продолжительность нагнетания жидкости в скважину $T_{\text{н}}$ (ч) определяется из выражения

$$T_н = \frac{Q_{скв}}{g_н}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{скв}}$ – количество жидкости, нагнетаемое в скважину, м^3; $g_н$ – темп нагнетания, м^3/ч.

Темп нагнетания принимаем равным производительности насосных установок. Для насосов УНВ-2 – 30 л/мин, УН-35 – 35 л/мин, 2УГНМ – 45 л/мин.

Продолжительность бурения скважины:

$$T_{бур} = \frac{L_{скв}}{V_б}, \quad (4)$$

где $V_{\text{б}} = 7{,}5$ м/ч – применяемая скорость бурения скважины бурильной установкой БЖ45-100Э.

Расстояние между первой скважиной и плоскостью очистного забоя определим из выражения:

$$L_3 = T \cdot v_0 + 15, \quad (5)$$

где T – продолжительность бурения и нагнетания в нее жидкости, ч; v_0 – средняя скорость подвигания очистного забоя, м/сут.

$$T = T_{бур} + T_н, \quad (6)$$

$$V_0 = \frac{A_c}{H_к \cdot H \cdot \gamma \cdot L_1}, \quad (7)$$

где A_c – суточная нагрузка на забой, т/сут; $H_к$ – захват комбайна, м.

Для повышения эффективности предварительного увлажнения угля в массиве к воде необходимо добавить смачиватель ДБ в концентрации 0,2 %.

2.2. Предварительное увлажнение угля в массиве через скважины, пробуренные из очистного забоя

Необходимая длина скважины определяется из выражения:

$$L_{необ.скв.} = L_г + L_{нед.} \quad (8)$$

где $L_г$ – глубина герметизации скважин, м; $L_{нед}$ – недельное подвигание лавы, м.

$$L_{нед} = \frac{6 \cdot A_c}{H_к \cdot H \cdot \gamma \cdot L_1}, \quad (9)$$

где $A_с$ – суточная нагрузка на забой, т/сут; $H_к$ – захват комбайна, м; H – вынимаемая мощность пласта, м; γ – средняя плотность угля, т/м^3; L_1 – длина лавы, м.

Количество жидкости $Q_с$ (м^3), которое необходимо подать в скважину, определяется по формуле

$$Q_c = \frac{1{,}1(L_{необ.скв} - L_г)L_c \cdot H \cdot g_1 \cdot \gamma}{1000}, \quad (10)$$

Продолжительность нагнетания жидкости в скважину $T'_н$ (ч) определяется по формуле

$$T'_н = \frac{Q_c}{g_н}, \quad (11)$$

где $Q_с$ – количество жидкости, нагнетаемое в скважину, м^3; $g_н$ – темп нагнетания, м^3/ч.

2.3. Орошение при работе выемочного комбайна

Расход воды Q_3 (л/мин), используемый для орошения на комбайне, определим из выражения

$$Q_3 = P_k \cdot g_2, \tag{12}$$

где P_k – производительность комбайна, т/мин; g_2 – удельный расход воды, л/т.

Суточный расход воды на орошение составит

$$Q_{сут} = A_c \cdot g_2, \tag{13}$$

где A_c – суточная добыча угля из забоя, т/сут.

2.4. Обеспыливание на погрузочном пункте очистного забоя

Подавление пыли, образующейся в месте пересыпа угля из забойного конвейера на штрековый, осуществляется с помощью конусных оросителей с углом раствора факела 75°. Для данных условий удельный расход воды должен составлять 5 л/т.

Суточный расход воды $Q_{\text{сут}}$ (л) для орошения на погрузочном пункте составит

$$\mathrm{Q_{сут}} = A_c \cdot \mathrm{g_4}, \tag{14}$$

где $A_{\text{с}}$ – суточная добыча угля из забоя, т/сут; g_4 – удельный расход воды, л/т.

2.5. Обеспыливание вентиляционной струи, исходящей из очистного забоя

Для обеспыливания вентиляционной струи и снижения пылеотложения на вентиляционном штреке в 10-20 м от выхода из очистного забоя устанавливается однорядная водяная завеса.

Расход воды завесой составит

$$Q = \omega \cdot g_3 \tag{15}$$

где ω – количество воздуха, проходящего через очистной забой и водяную завесу, м^3/мин; g_3 – удельный расход воды для очистки воздуха от пыли, л/м^3.

Применение увлажнения угля в массиве и орошения при работе комбайна позволит обеспечить остаточную запыленность воздуха на уровне

$$C_{ост} = \frac{1000 \cdot g_{пл} \cdot V \cdot 16{,}7 \cdot K_{м} \cdot K_{п} \cdot P_{к}}{\omega} \cdot K_{Д} \cdot K_{V} \cdot K_{C}, \qquad (16)$$

где $g_{пл}$ – удельное пылевыделение шахтопласта, г/т; V – скорость движения воздуха в очистном забое, м/с; ω – количество воздуха, проходящего по забою, м^3/мин; $K_{м}$ – показатель приведенной степени измельчения; $K_{п}$ – показатель, учитывающий изменение удельного пылевыделения в зависимости от компоновки комбайна; $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий верхний предел крупности пыли, ($K_{Д}$ = 1,34); K_{v} – коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха (определяется по графику, представленному на рис. 1); $K_{с}$ – коэффициент, учитывающий наличие обеспыливающих мероприятий:

$$K_{c} = (1 - Э_1) \cdot (1 - Э_2), \qquad (17)$$

где $Э_1$ – эффективность увлажнения угля в массиве, доли; $Э_2$ – эффективность орошения на комбайне, доли.

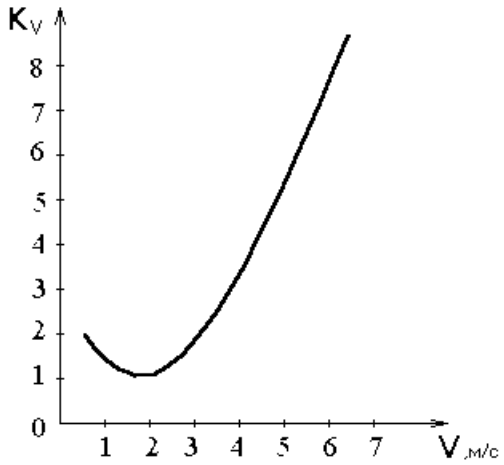


Рис. 1. Зависимость коэффициента K_vот скорости воздуха в очистном забое

3. Комплекс обеспыливающих мероприятий для подготовительной выработки

При проведении подготовительной выработки проходческими комбайнами по пласту угля с удельным пылевыделением $g_{пл} \geq 90$ г/т может быть применен комплекс обеспыливающих мероприятий, включающий:

– увлажнение горного массива с помощью длинных скважин;

– орошение с подачей орошающей жидкости на режущий инструмент;

– пылеотсос с последующим пылеулавливанием;

– очистку исходящей из выработки вентиляционной струи с помощью водяных завес.

3.1. Увлажнение горного массива с помощью длинных скважин

При нагнетании жидкости в забой подготовительной выработки через передовую скважину основными параметрами являются следующие:

– диаметр скважины $d_{скв}$, м;

– длина скважины $L_{скв}$, м;

– радиус увлажнения R, м;

– глубина герметизации скважины $L_г$, м;

– давление нагнетания $P_н$, кгс/см^2;

– расход жидкости на одну скважину $Q_с$, м^3;

– темп нагнетания $g_н$, м^3/ч или л/мин;

– продолжительность нагнетания T, ч.

Диаметр скважин $d_{скв}$ определяется в зависимости от длины скважины и длины бурового инструмента, и на практике колеблется в пределах 45-100 мм.

Длина скважины определяется из выражения

$$L_{скв.} = L_г + n \cdot L_{нед.}, \qquad (18)$$

где $L_г$ – глубина герметизации, м; n – количество недель (n = 1);$L_{нед}$ – недельное подвигание подготовительного забоя, м.

Подвигание забоя принимается кратным неделе, с таким расчетом, чтобы бурение и нагнетание проводились в нерабочие дни.

Недельное подвигание забоя определяется из расчета, что в неделе 6 рабочих дней, $n_н$ = 6, за один рабочий день производится 2 цикла по проходке выработки, $n_д$ = 2.

$$L_{нед.} = n_н \cdot n_д \cdot L_{см.}, \qquad (19)$$

где $L_{см}$ – подвигание подготовительного забоя за смену, м.

Радиус увлажнения R (м) определяется из выражения

$$R = 2 \cdot h, \qquad (20)$$

где h – высота выработки вчерне (мощность слоя), м;

Расход жидкости на одну скважину $Q_с$(м^3) равен

$$Q_c = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot \gamma \cdot g_1 \cdot L_{\text{скв.}}}{1000}, \quad (21)$$

где γ – объемный вес угля, т/м^3; g_1 – удельный расход жидкости, л/т:

$$g_1 = 10 \cdot \Delta W, \quad (22)$$

где ΔW – прирост влаги, %.

Продолжительность нагнетания T (ч) определяется по формуле:

$$T = \frac{Q_c}{60 g_{\text{н}}}, \quad (23)$$

Темп нагнетания $g_н$ принимается равным производительности насосных установок. Для насосов УНВ-2 – $g_{\text{н}}$ = 30 л/мин; УН-35 – 35 л/мин; 2УГНМ – 45 л/мин.

3.2. Орошение при работе проходческого комбайна

Расход воды, необходимый для орошения, определяется из выражения:

$$Q_0 = A \cdot g_2, \quad (24)$$

где A – производительность проходческого комбайна, т/мин; g_2 – удельный расход воды. Для проходческих комбайнов g_2 = 40 л/т.

Число форсунок в оросительной системе должно быть таким, чтобы их суммарная производительность при требуемом давлении воды была равна расчетному расходу воды.

При среднем времени работы комбайна, равном за смену 2 ч и при трехсменном режиме работы общий расход воды за сутки составит

$$Q_{общ} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 60 \cdot Q_0}{1000}, \quad (25)$$

3.3. Пылеулавливание при работе проходческого комбайна

Согласно нормативным требованиям проходческие комбайны должны быть оборудованы пылеулавливающими установками, предназначенными для отсоса и последующего улавливания витающей пыли.

Расход воды на пылеулавливание $Q_{\text{общ}}$ рассчитывается из условия рекомендуемого удельного ее расхода:

$$Q_{\text{общ.}} = Q_1 \cdot g_3, \quad (26)$$

где g_3 – удельный расход воды на пылеулавливание, л/м^3; Q_1 – производи-

тельность вентилятора для пылеулавливающей установки, м^3/мин. Для вентилятора В-1МП – производительность равна 140 м^3/мин, для вентилятора В-2М – производительность равна 200 м^3/мин.

Расход воды на пылеулавливание за сутки составит (л/сут):

$$Q_{сут} = 3 \cdot 2 \cdot 60 \cdot Q_{общ}, \quad (27)$$

3.4. Обеспыливание воздуха водяной завесой

Очистка от пыли вентиляционного потока воздуха производится с помощью водяной завесы ВЗ-1, устанавливаемой в 40-50 м от забоя и включаемой периодически (в период наибольшего пылеобразования). Завеса подключается к пожарно-оросительному водопроводу.

С учетом того, что водяная завеса будет включаться на 1,5 часа в смену, расход воды на завесу определяется из выражения

$$Q_З = 3 \cdot 1{,}5 \cdot 60 \cdot Q_в \cdot g_4, \quad (28)$$

где $Q_в$ – количество воздуха, проходящего в месте установки водяной завесы, м^3/мин; g_4 – удельный расход воды на создание водяной завесы, л/м^3.

4. Ожидаемый уровень запыленности воздуха в зоне работы комбайна

Общий эффект снижения запыленности воздуха при применении выбранного комплекса мероприятий рассчитывается по следующей зависимости:

$$Э = 1 - (1 - Э_1) \cdot (1 - Э_2) \cdot (1 - Э_3), \quad (29)$$

где Э – общий эффект снижения запыленности воздуха; $Э_1 = 0{,}6$ – эффективность пылеподавления при предварительном увлажнении; $Э_2 = 0{,}8$ – эффективность пылеподавления при орошении; $Э_3 = 0{,}7$ – эффективность пылеотсоса.

Остаточная запыленность $С_{ост}$ рассчитывается из выражения

$$C_{ост} = C_{нач} - C_{нач} \cdot Э, \quad (30)$$

где $C_{нач}$ – начальная концентрация пыли, мг/м^3.

Вопросы для самопроверки

1. В соответствии, с каким документом в каждой шахте необходимо осуществлять мероприятия по обеспыливанию воздуха?

2. Что должна включать проектная документация на строительство новых и реконструкцию действующих шахт (горизонтов), вскрытие и подготовку блоков, панелей, выемочных полей?

3.Что такое фрикционная опасность горных пород?

4. Чем должны быть оборудованы технические устройства, при работе которых образуется пыль?

5. В каких случаях запрещается эксплуатация выемочных и проходческих технических устройств?

6. Каким должно быть давление жидкости на форсунках (оросителях) в системах орошения на погрузочных и перегрузочных пунктах?

7. Чем оборудуют приемные бункера, опрокидыватели, устройства для загрузки и разгрузки скипов?

8. Что должно быть организовано в шахте?

9. В каких случаях запрещается ведение горных работ?

10. От какой величины зависит разделение производственных процессов на категории?

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задача 1

Используя исходные данные (табл. 2) необходимо рассчитать параметры противопыльных мероприятий для очистного забоя, используя формулы (1-17) (см. с. 102-106).

Полученные значения свести в таблицу (табл. 3).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) для угольной пыли на рабочих местах – 10 мг/м^3.

Если остаточная запыленность превышает уровень предельно допустимых концентраций необходимо планировать применение противопылевых респираторов.

Таблица 2

Исходные данные для расчетов

№	Параметры	Усл. обоз.	Варианты									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Длина очистного забоя, м	L_1	200	200	200	190	190	190	175	175	180	180
2	Расстояние между скважинами, м	$L_с$	25	23	20	26	25	25	30	25	26	25
3	Средняя плотность угля, т/м^3	γ	1,71	1,71	1,71	1,37	1,37	1,35	1,3	1,37	1,71	1,71
4	Мощность пласта, м	H	1,8	1,7	1,9	1,4	1,3	1,0	0,8	0,9	1,0	1,1
5	Удельный расход жидкости при нагнетании воды в пласт, л/т	g_1	20	20	15	25	25	15	18	18	25	25
6	Суточная нагрузка на забой, т/сут	$A_с$	900	800	900	750	750	650	650	650	650	650
7	Захват комбайна, м	$H_к$	0,63	0,63	0,8	0,63	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
8	Производительность комбайна, т/мин	$P_к$	3,5	3,5	1,7	3,0	1,7	1,7	1,2	1,2	1,2	1,2
9	Тип насосной установки	–	УНВ-2		УН-35		2ГНУМ		УНВ-2			
10	Удельный расход жидкости при орошении на комбайне, л/т	g_2	30	30	30	25	30	25	25	30	25	30
11	Удельное пылевыделение шахтопласта, г/т	$g_{пл}$	140	140	130	130	140	120	125	130	130	150
12	Глубина герметизации скважин, м	$L_г$	5,5	5,5	6,0	6,5	6,5	6,0	6,0	6,0	6,5	6,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	Количество воздуха, проходящего по забою, $м^3$/мин	ω	900	900	800	600	700	700	500	500	400	500
14	Скорость движения воздуха в очистном забое, м/с	V	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7	1,8	1,9	1,5
15	Показатель приведенной степени измельчения	$К_м$	0,034	0,05	0,039	0,055	0,065	0,07	0,095	0,09	0,08	0,07
16	Показатель, учитывающий изменение удельного пылевыделения	$К_п$	1,1	1,1	1,1	1,1	2,1	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4
17	Удельный расход воды для очистки воздуха от пыли, л/$м^3$ воздуха	g_3	0,05	0,06	0,07	0,068	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
18	Удельный расход воды на погрузочном пункте, л/т	g_4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	Эффективность увлажнения угля в массиве, в долях	$Э_1$	0,5	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59
20	Эффективность орошения на комбайне, в долях	$Э_2$	0,83	0,84	0,83	0,84	0,84	0,83	0,84	0,83	0,84	0,83

Таблица 3

№ п/п	Параметры	Условные-обозначения	Числовые значения
1	Длина очистного забоя	L_1, м	
2	Длина скважины	$L_{скв}$, м	
3	Расстояние между скважинами	$L_с$ м	
4	Средняя плотность угля	γ, т/м^3	
5	Мощность пласта	H, м	
6	Удельный расход жидкости	g_1, л/т	
7	Количество жидкости	$Q_{скв}$, м^3	
8	Тип насоса	–	
9	Темп нагнетания	$g_н$, м^3/ч	
10	Продолжительность нагнетания жидкости в скважину	$T_н$, ч	
11	Продолжительность бурения скважины	$T_{бур}$, ч	
12	Продолжительность бурения и нагнетания в нее жидкости	T, ч	
13	Суточная нагрузка на забой	$A_с$, т	
14	Захват комбайна	$H_к$, м	
15	Средняя скорость подвигания очистного забоя	v_0, м/сут	
16	Расстояние между первой скважиной и плоскостью очистного забоя	L_3, м	
17	Глубина герметизации скважин	$L_г$, м	
18	Недельное подвигание лавы	$L_{нед}$, м	
19	Необходимая длина скважины	$L_{необ.скв}$, м	
20	Необходимое количество жидкости	$Q_с$, м^3	
21	Продолжительность нагнетания жидкости в скважину	$T'_н$, ч	
22	Производительность комбайна	$P_к$, т/мин	
23	Удельный расход воды	g_2, л/т	
24	Расход воды, используемый для орошения на комбайне	Q_3, л/мин	
25	Суточный расход воды на орошение	$Q_{сут}$, л/сут	
26	Удельное пылевыделение шахтопласта	$g_{пл}$, г/т	
27	Скорость движения воздуха в очистном забое	V, м/с	
28	Количество воздуха, проходящего по забою	ω, м^3/мин	
29	Показатель приведенной степени измельчения	$K_м$	

№ п/п	Параметры	Условные-обозначения	Числовые значения
30	Показатель, учитывающий изменение удельного пылевыделения в зависимости от компоновки комбайна	$K_п$	
31	Коэффициент, учитывающий верхний предел крупности пыли	$K_д$	
32	Коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха	K_v	
33	Эффективность увлажнения угля в массиве	$Э_1$, в долях	
34	Эффективность орошения на комбайне	$Э_2$, в долях	
35	Коэффициент, учитывающий наличие обеспыливающих мероприятий	$K_с$	
36	Остаточная запыленность	$C_{ост}$,мг/м^3	
37	Удельный расход воды для очистки воздуха от пыли	g_3, л/м^3	
38	Расход воды завесой	Q, л/мин	
39	Удельный расход воды	g_4, л/т	
40	Суточный расход воды	$Q_{сут}$, л	

Задача 2

Используя исходные данные (табл. 4) необходимо рассчитать параметры противопыльных мероприятий для подготовительной выработки, проводимой проходческими комбайнами по пласту угля с удельным пылевыделением $g_{пл} \geq 90$ г/т, используя формулы (18-30), (см. с. 107-109).

Полученные значения свести в таблицу (табл. 5).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) для угольной пыли на рабочих местах – 10 мг/м^3.

Если остаточная запыленность превышает уровень предельно допустимых концентраций необходимо планировать применение противопылевых респираторов.

Таблица 4

Исходные данные для расчетов

№	Параметры	Усл. обоз.	Варианты									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Глубина герметизации, м	$L_г$	3	3	3,5	3,5	3,0	3,0	3,5	3,5	3	3
2	Подвигание подготовительного забоя за смену, м	$L_{см}$	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,5	2,4	2,2	2,2	2,2
3	Высота увлажняемого слоя (мощность угольного пласта), м	h	1,2	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,2
4	Объемный вес угля, т/м^3	γ	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
5	Прирост влаги, %	ΔW	2,0	2,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,5	2,5	2,0	2,0
6	Производительность проходческого комбайна, т/мин	A	1,8	1,8	1,8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
7	Тип насоса		УНВ-2			УН-35				2УГНМ		
8	Удельный расход воды на пылеулавливание, л/м^3	g_3	0,2	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1
9	Тип вентилятора для пылеулавливающей установки		В-1МП					В-2М				
10	Количество воздуха, проходящего через водяную завесу, м^3/мин	$Q_в$	200	250	300	350	400	400	400	450	500	500
11	Удельный расход воды на создание завесы, л/м^3	g_4,	0,1	0,05	0,09	0,06	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09	0,09
12	Начальная концентрация пыли, мг/ м^3	$C_{нач}$	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400

Таблица 5

№ п/п	Параметры	Условные обозначения	Числовые значения
1	Диаметр скважины	$d_{скв}$, м	
2	Глубина герметизации скважины	$L_г$, м	
3	Подвигание подготовительного забоя за смену	$L_{см}$,м	
4	Недельное подвигание подготовительного забоя	$L_{нед}$, м	
5	Длина скважины	$L_{скв}$, м	
6	Радиус увлажнения	R, м	
7	Высота выработки вчерне	h, м	
8	Объемный вес угля	γ, т/м^3	
9	Прирост влаги	ΔW, %	
10	Темп нагнетания	$g_н$, л/мин	
11	Тип насоса	–	
12	Расход жидкости на одну скважину	$Q_с$, м^3	
13	Продолжительность нагнетания	T, ч	
14	Производительность проходческого комбайна	A, т/мин	
15	Расход воды, необходимый для орошения	Q_0, л/мин	
16	Общий расход воды	$Q_{общ}$, м^3/сут	
17	Удельный расход воды на пылеулавливание	g_3, л/ м^3	
18	Тип вентилятора для пылеулавливающей установки	–	
19	Производительность вентилятора для пылеулавливающей установки	Q_1, м^3/мин	
20	Расход воды на пылеулавливание за сутки	$Q_{сут}$, л/сут	
21	Количество воздуха, проходящего через водяную завесу	$Q_в$, м^3/мин	
22	Удельный расход воды на создание завесы	g_4, л/м^3	
23	Расход воды на завесу	$Q_з$, л/ч	
24	Общий эффект снижения запыленности воздуха	Э	
25	Начальная концентрация	$C_{нач}$, мг/м^3	
26	Остаточная запыленность	$C_{ост}$, мг/м^3	

Практическая работа № 5

Организация мероприятий по предупреждению и локализации взрывов пылегазовоздушных смесей

Цель работы: получить навыки по организации работ по предупреждению и локализации взрывов.

Порядок выполнения работы

1)изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы

1. Пылевзрывобезопасность при разработке пластов, опасных по взрывам угольной пыли

В соответствии с ***«Правилами безопасности в угольных шахтах» (утверждены Приказом Ростехнадзора от 19.11.2013 № 50)*** к опасным по взрывам угольной пыли относят пласты с выходом летучих веществ угля 15 % и более, а также пласты угля (кроме антрацитов) с меньшим выходом летучих веществ, взрывчатость пыли которых установлена при проведении лабораторных исследований и испытаний угольной пыли на взрывчатость.

Нижний предел взрываемости отложившейся угольной пыли и норму осланцевания определяют для каждого шахтопласта.

В шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам угольной пыли, для локализации и предупреждения взрывов угольной пыли применяют сланцевую пылевзрывозащиту и (или) гидропылевзрывозащиту и (или) комбинированную пылевзрывозащиту. Применяемые в шахтах способы и средства по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли должны быть обоснованы проектной документацией.

В горных выработках шахты устанавливают средства взрывозащиты, обеспечивающие локализацию взрывов. Установку средств взрывозащиты в горных выработках шахты определяет технический руководитель (главный инженер) шахты в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности ***«Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах».***

Порядок контроля средств взрывозащиты, пылевзрывобезопасности и выполнения мероприятий по предупреждению взрывов угольной пыли устанавливает технический руководитель (главный инженер) шахты.

Средства локализации взрывов метана и угольной пыли с указанием их типа наносят на схему вентиляции шахты.

В шахтах, разрабатывающих опасные и не опасные по взрывам угольной пыли пласты, в горных выработках шахт, соединяющих опасные и неопасные пласты, осуществляют мероприятия по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли.

При выявлении фактов нахождения горных выработок шахты в пылевзрывоопасном состоянии горные работы в этих горных выработках прекращают. Технический руководитель (главный инженер) шахты до возобновления горных работ в этих горных выработках принимает меры, обеспечивающие приведение их в пылевзрывобезопасное состояние.

Не допускается ведение работ в горных выработках, в которых не обеспечена пылевзрывозащита.

Инструкция содержит порядок:

– применения способов и средств локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах;

– контроля состояния взрыволокализующих заслонов и средств предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей в горных выработках.

Стадии развития взрыва пылегазовоздушных смесей в горных выработках приведены в *приложении 1*.

Для угольных шахт, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли, проект строительства, реконструкции и технического перевооружения шахты содержит раздел «Пылевзрывозащита шахты». В разделе «Пылевзрывозащита шахты» приводятся способы и средства локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей, применяемые на шахте.

В паспорт выемочного участка, проведения и крепления горных выработок в соответствии с разделом «Пылевзрывозащита шахты» проекта шахты включается схема установки в горных выработках средств локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей на период проведения подготовительных выработок и отработки выемочного участка.

Схема установки в горных выработках средств локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей утверждается техническим руководителем (главным инженером) шахты.

Оборудование и технические устройства, предназначенные для локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей, должны иметь разрешение на применение на опасном производственном объекте и техническую документацию согласно ***Правилам применения технических устройств на опасных производственных объектах, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации.***

Контроль состояния средств локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей осуществляют специалисты участка аэрологической безопасности и специалисты технологических участков. Руководитель (директор) шахты определяет порядок осуществления вышеуказанно-

го контроля.

2. Способы и средства локализации и предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей

На шахтах для локализации взрывов пылегазовоздушных смесей применяются ***пассивный*** и ***автоматический*** способы локализации взрывов пылегазовоздушных смесей.

В зависимости от применяемого способа локализации в горных выработках шахт устанавливаются пассивные средства локализации и автоматические средства локализации взрывов – взрыволокализующие заслоны.

К ***пассивным средствам*** локализации относятся сланцевые и водяные заслоны.

К ***автоматическим средствам*** локализации взрывов относятся автоматические системы локализации взрывов (АСЛВ).

АСЛВ устанавливаются для локализации взрывов и взрывоподавления.

На шахтах для предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей используются автоматические средства предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей (АСПВ):

– автоматические водяные завесы (АВЗ);

– системы локализации вспышек автоматические (СЛВА).

2.1. Порядок применения сланцевых заслонов

Сланцевые заслоны устанавливаются из ряда монтируемых под кровлей поперек выработок легкоопрокидываемых полок с инертной пылью. Полки сланцевого заслона выполняются жесткой конструкции или свободнолежащим настилом. Ширина полок сланцевого заслона жесткой конструкции должна быть в пределах 250-500 мм, а при свободнолежащем настиле – 600-800 мм.

Полки сланцевого заслона жесткой конструкции устанавливаются в выработках площадью сечения до 10 м^2. Полки со свободнолежащим настилом устанавливаются в выработках сечением более 7 м^2. Рекомендуемые схемы установки сланцевых заслонов в сечении горных выработок, закрепленных различными видами крепи, приведены в *приложении 2*.

При установке полок сланцевого заслона обеспечивается расстояние:

– от кровли выработки до верхней части полки не менее 200 мм и не более 300 мм;

– между полками не менее их ширины.

В выработках, оборудованных вентиляционным ставом, полки сланцевого заслона устанавливаются не более чем на 100 мм от вентиляционного става. Сланцевый заслон монтируется длиной не менее 20 м. Количество инертной пыли в сланцевых заслонах определяется из расчета 400 кг на 1 м^2 сечения горной выработки в свету в месте установки заслона.

Сланцевые заслоны устанавливаются в наклонных подземных горных выработках с углом наклона до 18°.

Для сланцевых заслонов применяется инертная пыль, показатели качества которой соответствуют показателям качества инертной пыли, приведенным в *приложении 3*. Качество инертной пыли указывается производителем (поставщиком) при каждом поступлении инертной пыли на шахту.

2.2. Порядок применения водяных заслонов

Водяные заслоны устанавливаются из ряда монтируемых под кровлей поперек выработки полок с размещенными на них жесткими сосудами или из пленочных сосудов, изготовленных из полимерных материалов (водяные карманы).

Полки для размещения сосудов устанавливаются шириной не менее 150 мм. Сосуды и водяные карманы имеют объем не более 80 л. В сосуды водяного заслона и водяные карманы заливается вода, водные растворы или другие огнетушащие жидкости. Количество огнетушащей жидкости в водяных заслонах определяется из расчета 440 л на 1 м^2 поперечного сечения горной выработки в свету в месте установки заслона.

Сосуды на полках устанавливаются в два и более ряда. Сосуды на соседних полках устанавливаются таким образом, чтобы промежутки между сосудами, установленными на одной полке, были перекрыты сосудами, установленными на соседней полке. При этом сосудами, установленными на каждой полке, должно быть перекрыто не менее 50 % ширины горной выработки.

Водяной заслон поддерживается подвесками в горизонтальном положении. Расстояние между подвесками принимается не более 2,5 м. При испарении воды из сосудов водяного заслона принимаются меры по снижению интенсивности испарения.

Водяные карманы подвешиваются на несущие конструкции, смонтированные под кровлей выработки, или на несущие конструкции, смонтированные на боках выработки. Несущие конструкции на боках выработки монтируются в шахматном порядке.

Водяные заслоны из водяных карманов устанавливаются на участках выработок со сплошной затяжкой крепи кровли выработки. Водяные карманы защищаются от механических повреждений. Полки водяного заслона устанавливаются таким образом, чтобы расстояние от кровли выработки до верха размещенного на них жесткого сосуда было не менее 100 мм и не более 300 мм.

Водяные карманы под кровлей выработки монтируются на расстоянии 100-300 мм от кровли горной выработки. Верхний ряд водяных карманов на боках выработки монтируется на расстоянии от кровли 100-300 мм. Полки с сосудами и несущие конструкции водяных карманов устанавли-

ваются на расстоянии не менее 500 мм друг от друга. Водяной заслон монтируется длиной не менее 30 м.

Рекомендуемые схемы установки водяных заслонов из сосудов в сечении горных выработок, закрепленных различными видами крепи, приведены в *приложении 4*.

Рекомендуемые схемы установки водяного заслона из водяных карманов приведены в *приложении 5*.

2.3. Порядок применения автоматических систем локализации взрывов

АСЛВ устанавливаются под кровлей выработки таким образом, чтобы устройство, формирующее сигнал о взрыве (извещатель), находилось со стороны локализуемого взрыва. АСЛВ крепятся к специально установленным анкерам или к элементам крепи. Рекомендуемая схема установки АСЛВ приведена в *приложении 6.* На одном участке выработки устанавливается одна или несколько АСЛВ. Установленные АСЛВ обеспечивают необходимую концентрацию огнетушащего вещества на участке их установки. Инерционность срабатывания АСЛВ не более 50 мс.

В АСЛВ применяются огнетушащие вещества: жидкости, пены, газы, порошки, аэрозоли. Техническое обслуживание АСЛВ проводится в соответствии с их технической документацией.

2.4. Порядок оснащения горных выработок заслонами

На шахтах, отрабатывающих опасные и безопасные по взрывам пыли пласты, заслоны устанавливаются в выработках, пройденных на опасный пласт с неопасного. Заслоны устанавливаются на прямолинейных участках выработок с постоянным сечением. Образовавшиеся при проведении горной выработки пустоты за элементами крепи на участке установки заслона закладываются негорючими материалами. Заслон в горной выработке устанавливается таким образом, чтобы он не создавал препятствий и помех для передвигающихся по выработке людей и шахтного транспорта.

Заслонами локализуются взрывы пылегазовоздушных смесей:

– в подготовительных выработках, проводимых по углю или по углю и породе;

– в очистных выработках;

– в конвейерных выработках;

– в крыльях шахтного поля по каждому пласту;

– на пожарных участках;

– в складах взрывчатых материалов и раздаточных камерах;

– в газодренажных выработках.

Для локализации взрывов пылегазовоздушных смесей в подготовительной выработке, проводимой по углю или по углю и породе, длиной менее 40 м в сопряженных с ней выработках устанавливаются заслоны на расстоянии от сопряжения 60-70 м для сланцевых заслонов или АСЛВ и

75-85 м для водяных заслонов.

В подготовительной выработке, проводимой по углю или по углю и породе, длиной 40-50 м заслоны устанавливаются в подготовительной выработке на расстоянии 30-40 м от забоя.

Заслоны устанавливаются по всей длине выработки, проводимой по углю или по углю и породе, не более чем через 300 м для сланцевых заслонов и АСЛВ и не более чем через 250 м для водяных заслонов. Сланцевые заслоны и АСЛВ устанавливаются не ближе 60 м от забоя подготовительной выработки, водяные – 75 м.

Для локализации взрыва в очистной выработке заслоны устанавливаются в конвейерной и вентиляционной выработках на расстоянии не менее 40 м и не более 300 м от их сопряжения с очистной выработкой. В конвейерной и вентиляционной выработках заслоны устанавливаются у сопряжений данных выработок с бремсбергами, уклонами, квершлагами на расстоянии 60-70 м для сланцевых заслонов и АСЛВ и 75-85 м для водяных заслонов. В конвейерной и вентиляционной выработках, у сопряжений данных выработок с бремсбергами, уклонами, квершлагами устанавливаются две АСЛВ. Извещатель одной АСЛВ направлен в сторону сопряжения с очистной выработкой, другой – в сторону сопряжения с бремсбергом, уклоном, квершлагом.

В выработках, оборудованных ленточными конвейерами, сланцевые заслоны или АСЛВ устанавливаются не более чем через 300 м, водяные – не более чем через 250 м. В выработках, оборудованных ленточными конвейерами, по которым транспортируется только порода, заслоны не устанавливаются.

Заслоны устанавливаются в горных выработках выемочного участка, шахтопласта, крыла, панели, блока и горизонта на расстоянии не менее 60 м и не более 300 м для сланцевых заслонов и АСЛВ и не менее 75 м и не более 250 м для водяных заслонов от границ вышеуказанных участков шахтного поля. Заслоны устанавливаются в выработках, по которым возможен доступ к изолирующим пожарный участок перемычкам. Заслоны устанавливаются на расстоянии не менее 60 м и не более 300 м для сланцевых заслонов и АСЛВ и не менее 75 м и не более 250 м для водяных заслонов от изолирующих пожарный участок перемычек.

Заслоны устанавливаются в выработках, сопряженных с выходами из склада ВМ на расстоянии от них не менее 60-70 м для сланцевых заслонов и АСЛВ и менее 75-8 м для водяных заслонов. Заслоны устанавливаются в действующих выработках на расстоянии для сланцевых заслонов и АСЛВ 60-70 м и для водяных заслонов – 75-85 м от смесительных камер. Рекомендуемые схемы установки взрыволокализующих заслонов приведены в *приложении 7*.

2.5. Порядок применения автоматических средств предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей

АВЗ обеспечивает включение (отключение) водяной завесы автоматически при получении сигнала о взрыве, сформированного извещателем или в ручном режиме. Элементы АВЗ крепятся к кровле, почве и бортам выработки, подключаются к пожарно-оросительному трубопроводу, к рабочему и резервному электроснабжению. Рекомендуемая блок-схема подключения АВЗ приведена в *приложении 8*.

В системе локализации вспышек автоматических (СЛВА) применяются огнетушащие вещества. СЛВА обеспечивает выброс огнетушащего вещества при получении сигнала о взрыве, сформированного извещателем. СЛВА и извещатели располагаются на расстоянии от возможного очага вспышки в соответствии с технической документацией производителя. Рекомендуемые схемы установки СЛВА в горных выработках приведены в *приложении 9.*

2.6. Контроль состояния заслонов автоматических средств предупреждения взрывов

Рекомендуемые образцы актов сдачи в эксплуатацию заслонов приведены в *приложении 10*.

При проведении контроля состояния заслонов проверяется:

– правильность установки заслонов;

– соответствие размеров элементов сланцевого заслона требуемым размерам;

– число и исправность полок, несущих конструкций заслонов;

– наличие на полках необходимого количества воды или инертной пыли;

– возможность дальнейшего использования сосудов, водяных карманов и инертной пыли.

АСЛВ проверяются в соответствии с их технической документацией.

Возможность дальнейшего использования инертной пыли определяется по ее слеживаемости. Инертная пыль является слежавшейся, если при сжатии в руке она не рассыпается. Слежавшаяся инертная пыль в сланцевом заслоне заменяется.

Порядок проведения контроля качества инертной пыли в сланцевых заслонах определяет технический руководитель (главный инженер) шахты. Качество инертной пыли, применяемой в сланцевом заслоне, контролируется 1 раз в квартал.

Результаты контроля состояния заслонов фиксируются на аншлаге заслона, установленном у каждого заслона, и в журнале по обслуживанию автоматического и пассивного заслона. Рекомендуемые образцы рабочего журнала по обслуживанию автоматического и пассивного заслона и аншлага заслона приведены в *приложении 11*.

Контроль состояния заслонов специалистами технологического участка, в ведении которых они находятся, проводится ежесменно, специалистами участка АБ – не реже одного раза в сутки.

Контроль АСПВ включает следующие проверки:

– правильность установки и технический осмотр элементов АСПВ;

– давление воды в пожарно-оросительном трубопроводе и в АСПВ;

– включение и отключение АСПВ.

– АСПВ проверяются в соответствии с их технической документацией.

Контроль состояния АСПВ специалистами технологического участка, в ведении которых они находятся, проводится ежесменно, специалистами участка АБ – не реже одного раза в сутки.

Вопросы для самопроверки

1. Какие способы применяют на шахтах для локализации взрывов пылегазовоздушных смесей?

2. Что используют на шахтах для предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей?

3. Каким должно быть расстояние при установке полок сланцевого заслона.

4. Что применяется для сланцевых заслонов?

5. Какой длины должен быть водяной заслон?

6. Водяной заслон монтируется длиной не менее 30 м.

7. Что применяют в качестве огнетушащих веществ в АСЛВ?

8. В каких выработках взрывы пылегазовоздушных смесей локализуют заслонами?

9. В какой момент происходит выброс огнетушащего вещества в системе локализации вспышек автоматических?

10. Что проверяется при проведении контроля состояния заслонов?

11. Где фиксируются результаты контроля состояния заслонов?

12. Кто и как часто проводится контроль состояния заслонов?

13. Что проверяется при проведении контроля состояния автоматическихе средств предупреждения взрывов пылегазовоздушных смесей?

14. Кто и как часто проводится контроль состояния АСПВ?

Приложение 1

	Стадии развития взрыва пылегазовоздушных смесей в горных выработках угольных шахт							
	Горение	Вспышка	Балансирующие взрывы	Слабые взрывы в начальной стадии их развития	Слабые взрывы	Сильные взрывы в начальной стадии их развития	Сильные взрывы	Детонационный взрыв
Характер протекания	Свободное горение в ограниченном объеме	Медленное распространение в ограниченном объеме	Вялое распространение с остановками	Распространение со скачками скорости	Распространение со скачками скорости	Бурное распространение	Бурное распространение с ускорением	Очень бурное распространение с предельной скоростью
Избыточное давление на фронте ударно-воздушной волны, МПа	< 0,01	0,01 – 0,02	0,02 – 0,06	0,06 – 0,15	0,15 – 0,3	0,3 – 0,65	0,65 – 1,70	> 1,70
Скорость распространения ударно-воздушной волны, м/с	0	< 367	< 416	416 – 500	500 – 635	635 – 1000	1000 – 1500	1500 – 2500
Скорость распространения фронта пламени, м/с	< 1	1 – 40	40 – 100	100 – 250	250 – 340	340 – 660	660 – 1000	1000 – 2500

Приложение 2

СХЕМЫ
УСТАНОВКИ СЛАНЦЕВЫХ ЗАСЛОНОВ В СЕЧЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК,
ЗАКРЕПЛЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ КРЕПИ

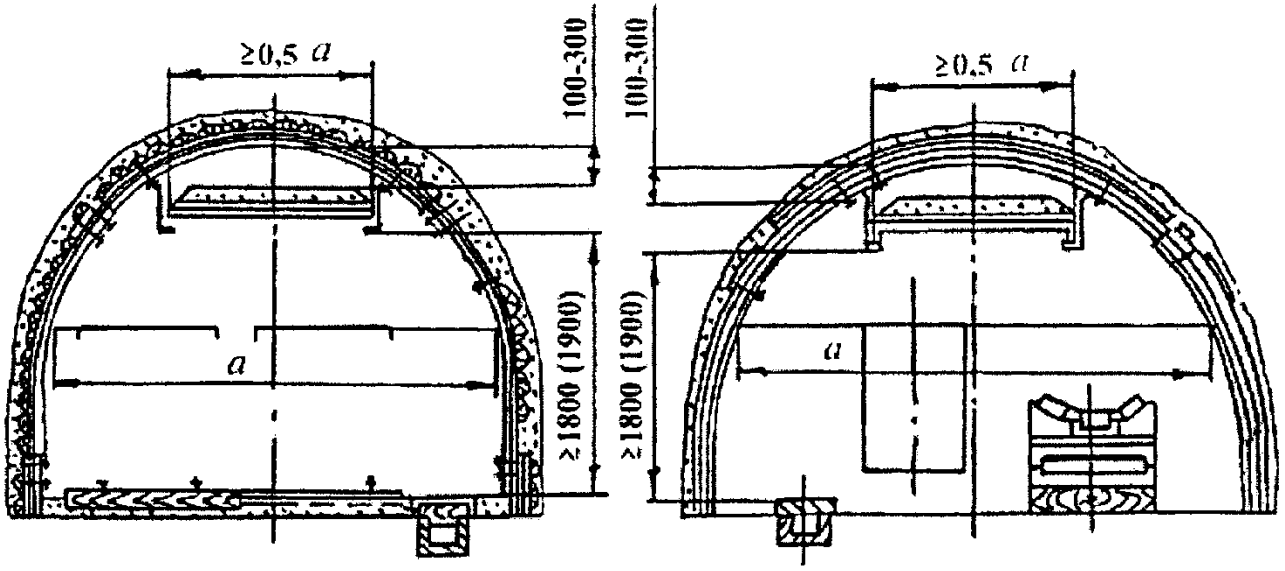


Рис. 1. Схема установки сланцевых заслонов
в выработках, закрепленных металлической арочной крепью
из специального профиля

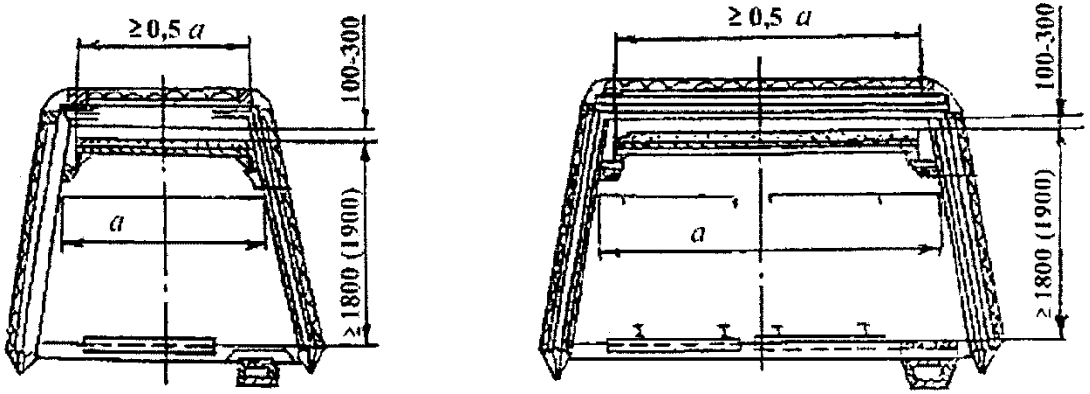


Рис. 2. Схема установки сланцевых заслонов в выработках, закрепленных деревянной крепью

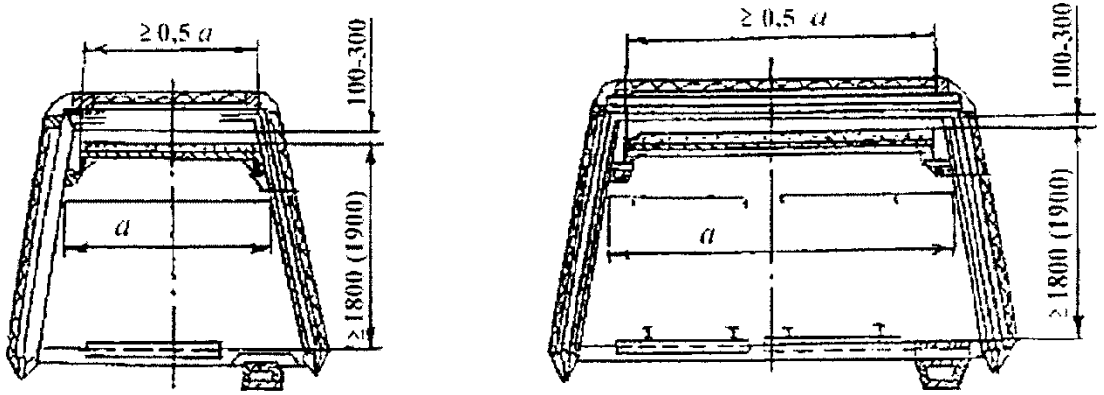


Рис. 3. Схема установки сланцевых заслонов в выработках, закрепленных железобетонными стойками и шарнирно-подвесными верхняками

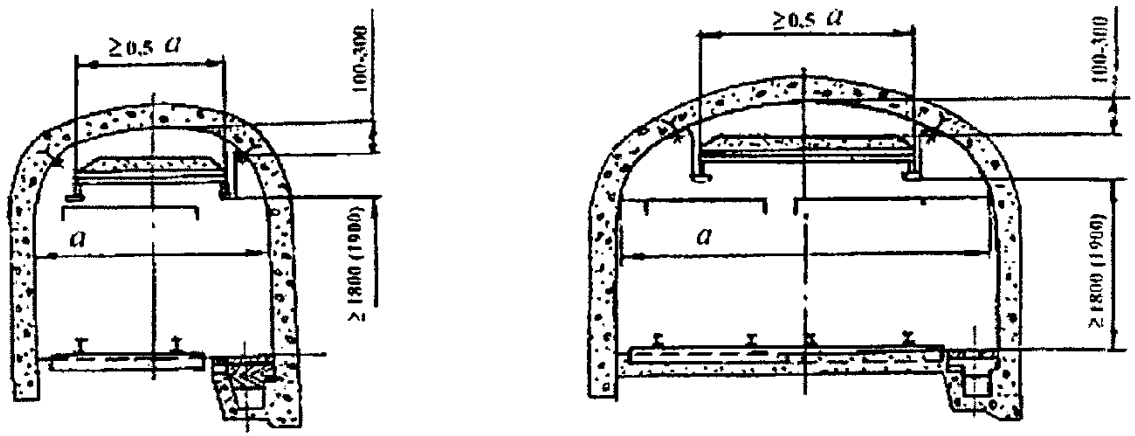


Рис. 4. Схема установки сланцевых заслонов в выработках, закрепленных бетонной крепью

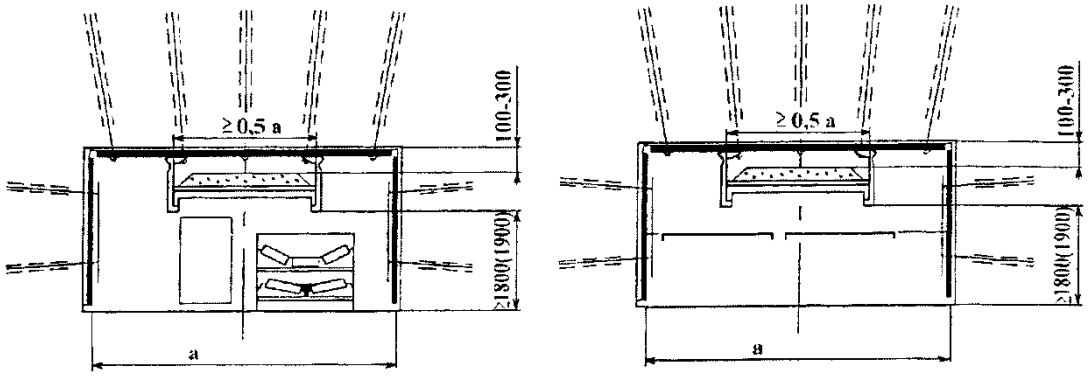


Рис. 5. Схема установки сланцевых заслонов в выработках, закрепленных анкерами

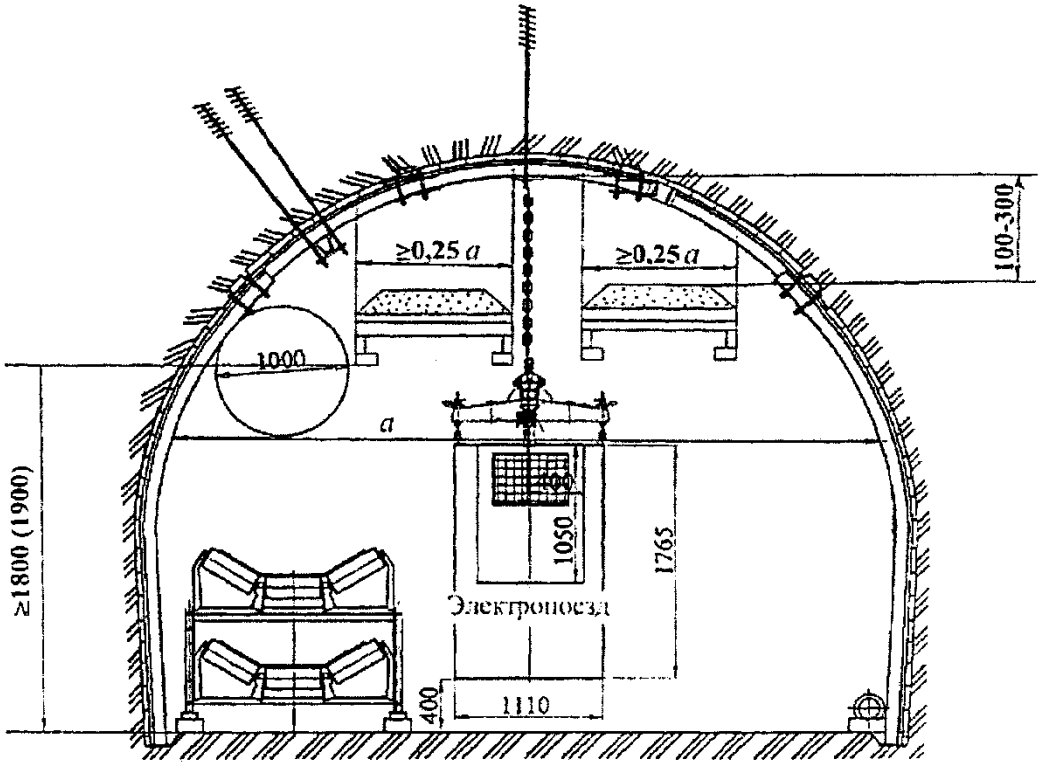


Рис. 6. Схема установки сланцевых заслонов
в выработке сечением не менее 19,2 м^2, закрепленной
металлической арочной крепью из специального профиля
и оборудованной ленточным конвейером
и монорельсовым транспортом

Приложение 3

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИНЕРТНОЙ ПЫЛИ

№ п/п	Наименование показателя	Показатель
1	Массовая доля оксида кальция, %	Не менее 51,0
2	Массовая доля оксида магния, %	Не более 2,5
3	Массовая доля суммы полуторных оксидов железа и алюминия, %	Не более 5,0
4	Массовая доля диоксида кремния, %	Не более 3,0
5	Массовая доля фосфора, %	Не более 0,06
6	Массовая доля мышьяка, %	Не более 0,003
7	Массовая доля влаги, %	Не более 1,0
8	Массовая доля горючих веществ, %	Не более 0,5
9	Гранулометрический состав, %: остаток на сите 016 остаток на сите 0063	 Не более 15,0 Не более 50,0
10	Степень гидрофобизации: удовлетворительная высокая	 0,3 0,5
11	Горючесть	Группа негорючих материалов
12	Коэффициент теплопроводности, Вт/м×К	0,45 – 1,00
13	Взвешиваемость в воздухе, %: удовлетворительная средняя	 Не менее 70 50–70

Приложение 4

СХЕМЫ
УСТАНОВКИ ВОДЯНЫХ ЗАСЛОНОВ ИЗ СОСУДОВ
В СЕЧЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК,
ЗАКРЕПЛЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ КРЕПИ

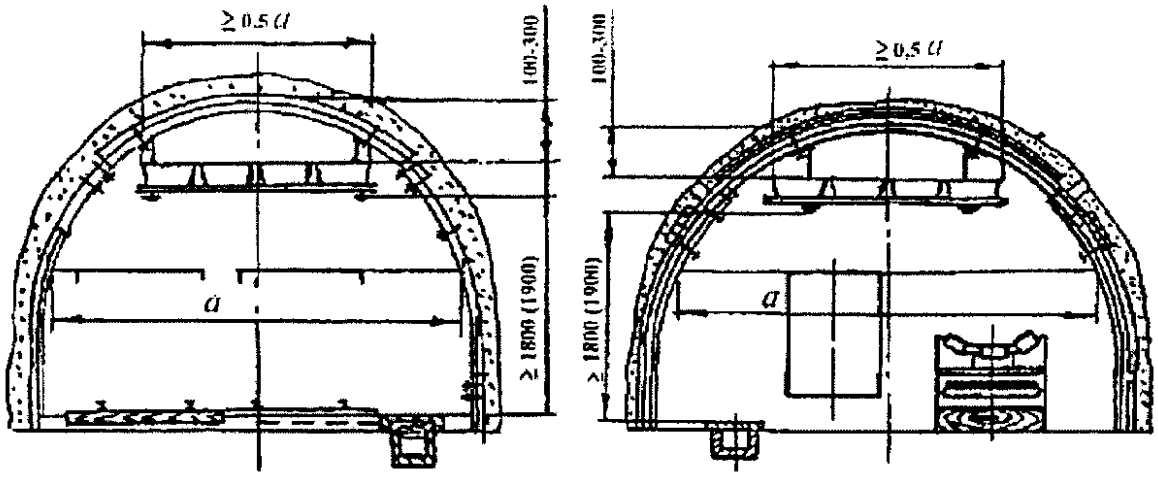


Рис. 1. Схема установки водяных заслонов
в выработках, закрепленных металлической арочной крепью
из специального профиля

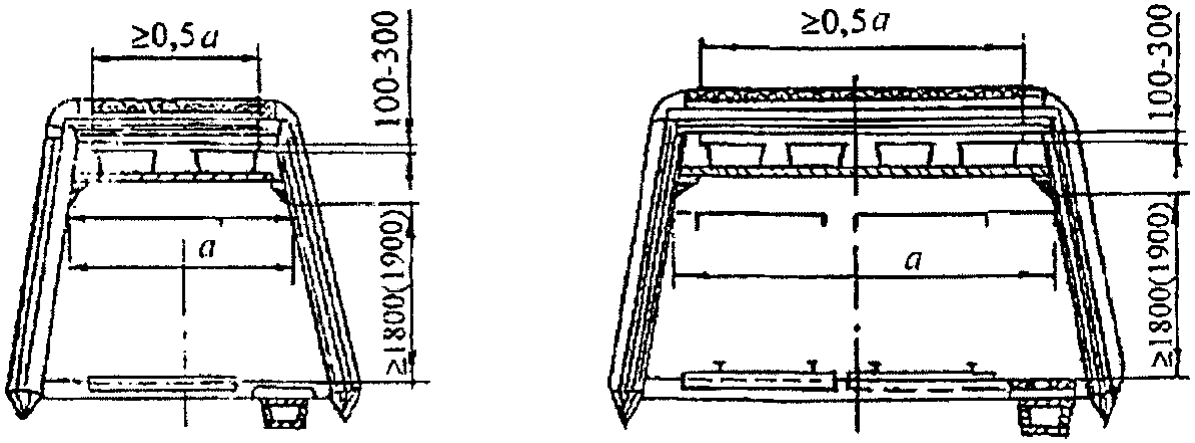


Рис. 2. Схема установки водяных заслонов в выработках,
закрепленных деревянной крепью

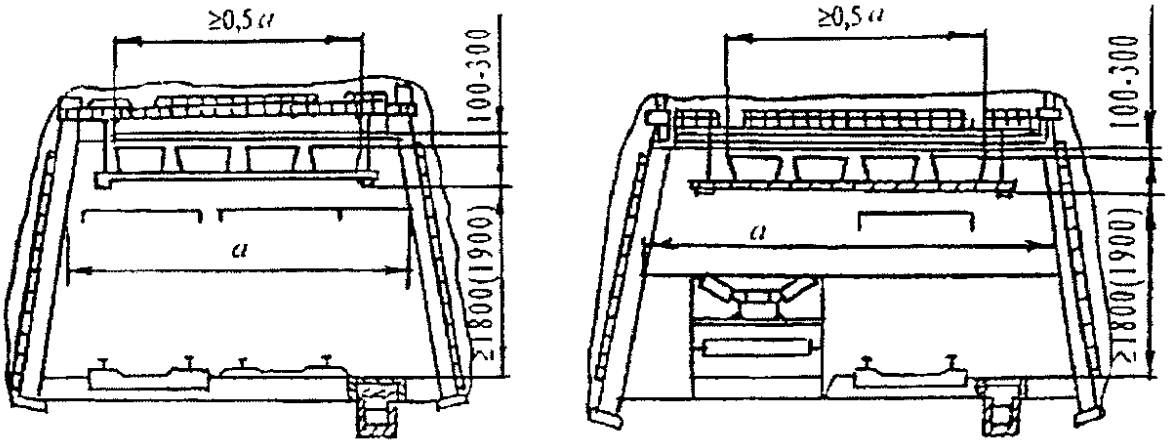


Рис. 3. Схема установки водяных заслонов
в выработках, закрепленных железобетонными стойками
и шарнирно-подвесными верхняками

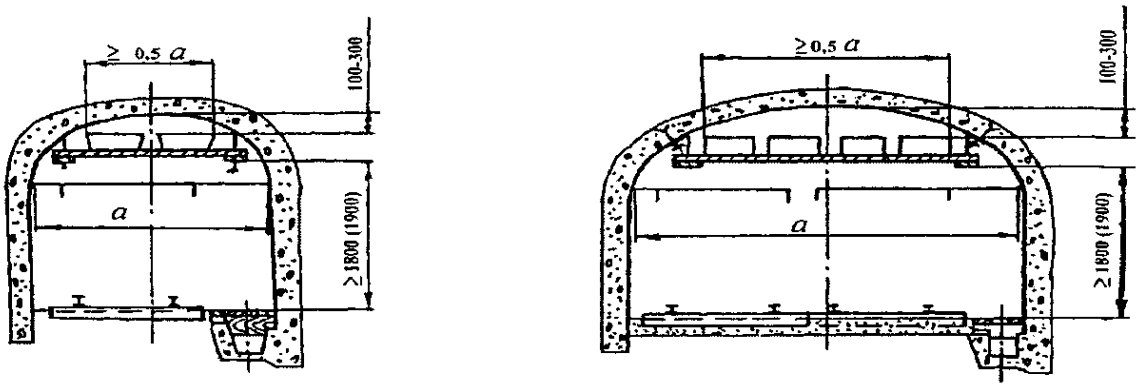


Рис. 4. Схема установки водяных заслонов в выработках,
закрепленных бетонной крепью

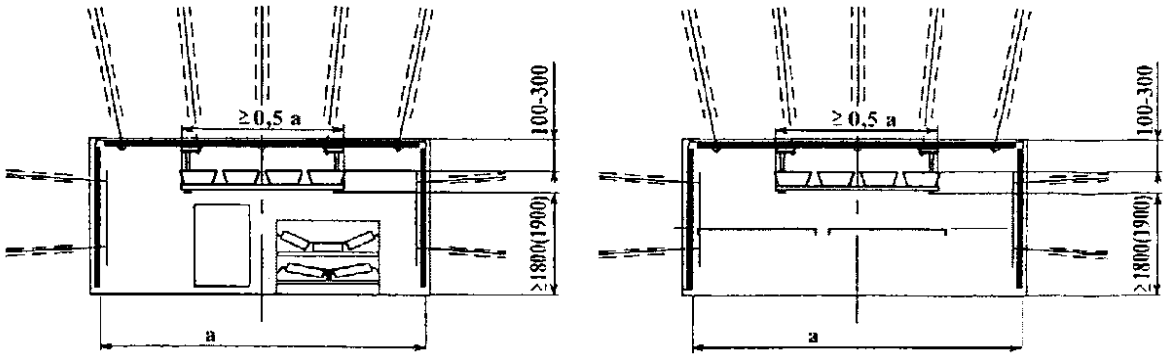


Рис. 5. Схема установки водяных заслонов в выработках,
закрепленных анкерным креплением

Приложение 5

СХЕМЫ УСТАНОВКИ ВОДЯНОГО ЗАСЛОНА ИЗ ВОДЯНЫХ КАРМАНОВ

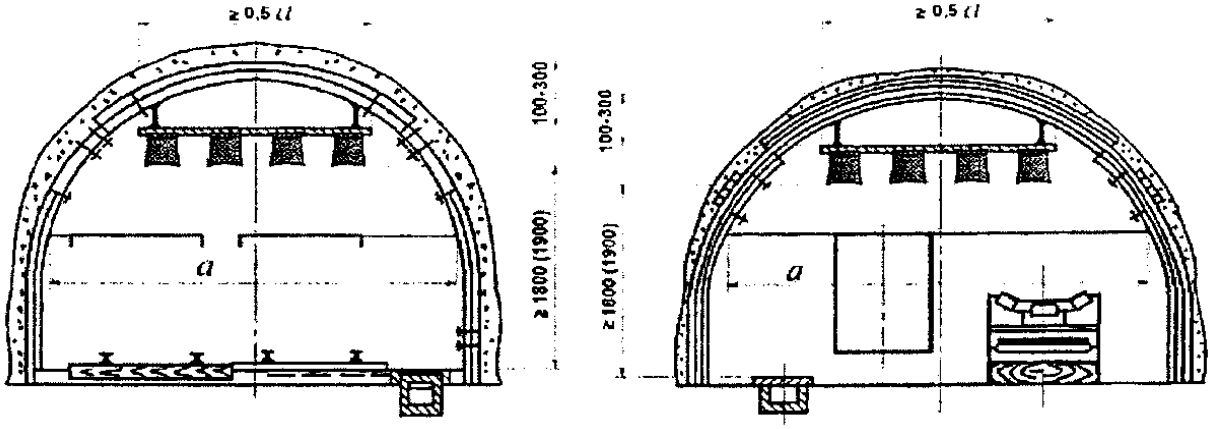


Рис. 1. Схема установки водяного заслона
из водяных карманов под кровлей выработки

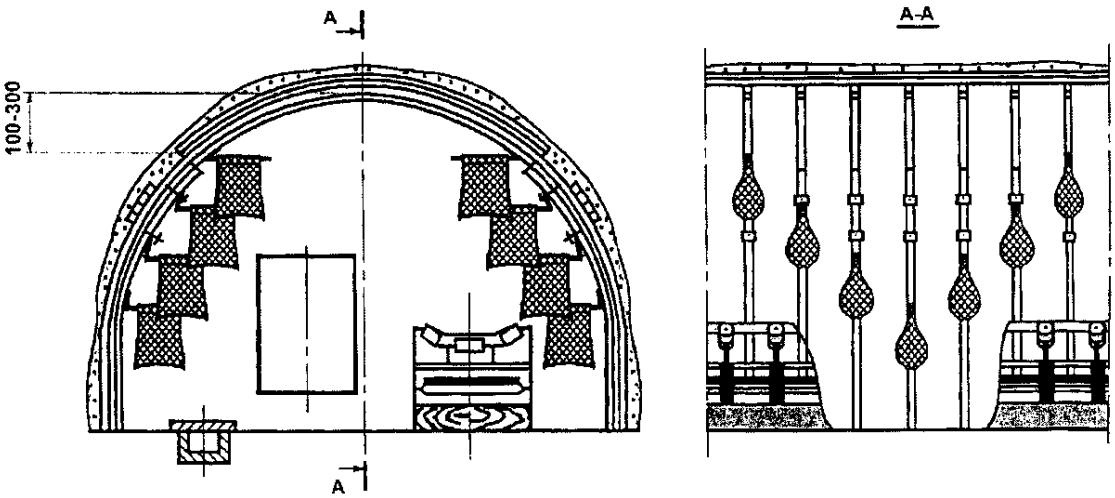


Рис. 2. Схема установки водяного заслона
из водяных карманов на боках выработки

Приложение 6

СХЕМА УСТАНОВКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЗРЫВОВ

АСЛВ в горной выработке крепятся к анкерам и (или) к элементам крепи

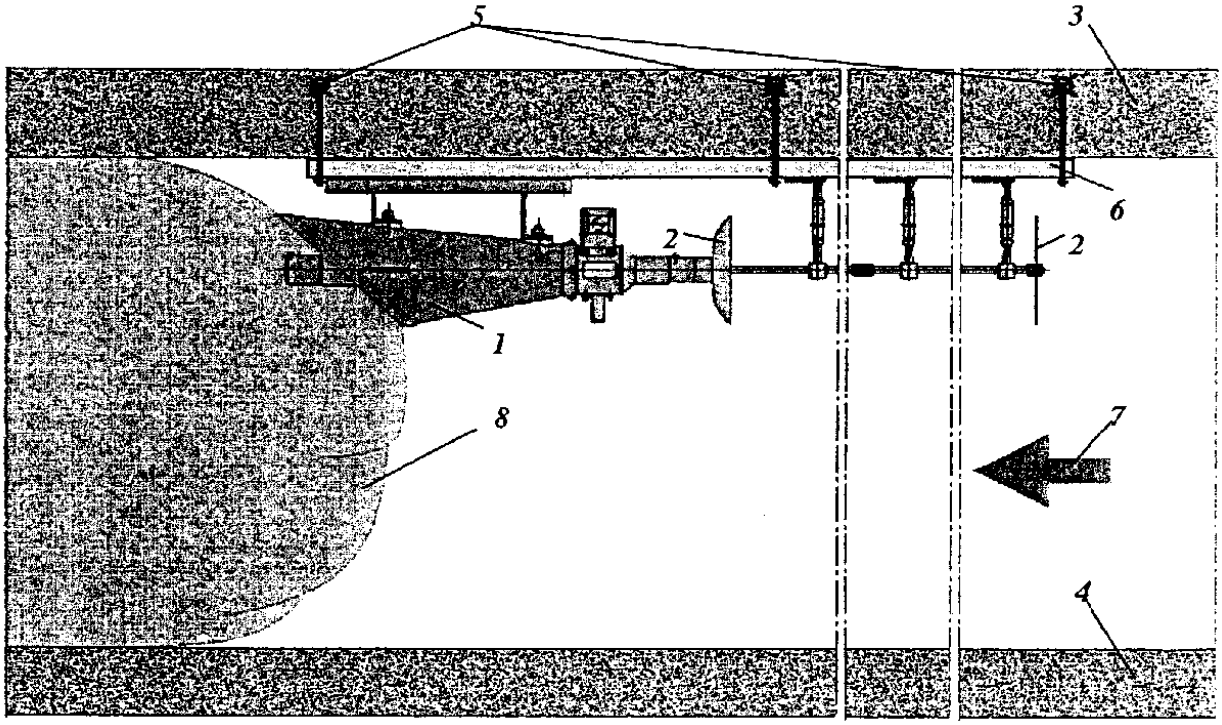


Рис. 1. Крепление АСЛВ в выработке с анкерной крепью:
1 – АСЛВ; 2 – извещатель; 3 – кровля выработки; 4 – почва выработки; 5 – анкерная крепь; 6 – крепежная конструкция; 7 – направление распространения фронтов ударно-воздушной волны и пламени, образованных в результате взрыва метановоздушной смеси и (или) угольной пыли; 8 – облако из огнетушащего порошка во взвешенном состоянии

Приложение 7

СХЕМЫ УСТАНОВКИ ВЗРЫВОЛОКАЛИЗУЮЩИХ ЗАСЛОНОВ

На рисунках 1-9 настоящего приложения используются следующие условные обозначения:

(| – сланцевый взрыволокализующий заслон;

_/ – водяной взрыволокализующий заслон;

|>| – автоматический взрыволокализующий заслон;

-----> – направление вентиляционного потока.

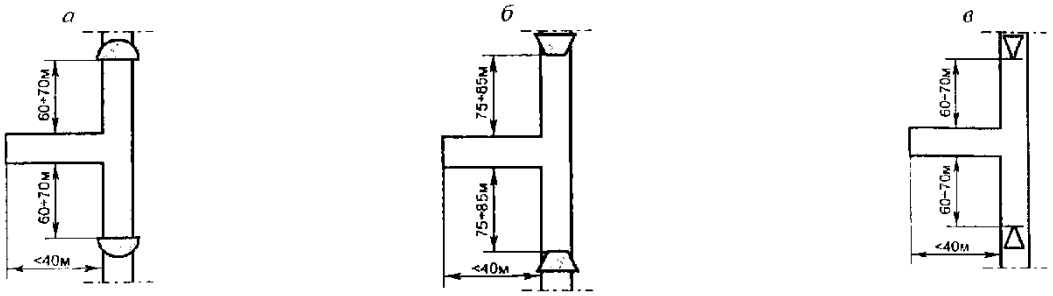


Рис. 1. Схемы установки заслонов в выработке, сопряженной с подготовительной выработкой, проводимой по углю или по углю и горной породе, длиной меньше 40 м

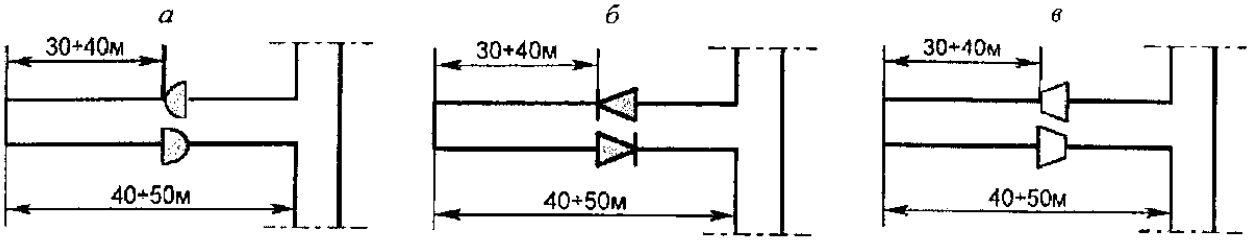
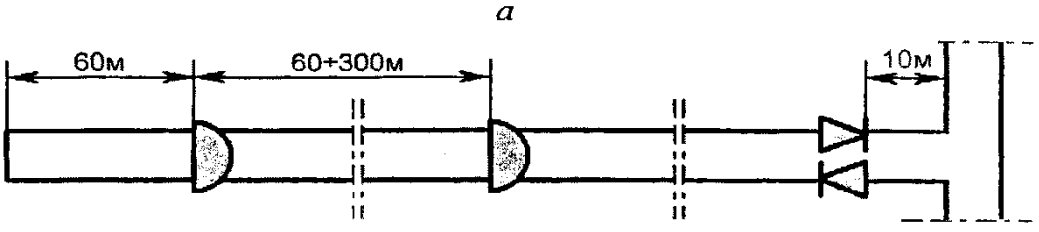


Рис. 2. Схемы установки заслонов в подготовительной выработке длиной 40–50 м



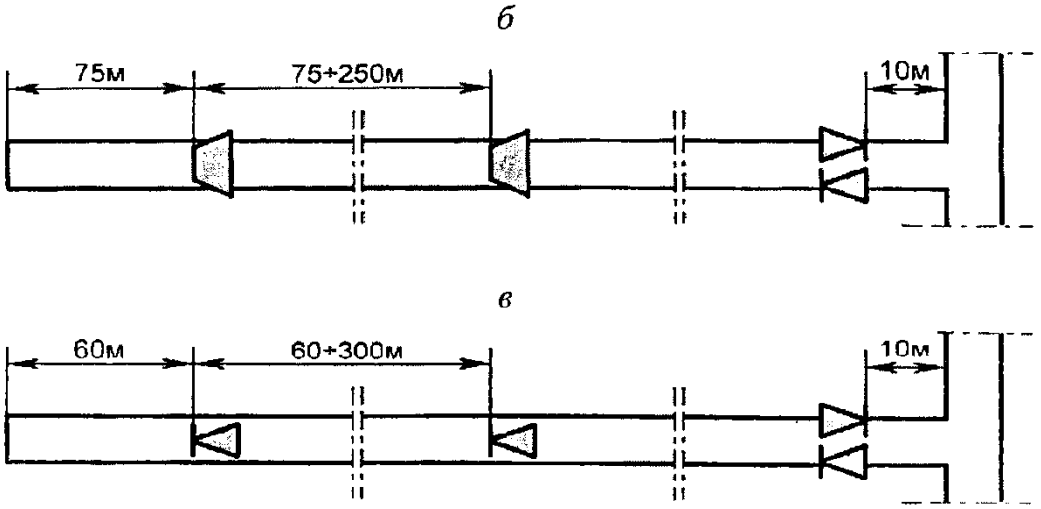


Рис. 3. Схемы установки заслонов
в подготовительной выработке

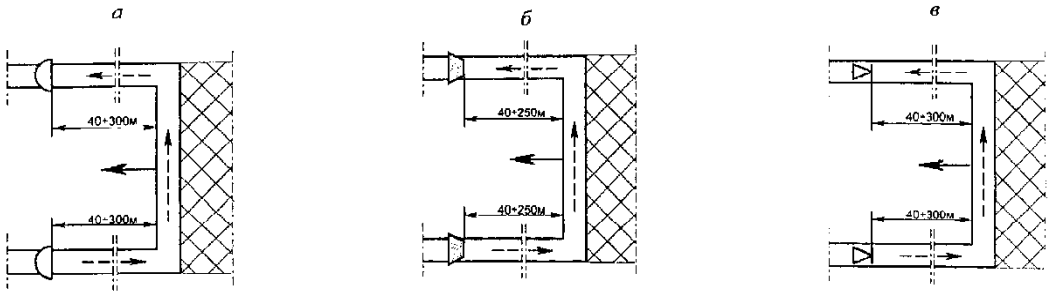


Рис. 4. Схемы установки заслонов от сопряжения
с очистной выработкой по ходу движения забоя в конвейерной
и вентиляционной выработке с возвратной
схемой проветривания

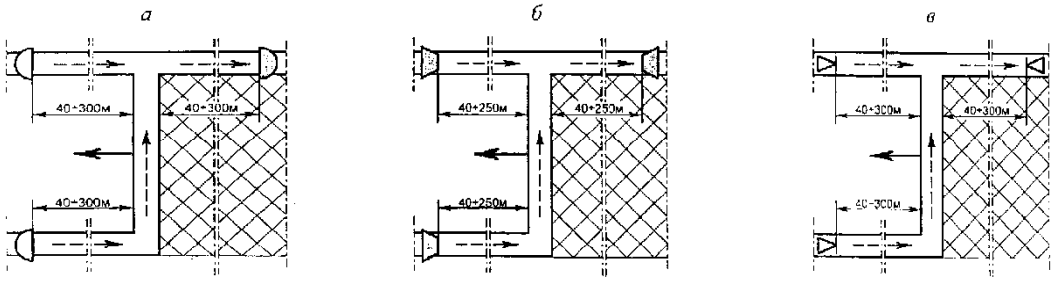


Рис. 5. Схемы установки заслонов от сопряжения
с очистной выработкой в конвейерной выработке
и в вентиляционной выработке, по которой отводится
вентиляционная струя при прямоточных
с подсвежением схемах проветривания

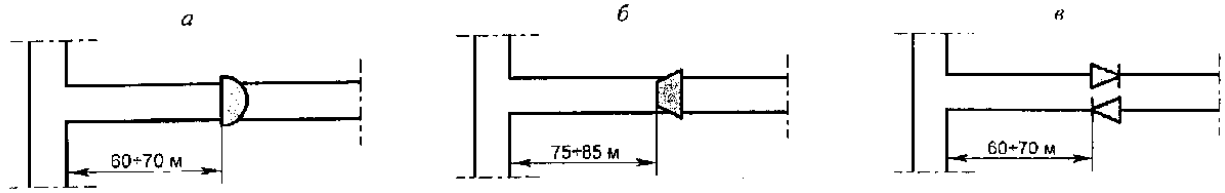


Рис. 6. Схемы установки заслонов в конвейерной
и вентиляционной выработках у сопряжений данных выработок
с бремсбергами, уклонами, квершлагами

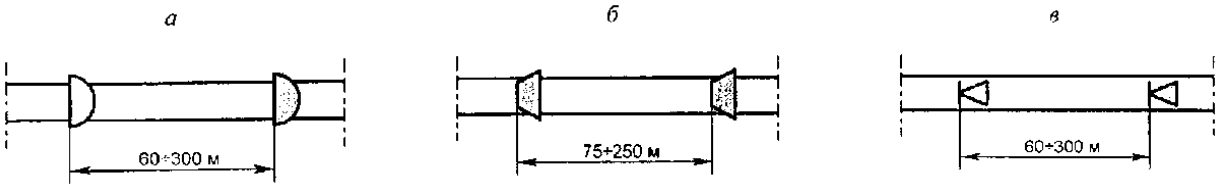


Рис. 7. Схемы установки заслонов в выработках,
оборудованных ленточными конвейерами

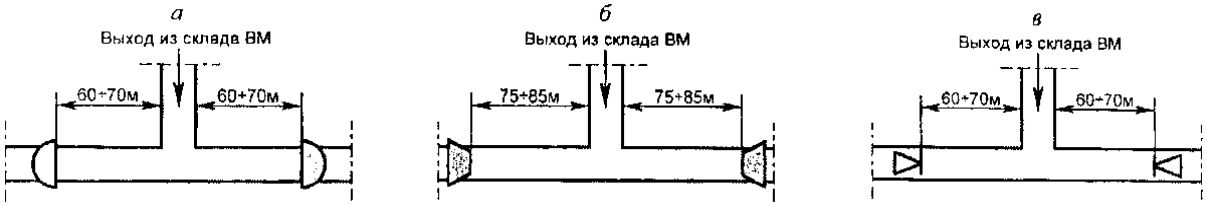


Рис. 8. Схемы установки заслонов в выработках,
сопряженных с выходами из склада ВМ

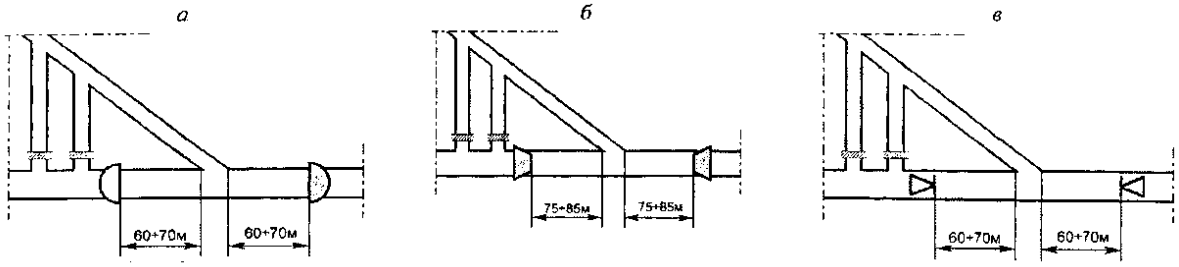


Рис. 9. Схемы установки заслонов в действующей выработке
с двух сторон от ее сопряжения с газодренажной выработкой

Приложение 8

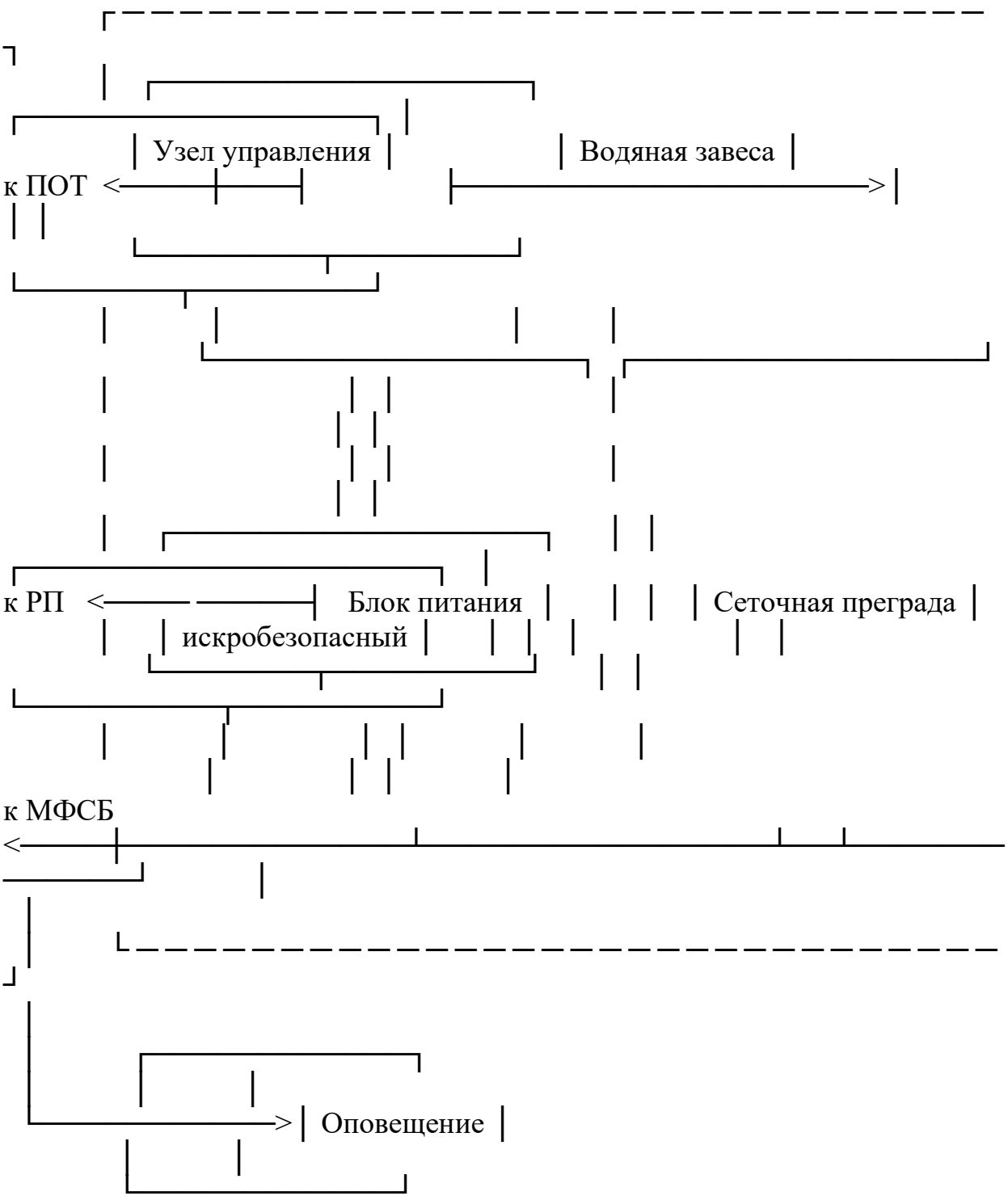


Рис. 1. Блок-схема подключения АВЗ:
ПОТ – пожарно-оросительный трубопровод; РП – распределительный пункт электроснабжения; МФСБ – многофункциональная система безопасности

Приложение 9

СХЕМЫ
УСТАНОВКИ СИСТЕМ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЗРЫВОВ
АВТОМАТИЧЕСКИХ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

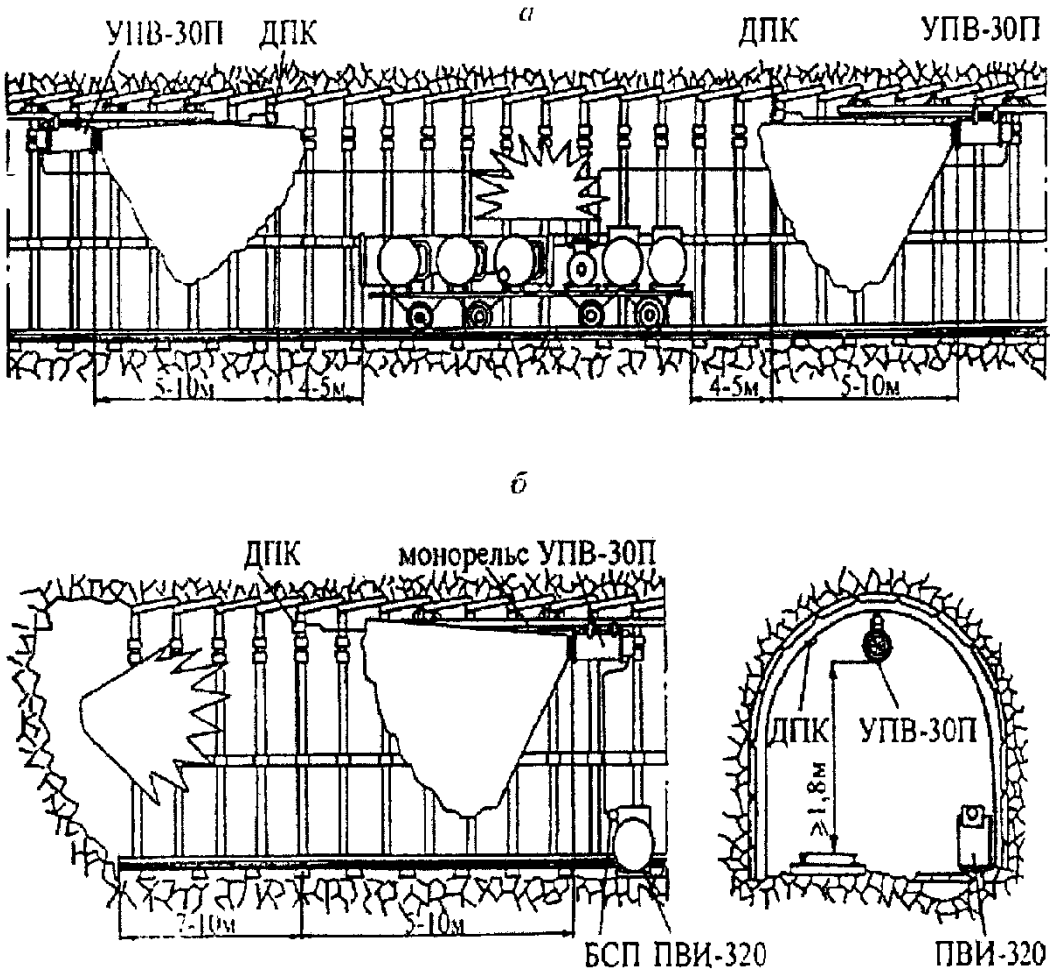


Рис. 1. Схемы установки СЛВА в горных выработках:
а – для защиты распределительного пункта; б – для защиты тупиковой выработки; УПВ-30П – устройство подавления воспламенения; ДПК – датчик пламени; БСП – блок сопряжения с пускателем; ПВИ – пускатель взрывозащищенный искробезопасный

Приложение 10

АКТ

сдачи в эксплуатацию пассивного взрыволокализующего заслона

УТВЕРЖДАЮ
Технический директор
(главный инженер) шахты

_____
"__" _____ 20__ г.

На шахте _____технического отделом
(название шахты, к какой угольной компании шахта относится)
шахты разработана документация на установку пассивноговзрыволокализующего заслона в горной выработке шахты (участка), которая включена в проект Пылевзрывозащиты шахты.
В соответствии с разработанной документацией на шахте установлен

_____
(тип заслона – сланцевый, водяной)
Горная выработка

_____.
Номер заслона _____ комплектация

_____
(количество инертной пыли (воды) и основные технические характеристики заслона)

Научасткеаэрологическойбезопасностизаведеныжурналыпообслуживанию,контролюиэксплуатациипассивныхвзрыволокализующих заслонов,аукаждогоместаустановкипассивноговзрыволокализующего заслона в шахте укреплен аншлаг установленного образца.

Персонал,осуществляющийконтрольсостоянияпассивныхвзрыволокализующихзаслонов,ознакомленсустройствомиправилами эксплуатации взрыволокализующего заслона.

Пассивный взрыволокализующий заслон принят в эксплуатацию.

Зам. главного инженера _____

Начальник участка аэрологической безопасности _____

Начальник(и) участка(ов) _____

АКТ
сдачи в эксплуатацию автоматического
взрыволокализующего заслона

УТВЕРЖДАЮ
Технический директор
(главный инженер) шахты
_____
"__" _____ 20__ г.

На шахте _____ техническим отделом
(название шахты, к какой угольной компании шахта относится)
шахтыразработанадокументациянаустановкуавтоматическоговзрыволокализующегозаслонавгорной выработке шахты, которая включена в проект пылевзрывозащиты шахты.
Всоответствиисразработаннойдокументациейнашахтеустановленавтоматический взрыволокализующий заслон, состоящий из _____ АСЛВ,
(количество)
серийный(е) N
_____.
Горная выработка
_____.
Номер заслона _____ комплектация
_____.
(основные технические характеристики заслона)
На участке аэрологической безопасности заведены журналы на обслуживание и эксплуатациюавтоматическихвзрыволокализующихзаслонов,а у каждого местамонтажа автоматического взрыволокализующего заслона в шахте укреплен аншлаг установленного образца.
Персонал,осуществляющийконтрольсостоянияавтоматическихвзрыволокализующихзаслонов,ознакомленсустройствомиправилами эксплуатации автоматического взрыволокализующего заслона.
Автоматический взрыволокализующий заслон принят в эксплуатацию.

Зам. главного инженера _____
Начальник участка АБ _____
Начальник(и) участка(ов) _____
Представитель сервисного центра по монтажу, наладке, обслуживанию и ремонту автоматических систем _____

Приложение 11
(рекомендуемый образец)

РАБОЧИЙ ЖУРНАЛ
по обслуживанию пассивного взрыволокализующего заслона

Пассивный взрыволокализующий заслон N _____.

Тип заслона _____.
(сланцевый, водяной)

Наименование горной выработки _____.

Сечение горной выработки _____ $м^2$.

Место установки заслона (номер пикета, расстояние от сопряжения с ближайшей горной выработкой) _____.

Участок, за которым закреплен заслон _____.

Расчетное количество инертной пыли или воды на заслон _____ кг (л).

Емкость полки, сосуда или водяного кармана _____ кг (л).

Число сосудов, полок или водяных карманов _____ шт.

Дата		Состояние заслона	Подпись лица, производившего осмотр заслона	Распоряжение начальника участка аэрологической безопасности	Замечание технического директора (главного инженера) шахты
установки заслона	осмотра				
1	2	3	4	5	6

РАБОЧИЙ ЖУРНАЛ
по обслуживанию автоматического взрыволокализующего заслона

Автоматический взрыволокализующий заслон N _____, состоящий из _____
АСЛВ, серийный(е) N _____.
Наименование горной выработки _____.
Сечение горной выработки _____ $м^2$.
Место установки заслона (номер пикета, расстояние от сопряжения с ближайшей горной выработкой) _____.
Участок, за которым закреплен заслон _____.
Количество огнетушащего порошка в бункере АСЛВ _____ кг.
Установленное рабочее давление сжатого воздуха в АСЛВ _____ $кгс/см^2$.
Дата последней поверки контрольного манометра "__" _____ 20__ г.

Дата		Состояние заслона	Подпись лица, производившего осмотр заслона	Распоряжение начальника участка аэрологической безопасности	Замечание технического директора (главного инженера шахты)
установки заслона	осмотра				
1	2	3	4	5	6

(рекомендуемый образец)

АНШЛАГ
пассивного взрыволокализующего заслона

Пассивный взрыволокализующий заслон N _____.
Тип заслона
_____.
(сланцевый, водяной)
Горная выработка _____, сечение _____ $м^2$.
Количество инертной пыли (воды) _____ кг (л).
Число полок (пластмассовых сосудов, водяных карманов) _____ шт.
Емкость полки (пластмассового сосуда, водяного кармана) _____ кг (л).
Дата загрузки инертной пылью или заливки водой заслона _____.

Дата осмотра заслона _____.

Ф.И.О. и подпись проверяющего _____

(рекомендуемый образец)

АНШЛАГ
автоматического взрыволокализующего заслона

Автоматический взрыволокализующий заслон N _____, состоящий из _____
АСЛВ, серийный(е) N _____.
Горная выработка _____, сечение _____ $м^2$.
Количество огнетушащего порошка _____ кг.
Изначально установленное рабочее давление сжатого воздуха ____ $кгс/см^2$.
Показание контрольного манометра АСЛВ N _____
на момент проверки _____ $кгс/см^2$.
Дата установки автоматического взрыволокализующего заслона _____.

Дата осмотра заслона _____.

Ф.И.О. и подпись проверяющего _____

Практическая работа № 6

Организация работ по контролю пылевзрывобезопасности

Цель работы: получить навыки по контролю пылевзрывобезопасности.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы

В соответствии с «Правилами безопасности в угольных шахтах» в каждой шахте контроль пылевзрывобезопасности горных выработок осуществляют переносными и стационарными средствами измерений утвержденного типа, прошедшими поверку.

Не реже одного раза в квартал пылевзрывобезопасность горных выработок контролируют по результатам лабораторного анализа проб отложившейся в горных выработках угольной пыли.

Порядок включения стационарных средств измерений в систему контроля пылевых отложений и управления пылеподавлением, входящую в состав многофункциональной системы безопасности (МФСБ), должен быть определен проектной документацией.

Пылемер ИКВЧ-ВЗ

Пылемер ИКВЧ-ВЗ (см. рис. 1) предназначен для измерения оптической плотности пылегазовых сред, массовых концентраций взвешенных частиц (пыли) МКП через калибровочный коэффициент, определяемый сравнительным методом, как отношение показаний контрольного прибора и измерителя по шкале массовых концентраций, а также для контроля пылеотложения с целью прогнозирования накопления взрывоопасных концентраций.



Рис.1. Общий вид прибора пылемер ИКВЧ-В3

Область применения: контроль состояния запыленности воздуха в шахтах и на горных выработках, в промышленных помещениях, литейных цехах, сварочных и шлифовальных мастерских, в подземном и надземном строительстве, на цементных заводах, металлургических комбинатах, кирпичных заводах.

Принцип работы оптический абсорбционный, основанный на методе определения оптической плотности пылегазовой среды по степени ослабления модулированного электромагнитного излучения.

Достоинства

– автоматическое переключение чувствительности при уменьшении оптической плотности до 0,04 Б;

– высокая чувствительность (единица младшего разряда цифровой индикации оптической плотности – 0,0001 Б, массовой концентрации пыли – 0,1 мг/м^3);

– широкий температурный диапазон;

– увеличенное время непрерывной работы измерителя без подзарядки аккумуляторной батареи;

– хранение средних значений массовой концентрации пыли за одноминутные интервалы в реальном масштабе времени в течение последних 48 часов работы измерителя;

– хранение средних значений массовой концентрации пыли в реальном масштабе времени за устанавливаемые потребителем интервалы времени измерений;

– корректировка чувствительности с помощью контрольного светофильтра входящего в комплект прибора;

– малые габариты и масса.

Измеритель ИКВЧ-В3 является моноблочным переносным оптическим прибором во взрывозащищенном исполнении и имеет маркировку взрывозащиты РО Exial/0 ExiaIIAT4 X.

Степень защиты измерителя от доступа к опасным частям, от попадания внешних твердых предметов и о т проникновения воды – IP54.

Дозиметр пыли ДП

Дозиметр пыли ДП (рис.2) предназначен для измерения массовой концентрации пыли в окружающей атмосфере непосредственно на рабочих местах в производственных помещениях, угольных шахтах, промышленных площадках, горнодобывающих предприятиях.



Рис.2. Общий вид прибора дозиметр пыли ДП

Дозиметр пыли ДП является современным прибором для замера массовой концентрации пыли в шахтах и индивидуальных пылевых нагрузок и имеет ряд ***достоинств:***

– небольшие габариты (110×92×40 мм) и вес (800 г) дозиметра позволяют переносить его и проводить индивидуальный пылевой контроль на каждом рабочем месте и в зонах с различным уровнем запыленности;

– возможность проводить пылевой контроль в течении всей рабочей смены без замены фильтра, так как дозиметр имеет фильтр с большой пылеемкостью, рассчитанный на работу в течение 8 часов.

ДП не имеет собственной цифровой индикации, анализ осуществляется весовым методом (предварительный отбор проб на фильтр за определенный период времени и последующее взвешивание на аналитических весах).

Фильтр дозиметра улавливает частицы пыли с размером от 1 мкм.

Запыленный воздух прокачивается диафрагменным насосом (габариты 48×92×40 мм), приводимым в действие электрическим приводом. Источник питания дозиметра – автономный от 3-х встроенных аккумуляторов, одна зарядка аккумулятора рассчитана не менее чем на 8 часов работы дозиметра. Число циклов заряда-разряда – не менее 500.

Дозиметр пыли ДП имеет взрывобезопасный уровень взрывозащиты, обеспечиваемый видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь», и эксплуатируется при температуре окружающей среды +1...+40 °С и относительной влажности до 90 % при температуре +35 °С.

Стационарный измеритель запыленности ИЗСТ-01

Стационарный измеритель запыленности ИЗСТ-01 (рис.3, 4) предназначен для измерения массовой концентрации пыли при контроле превышения предельно-допустимых концентраций в атмосфере, технологического контроля систем кондиционирования, вентиляционных систем и чистоты воздуха.



Рис.3. Общий вид прибора стационарный измеритель запыленности ИЗСТ-01



Рис.4. Размещение прибора ИЗСТ-01 в горных выработках

Область применения

Прибор применяется при санитарно-гигиеническом и технологическом мониторинге воздуха в угольной промышленности для контроля превышения предельно-допустимых концентраций угольной и углепородной пыли.

Преимущества

Основным преимуществом прибора является простота монтажа и обслуживания, экономичность измерения.

Технические характеристики

Диапазон измерений массовой концентрации пыли		0...1500 мг/м³
Условия эксплуатации	диапазон температуры окружающей среды	+5...+35 °С
	диапазон относительной влажности	20...98%

	диапазон атмосферного давления	84...106,7 кПа
	дисперсный состав пыли.	0,5...150 мкм
Масса		1500 г

Устройство

Измерители запыленности стационарные ИЗСТ-01 состоят из одного блока с цифровой индикацией результатов измерений и имеют цифровой и аналоговые выходы для передачи сигнала.

Принцип действия измерителей – оптический, основан на регистрации рассеянного ИК-излучения на частицах, свободно попадающих в освещаемое пространство измерительной камеры. Регистрация рассеянного излучения осуществляется кремниевым фотоприемником. Прямое излучение попадает в световую ловушку, в которой поглощается. Интегральные значения интенсивности рассеянного излучения пропорциональны массовой концентрации аэрозольных частиц.

Для предотвращения загрязнения оптических элементов осуществляется их обдув при помощи вентилятора, прокачивающего окружающий воздух через фильтр высокой очистки.

Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01

Прибор ПКА-01 (рис. 5) предназначен для измерения массовой концентрации пыли при технологическом, производственном и гигиеническом контроле воздуха.



Рис.5. Прибор ПКА-01

Особенности

Прибор может использоваться для измерения массовой концентрации витающей пыли любого происхождения во всех отраслях промышленности.

Режимы измерения выбираются в зависимости от вида пыли.

Режим 1 и 2: для пылей горных, горно-рудных месторождений и производств.

Режим 3 и 4: для пылей растительного происхождения.

Режим 5 и 6: для пылей строительных материалов.

В настоящее время прибор является единственным в мире малогабаритным экспресс-прибором оперативного контроля запыленности воздуха с широким диапазоном измерения.

Прибор компактен, имеет современный дизайн и оснащен новейшими микропроцессорами.

Принцип действия прибора основан на определении аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента за счет падения объемного расхода прокачиваемой пробы. С помощью встроенного процессора объемный расход пересчитывается в массовую концентрацию аэрозольных частиц, которая отражается на цифровом табло прибора.

Преимущества:

– широкий диапазон измерений;
– высокая надежность работы прибора;
– высокая точность результата измерений;
– компактность, малый вес прибора;
– простота и удобство в эксплуатации;
– различные режимы измерении;
– применении современных технологий;
– современный дизайн;
– взрывозащищенность прибора;
– прибор не имеет аналогов, запатентован;
– собственное производство и сервис-центр.

Технические характеристики

Диапазон показаний	0...5000 мг/м³
Диапазон измерений	2...1000 мг/м³
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения в диапазоне 2...100 мг/м³	±20 %
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения в диапазоне 100...1000 мг/м³	±20 %
Максимальное время измерения	3 мин
Масса	950 г

Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок ПКП

Прибор ПКП (рис. 6) предназначен для оценки качества осланцевания горных выработок, в которых предусмотрено осланцевание инертной пылью по ГОСТ 51569-2000.

Процедура измерения включает отбор проб угольной пыли, и последующее определение содержания количества инертной пыли в пробе.

Прибор компактен и прост в применении.

Устройство

Прибор состоит из сменной колбы, герметично соединенной с датчиком расхода газа. Датчик расхода газа размещен в измерительном блоке с индикатором. Пробой смеси инертной и угольной пыли.



Рис. 6. Общий вид прибора ПКП

Принцип действия прибора контроля пылевзрывобезопасности горных выработок основан на измерении объема углекислого газа выделившегося из колбы, в которой размещены реактив и пробоотборник с пробой смеси инертной и угольной пыли. С помощью встроенного процессора объем выделившегося газа пересчитывается в процентное содержание инертной пыли в пробе, которое отображается на цифровом табло прибора.

Технические характеристики

Пределы измерений содержания инертной пыли в пробе	0...100 %
Погрешность измерений	не более 10 %
Разрешение по содержанию инертной пыли	1 %
Маркировка взрывозащиты прибора	POExial
Степень защиты от внешних воздействий	IP54
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	0...+40 °C
Масса	600 г

Вопросы для самопроверки

1. В соответствии, с каким документом в каждой шахте необходимо осуществлять контроль пылевзрывобезопасности горных выработок осуществляют переносными и стационарными средствами измерений утвержденного типа, прошедшими поверку?

2. Как часто контролируют пылевзрывобезопасность горных выработок по результатам лабораторного анализа проб отложившейся в горных выработках угольной пыли.

3. Чем должен быть определен порядок включения стационарных

средств измерений в систему контроля пылевых отложений и управления пылеподавлением, входящую в состав многофункциональной системы безопасности (МФСБ)?

4. Назовите область применения и принцип работы пылемера ИКВЧ-ВЗ.

Практическая работа № 7

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗ ОД)

Цель работы: изучение видов и устройств средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Порядок выполнения работы

1) изучить методические указания и оформить отчет;

2) провести проверку остаточных знаний, отвечая на контрольные вопросы

Респираторы и самоспасатели

Для выполнения аварийно-спасательных работ в атмосфере, непригодной для дыхания – при подземных пожарах, выбросах угля и газа, взрывах метана и т. д., используются специальные аппараты – изолирующие регенеративные респираторы. Самоспасатели используются при эвакуации рабочих из загазованной атмосферы. От надежности и стабильности функционирования респираторов и самоспасателей зависят жизнь и здоровье людей.

Респираторы, в свою очередь, подразделяются на основные и вспомогательные, самоспасатели – изолирующие и фильтрующие.

Основные технические данные респираторов, которые находятся на боевом расчете в ВГСЧ и ГСС в настоящее время приведены в табл 1.

Проверка респираторов

Периодичность проверок

Проверку респираторов выполняют:

- при постановке на боевой расчет;
- во время эксплуатации: после каждой его разборки для переснаряжения; после годовой ревизии; после ремонта или замены составных частей;
- в случаях, когда время хранения в состоянии ожидания применения превышает установленный период (более одного месяца).

Примечание: к респираторам, находящимся в ожидании применения, относятся: резервные респираторы; респираторы оперативного состава, находящегося в отпусках, командировках или отсутствующего по болезни.

Таблица 1

Основные технические данные респираторов

Наименование оборудования		Тип	Время защитного действия (ВЗД), час.	Давление кислорода в баллоне, МПа	Условный запас кислорода, л	Подача кислорода в в систему (постоянная, легочно-автоматическая и аварийная), л/мин.	Давление, при котором открывается избыточный клапан, Па (мм. вод. ст.)	Вакуумметрическое давление, при котором открывается легочный автомат, Па (мм. вод. ст.)	Масса химпоглотителя в регенеративном патроне, кг	Полезная вместимость дыхательного мешка, л	Размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса (без лицевой части и сменного охлаждающего элемента), кг
Респираторы изолирующие регенеративные	Вспомогательные	РВЛ-1	2	20	200	1,3-1,5 60-120 60-150	200 ± 100 (20 ± 10)	60-120	1,3	4	370 330 140	8,3
		Урал-10М	2,5	25	250				1,6-1,7	5	450 340 140	9,2
		Р-34	2	20	200				1,6-1,7	5	460 340 140	8,8
	Основные	Урал-7	5	25	500				2,1-2,2	5	465 390 170	14
		Р12	4	20	400				2,0-2,2	4,5	460 410 185	12,3
		Р30, Р30М	4	20	400				2,1-2,2	5	450 375 170	11

Состав и последовательность работ

Проверка респираторов в сборе включает:

- внешний осмотр;
- проверку с помощью контрольного прибора (индикатора);
- субъективную (беглую).

При внешнем осмотре проверяют целостность гофрированных шлангов, дыхательного мешка, состояние патрубков клапанных и мундштучной коробки, исправность носового зажима, головного гарнитура, противодымных очков, защитного чехла загубника. Проверяют надежность крепления баллона, холодильника, патрона, исправность замков корпуса и т. д.

При постановке на боевой расчет нового изделия проверяют его комплектность и наличие документации, а также наличие пломб, клейм и т. д.

Перед проверкой на контрольном приборе (индикаторе) необходимо провести проверку герметичности кислородораспределительной системы (баллона с вентилем, кислородораспределительного блока, капилляра с манометром) с помощью нанесения мыльной эмульсии на места согласно руководству по эксплуатации (или погружением в чистую воду) при открытом вентиле баллона.

Основные показатели, определяющие исправность и работоспособность респиратора проверяются на соответствие нормам технической документации с помощью контрольного прибора (индикатора).

С помощью приборов осуществляют следующие виды проверки:

- герметичность воздуховодной системы респиратора при давлении и разрежении;
- постоянную подачу кислорода;
- давление, при котором открывается избыточный клапан;
- разрежение, при котором открывается легочный автомат;
- работоспособность насоса слюноотсасывателя;
- подачу кислорода легочным автоматом;
- подачу кислорода аварийным клапаном (байпасом);
- давление открытия предохранительного клапана.

Схемы подключения приборов к респиратору и положение органов управления на панели прибора при проверках приведены в разделе «Контрольная аппаратура для проверки респираторов». Все виды проверок на контрольных приборах проводят в соответствии с Руководством (инструкцией) по эксплуатации на конкретный тип респиратора и прибора.

Субъективной проверке без приборов подвергается герметичность дыхательных клапанов и подача кислорода легочным автоматом и байпасом. Кроме того, проверяют герметичность кислородоподающей системы, исправность перекрывного вентиля магистрали манометра, давление кис-

лорода в баллоне по манометру и исправность всех составных частей респиратора.

Разновидностью субъективной проверки является беглая проверка респиратора перед спуском в шахту и заходом отделения в загазованную атмосферу. При этом проверяется герметичность респиратора, работа легочного автомата, аварийного и избыточного клапанов, запас кислорода, исправность сигнального устройства, наличие вспомогательных принадлежностей.

Особенности проверок респираторов различных типов (марок) и их модификаций

Панорамными масками укомплектованы респираторы Р-30, шлем-масками укомплектованы респираторы Р-34, У-10, РВЛ-1. Присоединяются к приборам при помощи приспособлений: панорамная маска – герметизирующим диском или устройством ПМ; шлем-маска – при помощи герметизирующего диска с хомутом.

Панорамную маску проверяют на исправность оголовья и разговорного устройства.

При субъективной проверке дыхательных клапанов в зависимости от типа лицевой части: загубник берут в рот; панорамную маску прижимают к лицу; шлем-маску выворачивают и прижимают горловиной ко рту.

Для проверки герметичности клапана вдоха пережимают шланг выдоха и выдыхают воздух в систему респиратора. Если выдох невозможен – клапан вдоха герметичен.

Для проверки герметичности клапан выдоха пережимают шланг вдоха и вдыхают воздух из системы респиратора. При герметичном клапане выдоха вдох невозможен.

Проверку работы легочного автомата проводят при открытом вентиле баллона и подключенной лицевой части как указано выше. Делают два-три глубоких вдоха из системы с выдохом в атмосферу (шланг выдоха при этом должен быть пережат).

Резкий шипящий звук поступающего в мешок кислорода свидетельствует об исправности легочного автомата.

Аварийный клапан проверяют нажатием кнопки до отказа. Быстрое наполнение (2-4 с) дыхательного мешка свидетельствует об его исправности.

Проверка составных частей респиратора

Проверка составных частей респираторов, а также запасных баллонов, патронов и холодильников производится при их ремонте и годовой ревизии.

Проверку массы рабочего регенеративного патрона и холодильника на соответствие нормам, указанным в инструкции, следует проводить после снаряжения их, а также раз в месяц, если аппарат не применялся.

Проверка запасных регенеративных патронов, холодильников и баллонов производится один раз в месяц. Проверяется наличие пломб на ящике для хранения, состояние и плотность набивки патронов.

Проверяется срок годности баллонов и давление в них.

Проверяются условия хранения охлаждающих элементов, их готовность к применению. Элемент считается негодным, если после извлечения его из контейнера из него выльется более 50 г воды.

Подробное описание порядка снаряжения холодильников приведено в руководствах (инструкциях) по эксплуатации конкретного типа респиратора.

Годовая ревизия респираторов

Респираторы один раз в год подвергаются полной разборке с целью профилактического осмотра, дезинфекции, замены деталей и проверки работы составных частей.

Годовая проверка (ревизия) респираторов производится по графику, утвержденному командиром подразделения в соответствии с инструкцией по эксплуатации респиратора. Результаты проверки отмечаются в журнале проверки респираторов.

Все узлы респиратора, кроме кислородораспределительного блока и баллона, промывают чистой проточной водой и просушивают.

Все составные части кислородоподающей системы (моноблок, капилляр с манометром и кислородный баллон с запорным вентилем) и избыточный клапан разбирают, осуществляют внешний осмотр и, при обнаружении неисправных деталей или сборочных единиц, заменяют.

При осмотре проверяют целостность гофрированных шлангов, состояние патрубков клапанных и мундштучной коробки, увязку шлангов. При необходимости шланги заменяют и увязку производят заново.

Разбирают и осматривают насос мундштучной коробки. При этом резиновые клапаны, груши и уплотнительную прокладку осматривают и, при необходимости, заменяют.

Проверяют состояние дыхательных клапанов. Осматривают клапаны и, при признаках старения резины (потеря эластичности, появление остаточных деформаций), заменяют. Осматривают седла клапанов, обращая особое внимание на состояние их кромки. Кольцевые уплотняющие прокладки при необходимости заменяют.

Осматривают дыхательный мешок (материал, клеевые швы, места клейки резиновых фланцев и увязку патрубков, капроновый шнур, карабин и уплотняющие прокладки). При необходимости ремонтируют или заменяют негодные детали или дыхательный мешок в целом.

Осматривают корпус, подвижную перегородку, пружину регенеративного патрона и корпус холодильника. При наличии на корпусе вмятин глубиной более 5 мм или других неисправностей, патрон (холодильник) заменяют.

Все детали кислородораспределительной системы, пригодные к дальнейшей сборке, промываются, обезжириваются согласно «Руководству по безопасному обслуживанию дожимающих компрессоров и баллонов с кислородом…», Москва, 2001 г.

Все составные части воздухопроводной системы (дыхательные шланги с мундштучной коробкой, регенеративный патрон, холодильник, дыхательный мешок, избыточный клапан, дыхательные клапаны), а также загубник, носовой зажим и чехол загубника дезинфицируют.

С помощью прибора УКП-5 проверяют герметичность регенеративного патрона и холодильника при избыточном давлении. Для этого проверяемый патрон или холодильник посредством переходного патрубка присоединяют к прибору УКП-5. Нагнетая воздух в патрон (холодильник), доводят давление до 800 Па. Патрон (холодильник) считают герметичным, если давление за одну минуту не снизится больше, чем на 20 Па.

При годовой проверке производится замена местами регенеративного патрона (патрон снимается с респиратора и переводится в запасной, а запасной ставится в респиратор).

Осматривают ранец респиратора и его прицепную систему, проверяют исправность амортизаторов, плечевых и поясного ремней, шплинтов, кронштейнов, лент и замков для крепления составных частей респиратора. Проверяют комплектность респиратора и исправность защитного чехла загубника, носового зажима, головной гарнитуры, противодымных очков, сигнального приспособления и соединительного шнура. Проверяется длина и прочность шнура усилием 150 Н (15 кг). После годовой ревизии проводят проверку респираторов по узлам и в сборе.

Контрольная аппаратура для проверки респираторов

Основные показатели, определяющие исправность и работоспособность респираторов - герметичность воздухопроводной системы и параметры работы устройств, обеспечивающих подачу кислорода.

В настоящее время в горноспасательной службе для проверки регенеративных респираторов используются два типа контрольных устройств. Первое из них, более простое – индикатор ИР, при помощи которого осуществляют пять основных видов проверки: герметичности воздухопроводной системы при давлении и разрежении; величину постоянной подачи кислорода; давления, при котором открывается избыточный клапан; подача кислорода аварийным клапаном;разрежения, при котором открывается легочный автомат. Индикаторы ИР должно иметь каждое горноспасательное отделение. С их помощью проверяют имеющиеся на оснащении 5-7

респираторов. Проверки производят после каждого переснаряжения респиратора, но не реже одного раза в месяц.

Второе, более сложное и точное устройство – универсальный контрольный прибор УКП-5. Он позволяет осуществлять те же основные пять видов проверки, что и индикатор ИР, а также проверять параметры работы наиболее важных узлов респиратора. Приборами УКП-5 должен быть оснащен каждый горноспасательный взвод. Проверки проводят при годовой ревизии респираторов, в случае возникновения сомнений по результатам проверки на индикаторе ИР, а также для проверки самого индикатора.

Универсальный контрольный прибор УКП-5

Контрольный прибор УКП-5 предназначен для проверки параметров показателей назначения кислородных изолирующих дыхательных аппаратов и его составных частей.

В респираторе с помощью прибора проверяется:

- герметичность воздуховодной системы при избыточном и вакуумметрическом давлениях;
- постоянная подача кислорода редуктором;
- давление, при котором срабатывает избыточный клапан;
- вакуумметрическое давление, при котором срабатывает легочный автомат;
- вакуумметрическое давление, при котором легочный автомат обеспечивает заданную подачу кислорода;
- подача кислорода аварийным клапаном.

С помощью прибора определяется работа составных частей респиратора:

- подача кислорода байпасом и легочным автоматом;
- герметичность регенеративного патрона и холодильника при избыточном давлении;
- давление, при котором срабатывает предохранительный клапан редуктора.

Основные технические данные УКП-5 приведены в табл. 2.

Перед применением прибора осуществляется его внешний осмотр и проверяется герметичность систем высокого и низкого давления.

Для проверки герметичности системы манометра необходимо присоединить патрубок с овальным фланцем к штуцеру прибора, а выходное отверстие патрубка закрыть заглушкой. Ручка КЛАПАН устанавливается в положение ОТКР., ручка КР – в положение МАНОМЕТР, ручка КЭ – в положение НАГНЕТ. Ручки ПОТОК необходимо повернуть в сторону МЕНЬШЕ до упора, а верхний штуцер манометра открыть. Открывают вентиль баллона, плавно вращая ручку ПОТОК в сторону БОЛЬШЕ, создают в проверяемой системе давление 1000 Па (100 мм вод. ст.) и быстро переводят ручку КЛАПАН в положение ЗАКР. Если при этом давление

оказалось больше необходимого, уменьшают его путем перепуска воздуха с помощью клапана сброса. Затем поворачивают ручку ПОТОК в сторону МЕНЬШЕ до упора и наблюдают за уровнем жидкости в измерительной трубке манометра. Система считается герметичной, если в течение минуты уровень жидкости в измерительной трубке не понизится.

Прибор подлежит метрологической поверке один раз в год.

Таблица 2

Основные технические данные УКП-5

Параметр	Значение
Диапазон измерения манометром избыточного и вакуумметрического давлений, Па (мм вод. ст.)	От 0 до 981(100)
Цена деления шкалы манометра, Па (мм вод. ст.)	9,8 (1,0)
Основная погрешность манометра, % от верхнего предела шкалы, не более	± 2,5
Порог чувствительности манометра, Па (мм вод. ст.), не более	5 (0,5)
Давление, измеряемое манометром с воздушным компенсатором, кПа (мм вод. ст.)	4,9 ± 0,98 (500 ± 100)
Диапазон измерения реометром объемного расхода кислорода, л/мин	от 0,6 до 2,0
Основная погрешность реометра, % от верхнего предела измерения, не более	± 4,0
Расход кислорода, измеряемый расходомером, л/мин: верхним поплавком нижним поплавком	 10 60; 90; 150
Погрешность расходомера, % от нормальной величины, не более	± 10,0
Максимальный поток, создаваемый эжектором при сопротивлении до 2000 Па, (200 мм вод. ст.), л/мин	150
Избыточное и вакуумметрическое давления, создаваемые эжектором, кПа (мм вод. ст.), не менее	5,88 (600)
Объем кислорода в баллоне, приведенный к нормальным условиям, л	400
Габариты, мм	450 × 250 × 198
Масса, кг	12,0

Индикатор ИР для проверки респираторов

Индикатор предназначен для проверки основных параметров (назначения) кислородных изолирующих регенеративных респираторов.

С помощью индикатора в респираторах проверяется:

- герметичность воздуховодной системы при избыточном и вакуумметрических давлениях;
- постоянная подача кислорода;
- срабатывание легочного автомата;

- срабатывание избыточного клапана.
- подача кислорода аварийным клапаном.

Проверка индикатором должна производиться при температуре окружающей среды от 5 до 50 °С и относительной влажности от 30 до 80 %.

Основные технические данные индикатора ИР приведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные технические данные индикатора ИР

Параметр	Величина
Давление, при котором срабатывает избыточный клапан, контролируемое зоной «С», Па (мм вод. ст.)	От 98 до 294 (10 ± 30)
Вакуумметрическое давление, при котором срабатывает легочный автомат, контролируемое зоной «С», Па (мм вод. ст.)	От 98 до 294 (10 ± 30)
Давление при проверке герметичности воздуховодной системы респиратора избыточным и вакуумметрическим давлением 785 Па, контролируемое зоной «Г», Па (мм вод. ст.)	50 (5)
Постоянная подача кислорода редуктором, контролируемая зоной «Д», л/мин	От 1,3 до 1,5
Габариты, мм	250 × 200 × 180
Масса, кг	6

При подготовке прибора к работе производится внешний осмотр и проверяется герметичность при избыточном (вакуумметрическом) давлении, для чего:

- устанавливается ручка переключающего крана в положение «+» или «-»;
- перекрывной клапан переводится в положение ОТКР.;
- насосом создается избыточное (вакуумметрическое) давление, необходимое для установки показывающей стрелки контрольного устройства на конечную риску;
- кнопка перекрывного клапана переводится в положение ЗАКР.

Если созданное давление несколько больше необходимого, то оно приводится к заданному уровню (кратковременно нажимается кнопка перекрывного клапана). Индикатор считается герметичным, если в течение одной минуты показывающая стрелка отклонилась не более чем на одно деление шкалы.

Один раз в год осуществляются проверки зон «С», «Г» и «Д» индикатора при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и его относительной влажности не более 80 %. Температура воздуха не должна изменяться более чем на 0,5 °С в час.

При проверке зоны «С» осуществляется контроль срабатывания избыточного клапана и легочного автомата, зоны «Г» – состояния герметичности воздуховодной системы респиратора, зоны «Д» – постоянной подачи

кислорода редуктором. Для проверки необходимы прибор УКП-5, термометр 4-А-2 ГОСТ 215-73, редуктор БКД-25 ГОСТ 6268-78 или редуктор кислородный другого типа с плавной регулировкой расхода кислорода от 0 до 2,4 л/мин, зажим пружинящий для резиновых трубок, патрубок ИР.06.00.0003, трубка медицинская резиновая 6,0×2,0 ГОСТ 3399-76, тройник стеклянный или металлический для подключения одинаковых трубок, баллон с медицинским кислородом ГОСТ 949-73, спринцовка.

Проверка зон «С» и «Г» осуществляется по схеме, приведенной на рис. 1. При этом показывающая стрелка контрольного устройства должна находиться в начале шкалы на нулевой отметке. Ручка переключающего крана устанавливается в положение «+», а кнопка перекрывного клапана – в положение ЗАКР. Прибор УКП-5 включается на измерение избыточного давления. После этого нагнетается воздух спринцовкой и проверяются утечки из собранной схемы в местах соединений с помощью мыльной пены. Для проверки зоны «С» необходимо плавно создать давление 294 Па (по показанию прибора УКП-5), загерметизировать систему с помощью зажима 5 и снять показание индикатора. Зона «Г» проверяется давлением 785 Па (по показанию прибора УКП-5), при этом необходимо загерметизировать систему с помощью зажима 5 и снять показание индикатора. При проверке зон «С» и «Г» стрелка индикатора должна установиться против деления шкалы, соответствующего конечному положению каждой зоны. Допускается несовпадение не более двух делений шкалы. Проверка зоны «Д» осуществляется по схеме, приведенной на рис. 2.

Перед проверкой показывающая стрелка контрольного устройства должна находиться на нулевой отметке. Ручка переключающего крана устанавливается в положение «Д», а кнопка перекрывного крана – в положение ЗАКР. Прибор УКП-5 настраивается на измерение расхода кислорода. Затем открывается зажим 4 и закрывается зажим 6. С помощью редуктора создается такой расход кислорода, чтобы мениск жидкости в измерительной трубке манометра – реометра прибора УКП-5 установился против деления, соответствующего расходу кислорода 1,5 л/мин с учетом температуры и давления в месте проверки индикатора. Открывается зажим 6, закрывается зажим 4 и снимаются показания с контрольного устройства индикатора. Стрелка контрольного устройства должна находиться в конце зоны «Д». Допускаемое несовпадение – 2 деления шкалы.

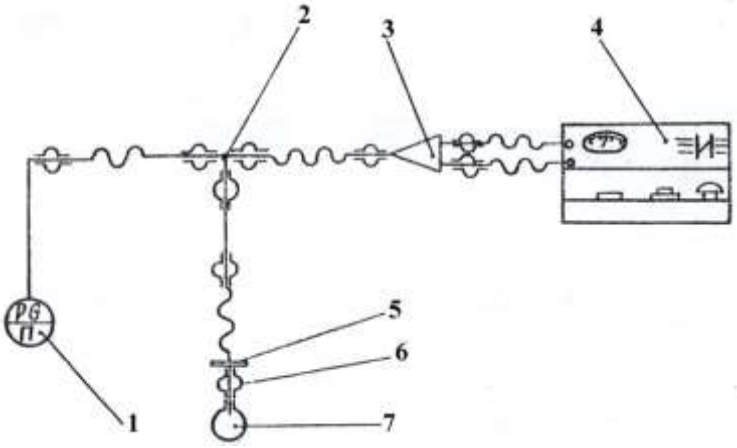


Рис. 1. Схема проверки зон «С» и «Г»:
1 – прибор УКП-5; 2 – тройник; 3 – патрубок резиновый; 4 – индикатор ИР;
5 – зажим; 6 – соединение муфтовое эластичное; 7 – спринцовка

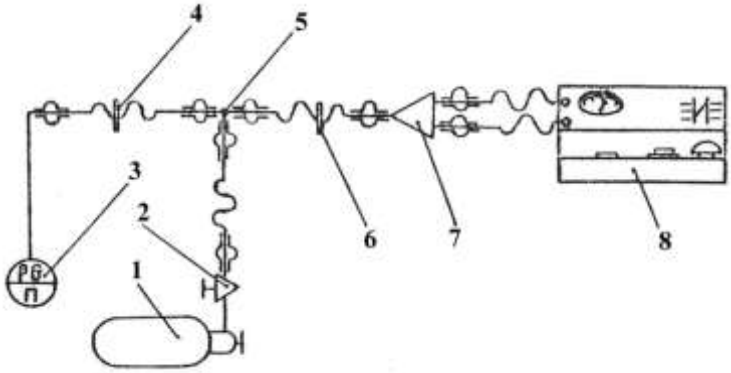


Рис. 2. Схема проверки зоны «Д»:
1 – баллон с кислородом; 2 – редуктор баллонный; 3 – прибор УКП-5;

4, 6 – зажимы; 5 – тройник; 7 – патрубок резиновый; 8 – индикатор ИР

Проверка респираторов с помощью контрольного прибора УКП-5

Контрольный прибор подготавливает к проверке в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Затем загубник или маску респиратора присоединяют к контрольному прибору, как указано на рис. 3, 4.

Для проверки герметичности системы респиратора при избыточном давлении выключают избыточный клапан с помощью приспособления, предотвращающего его срабатывание. Устанавливают в приборе рычаг КЛАПАН в положение ОТКР., маховичок КР – в положение МАНОМЕТР, а маховичок КЭ – в положение НАГНЕТ. Маховичок ПОТОК должен быть

повернут в сторону МЕНЬШЕ до упора, а верхний штуцер манометра-реометра открыт. Вентиль кислородного баллона прибора открывают и, плавно вращая маховичок ПОТОК в сторону БОЛЬШЕ, создают в системе респиратора давление, равное 800 Па (80 мм вод. ст.). После этого быстро переводят рычаг КЛАПАН в положение ЗАКР. Маховичок ПОТОК поворачивают в сторону МЕНЬШЕ до упора.

Если давление в системе респиратора оказалось больше заданного, его уменьшают до необходимого значения с помощью клапана СБРОС. При установившемся в системе респиратора давлении включают секундомер и наблюдают за уровнем жидкости в трубке манометра-реометра. Давление за одну минуту не должно снизиться больше, чем на 50 Па (5 мм вод. ст.).

Подачу кислорода редуктором и герметичность кислородоподающей системы проверяют следующим образом. Сохраняя прежнее положение органов управления на панели контрольного прибора и не снимая приспособления, предотвращающего срабатывание избыточного клапана, переводят маховичок КР прибора в положение РЕОМЕТР и открывают вентиль баллона в проверяемом респираторе (проверку подачи кислорода устройствами респиратора необходимо проводить при полностью открытом вентиле кислородного баллона).

Время, в течение которого в трубке манометра-реометра устанавливается мениск жидкости, используют для проверки герметичности всех соединений кислородоподающей системы респиратора мыльной пеной. При этом не должно быть утечки кислорода. После того, как мениск жидкости в измерительной трубке установится, по шкале манометра-реометра проверяют постоянную подачу. При давлении в баллоне (20 ± 1) МПа мениск должен установиться в пределах зоны, ограниченной указательными стрелками.

При проверке на срабатывание избыточного клапана, сохраняя прежнее положение органов управления на панели прибора, из респиратора удаляют приспособление, предотвращающее срабатывание избыточного клапана. Затем в приборе переводят маховичок КР в положение МАНОМЕТР, закрывают крышку респиратора и при наличии постоянной подачи кислорода редуктором по шкале манометра-реометра определяют давление, при котором открывается и работает избыточный клапан. Это давление должно быть равным (20 ± 10) Па.

При проверке на срабатывание легочного автомата переводят в приборе рычаг КЛАПАН в положение ОТКР., а маховичок КЭ – в положение ОТСОС. Вращая маховичок ПОТОК в сторону БОЛЬШЕ, создают поток воздуха 10 л/мин (определяется по расходомеру) и следят за мениском жидкости по шкале манометра-реометра. Срабатывание легочного автомата определяют при установившемся вакуумметрическом давлении (200 ± 100) Па(20 ± 10 мм вод. ст.). После снятия показаний маховичок ПОТОК

поворачивают в сторону МЕНЬШЕ до упора.

Для проверки герметичности системы респиратора при вакуумметрическом давлении, сохраняя прежнее положение органов управления на панели прибора, закрывают вентиль баллона в респираторе. Вращая маховичок ПОТОК прибора в сторону БОЛЬШЕ, в системе респиратора создают вакуумметрическое давление 800 Па (80 мм вод. ст.) и быстро переводят рычаг КЛАПАН в положение ЗАКР. Поворачивают маховичок ПОТОК в сторону МЕНЬШЕ до упора. Если при этом давление оказалось больше необходимого, его уменьшают, перепуская воздух с помощью клапана СБРОС. Затем включают секундомер и по шкале манометра-реометра наблюдают за уровнем жидкости. Давление за одну минуту не должно повыситься больше чем на 50 Па (5 мм вод. ст.).

Для проверки насоса слюноотсасывателя, сохраняя вакуумметрическое давление в респираторе, нажимают 3-4 раза на грушу насоса. Если давление увеличивается, насос слюноотсасывателя исправен. По окончании проверки респиратор отсоединяют от прибора.

При проверке герметичности перекрытия капиллярной трубки открывают вентиль баллона, закрывают перекрывной вентиль магистрали манометра, затем вентиль баллона закрывают и через байпас выпускают кислород из кислородоподающей системы. Наблюдают за показанием манометра респиратора. Давление за одну минуту не должно снизиться больше, чем на2,0 МПа. После проверки перекрывной вентиль снова открывают.

Положение органов управления при проверке респираторов приведено в табл.4.

Таблица 4

Положение органов управления при проверке респираторов

Вид операции	Положение органов управления на панели			
	КЛАПАН	КР	КЭ	ПОТОК
Нагнетание воздуха в систему	Откр.	Манометр	Нагнет.	Больше
Отсасывание воздуха из системы	Откр.	Манометр	Отсас.	Больше
Измерение герметичности при избыточном давлении	Закр.	Манометр	Нагнет.	Меньше
Измерение герметичности при вакуумметрическом давлении	Закр.	Манометр	Отсас.	Меньше

Измерение расхода реометром	Закр.	Реометр	Нагнет.	Меньше
Измерение потока, поступающего через штуцер расходомера	Закр.	Любое	Отсас.	Меньше
Отсасывание воздуха через штуцер расходомера	Закр.	Любое	Отсас.	Больше
Нерабочее состояние	Откр.	Манометр	Любое	Меньше

Корректировка фактического расхода кислорода в зависимости от температуры и перепада давления в месте измерения проводится по тарировочному графику (таблицам) согласно инструкции по эксплуатации.

Схемы подключения прибора к респиратору приведены на рис. 3, 4, 5, 6.

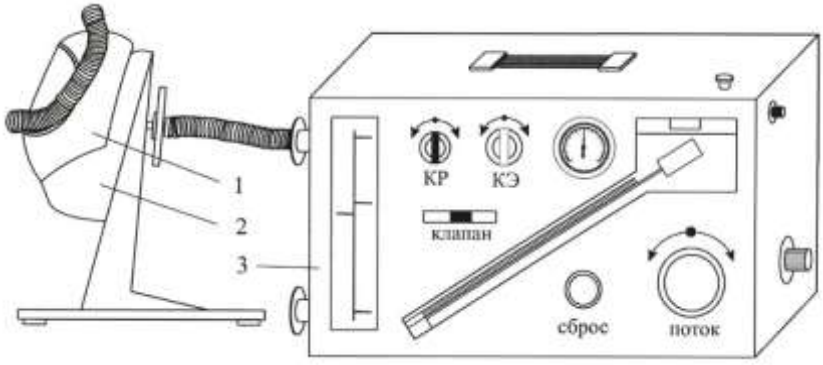


Рис. 3. Схема подсоединения респиратора с маской к УКП-5:
1 – панорамная маска; 2 – приспособление ПМ; 3 – прибор УКП-5

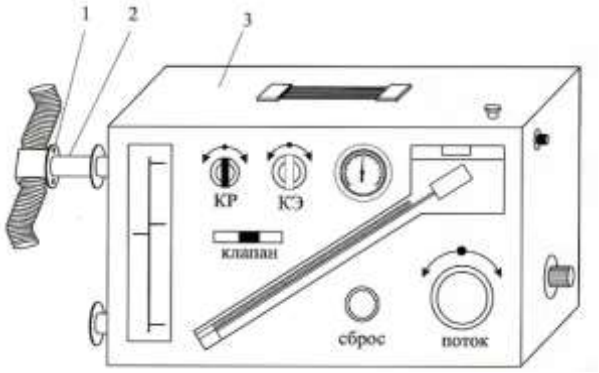


Рис. 4. Схема присоединения респиратора с загубником
к контрольному прибору УКП-5:
1 – загубник; 2 – патрубок соединительный; 3 – прибор УКП-5

Проверка респираторов с помощью индикатора ИР

Индикатор готовят к работе в соответствии с Инструкцией по его эксплуатации. Затем загубник или маску респиратора присоединяют к индикатору, как показано на рис. 5 и 6.

Для проверки герметичности системы респиратора при избыточном давлении включают избыточный клапан, устанавливают переключающий кран индикатора в положение «+», нажимают на кнопку КЛАПАН до отказа, ручным насосом создают в системе респиратора такое давление, при котором стрелка контрольного устройства выходит за конечную риску зоны «Г», и отпускают кнопку КЛАПАН. Перепуская воздух из системы респиратора с помощью кнопки КЛАПАН, доводят давление до такого значения, при котором стрелка установится на конечной риске зоны «Г». Затем включают секундомер и наблюдают за стрелкой контрольного устройства. В течение одной минуты стрелка не должна выйти за нижний предел зоны «Г».

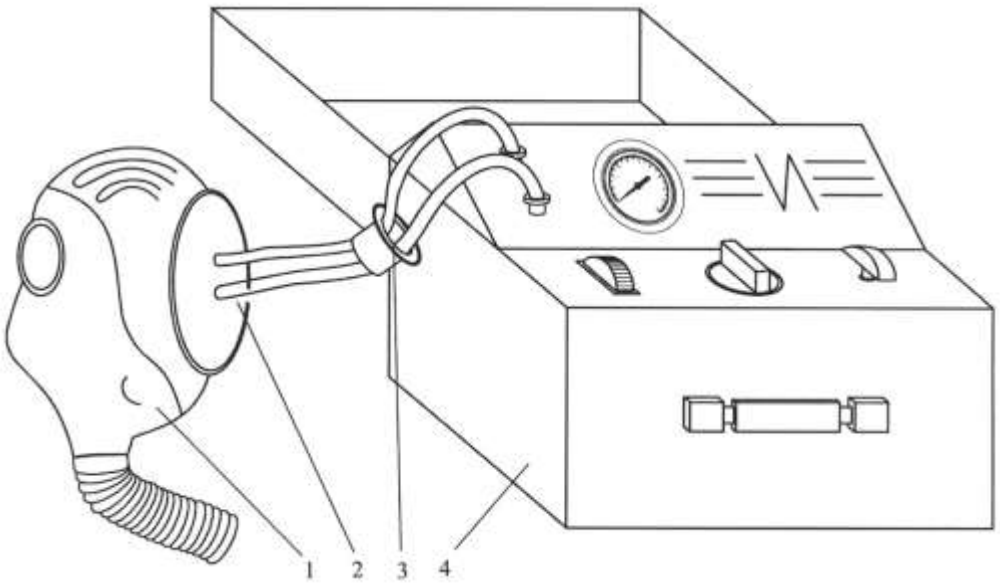


Рис. 5. Схема присоединения респиратора со шлем-маской к индикатору ИР:
1 – шлем-маска; 2 – приспособление для проверки шлем-маски;
3 – фланец овальный присоединительный; 4 – индикатор ИР

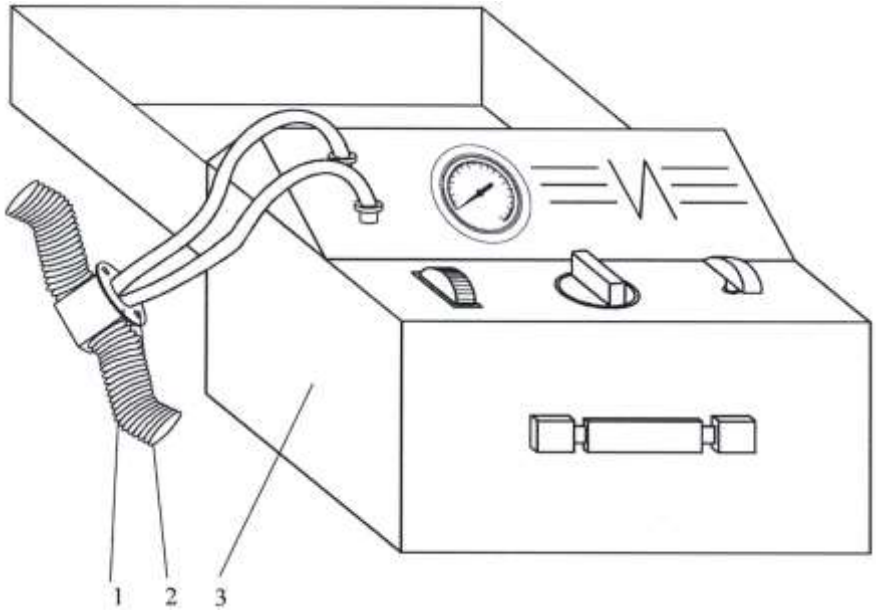


Рис. 6. Схема присоединения респиратора с загубником к индикатору ИР:
1 – загубник; 2 – фланец овальный присоединительный; 3 – индикатор ИР

При проверке герметичности кислородоподающей системы и подачи кислорода редуктором, не удаляя из респиратора приспособление, предотвращающее срабатывание избыточного клапана, переключающий кран индикатора переводят в положение «Д» и открывают вентиль баллона респиратора. Герметичность всех соединений кислородоподающей системы респиратора проверяют мыльной пеной. Утечек кислорода не должно быть. Установившаяся стрелка контрольного устройства показывает величину постоянной подачи кислорода. При давлении в баллоне (20 ± 1) МПа стрелка должна находиться в пределах зоны «Д».

При проверке на срабатывание избыточного клапана его освобождают от приспособления. Переключающий кран индикатора устанавливают в положение «+», закрывают крышку респиратора и, при наличии постоянной подачи кислорода, определяют давление, при котором открывается и работает избыточный клапан. Стрелка контрольного приспособления должна находиться в пределах зоны «С».

При проверке на срабатывание легочного автомата нажимают кнопку КЛАПАН индикатора до отказа, переводят переключающий кран в положение «-» и с помощью насоса отсасывают воздух из системы респиратора, наблюдая за показанием стрелки контрольного устройства, которая должна установиться в пределах зоны «С». После проверки отпускают кнопку КЛАПАН.

Для проверки герметичности системы респиратора при вакуумметрическом давлении, переключающий кран индикатора ставят в положении «-», закрывают в респираторе вентиль баллона. Нажимают на кнопку КЛАПАН до отказа и с помощью насоса создают в системе респиратора такое вакуумметрическое давление, при котором стрелка контрольного

устройства выйдет за конечную риску зоны «Г», после чего отпускают кнопку КЛАПАН. Слегка нажимая ее, доводят давление в системе респиратора до такой величины, при которой стрелка контрольного устройства устанавливается против конечной риски «Г». Включают секундомер и наблюдают за стрелкой контрольного устройства. В течение одной минуты стрелка не должна выйти за нижний предел зоны «Г».

Проверки насоса слюноотсасывательницы и герметичности перекрытия капиллярной трубки осуществляют аналогично проверкам с помощью прибора УКП-5.

Самоспасатели изолирующие

Нормативным документом, определяющим требования к современным самоспасателям, является ГОСТ Р 12.4.220-2001 «Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели)».

Из большого многообразия изолирующих самоспасателей, выпускаемых отечественной промышленностью для различных целей с временем защитного действия (ВЗД) от 15 до 60 минут, для шахтных условий пригодны к применению лишь несколько модификаций. Это ШСС-1М, ШСС-Т (Россия), ШСС-1 (Украина) с ВЗД 60 мин, ШСМ-30 (Украина) и КС-30 (Россия) с ВЗД 30 мин.

Самоспасатель представляет собой дыхательный аппарат разового использования и предназначен для ношения на поясном или плечевом ремнях в течение всей смены, что обеспечивает возможность немедленной изоляции органов дыхания человека в аварийных ситуациях.

Технические данные самоспасателей приведены в табл. 5.

Таблица 5

Техническая характеристика самоспасателей

Показатели	Тип самоспасателя			
	ШСС-1М	ШСС-Т	ШСМ-30	КС-30
1. Время защитного действия, мин, не менее	60	60	30	30
2. Сопротивление дыханию при легочной вентиляции 30 л/мин, Па, не более	980	980	1176	1176
3. Содержание CO_2 на вдохе, % среднее максимальное	 1,5 3,0	 1,5 3,0	2,5	 1,5 3,0
4. Температура вдыхаемой газовой смеси, °С, не более	55	55	58	55
5. Время приведения в действие, с	15	15	15	15
6. Рабочий объем мешка, л	5	5	5	5
7. Масса, кг, не более	3,4	3,1	2,2	2,0

Показатели	Тип самоспасателя			
	ШСС-1М	ШСС-Т	ШСМ-30	КС-30
8. Габаритные размеры, мм высота ширина толщина	 254 148 Ø 134	 244 148 110	 200 160 82	 195 158 90
9. Назначенный срок службы до списания, лет	5	5	5	5

Во всех самоспасателях принята маятниковая система дыхания с незначительными конструктивными отличиями. Принципиальная схема и устройство изолирующего самоспасателя на примере ШСС-1М приведены на рис. 7.

Самоспасатель пломбируется заводом-изготовителем: на пломбе наносится товарный знак и клеймо ОТК. Пломба должна сохраняться в течение всего срока службы самоспасателя.

Самоспасатели фильтрующие серии СПП

Самоспасатель СПП-4 представляет собой прибор одноразового действия, предназначенный для защиты органов дыхания человека от воздействия окиси углерода, пыли и дыма.

Срок защитного действия самоспасателя при условии содержания свободного кислорода в воздухе не менее 17 % по объему, концентрации окиси углерода не выше 1 %, составляет 120 мин.

Габаритные размеры, мм – 135 × 85 × 120;

Масса, кг – 1,1.

Средства и методы проверки самоспасателей

Все типы самоспасателей, находящихся в эксплуатации, подвергаются ежедневному внешнему осмотру, при котором проверяется состояние защитного футляра (отсутствие пробоин, глубоких вмятин), исправность замка, наличие пломбы, плечевого ремня, стопорного кольца, отсутствие шороха шихты в патроне (СПП) и т. д.

Кроме того, периодически, при индивидуальном использовании один раз в месяц, а при групповом хранении один раз в квартал производится проверка изолирующих и фильтрующих самоспасателей на внешний осмотр и герметичность корпуса.

При обнаружении пробоин или вмятин глубиной более 10 мм на защитном футляре, неисправности замка, нарушении или отсутствии пломбы, наличии шороха шихты самоспасатели считаются неисправными. Герметичность самоспасателей проверяется с помощью прибора ПГС или индикатора ИГС-1 при избыточном давлении 500 мм вод. ст. При этом температура самоспасателя и прибора не должна отличаться от температуры помещения, в котором производится проверка. Самоспасатель считает-

ся герметичным и пригодным к эксплуатации, если величина падения давления в камере прибора не превышает норм, указанных в инструкции по эксплуатации конкретного типа самоспасателя, и составляется акт.

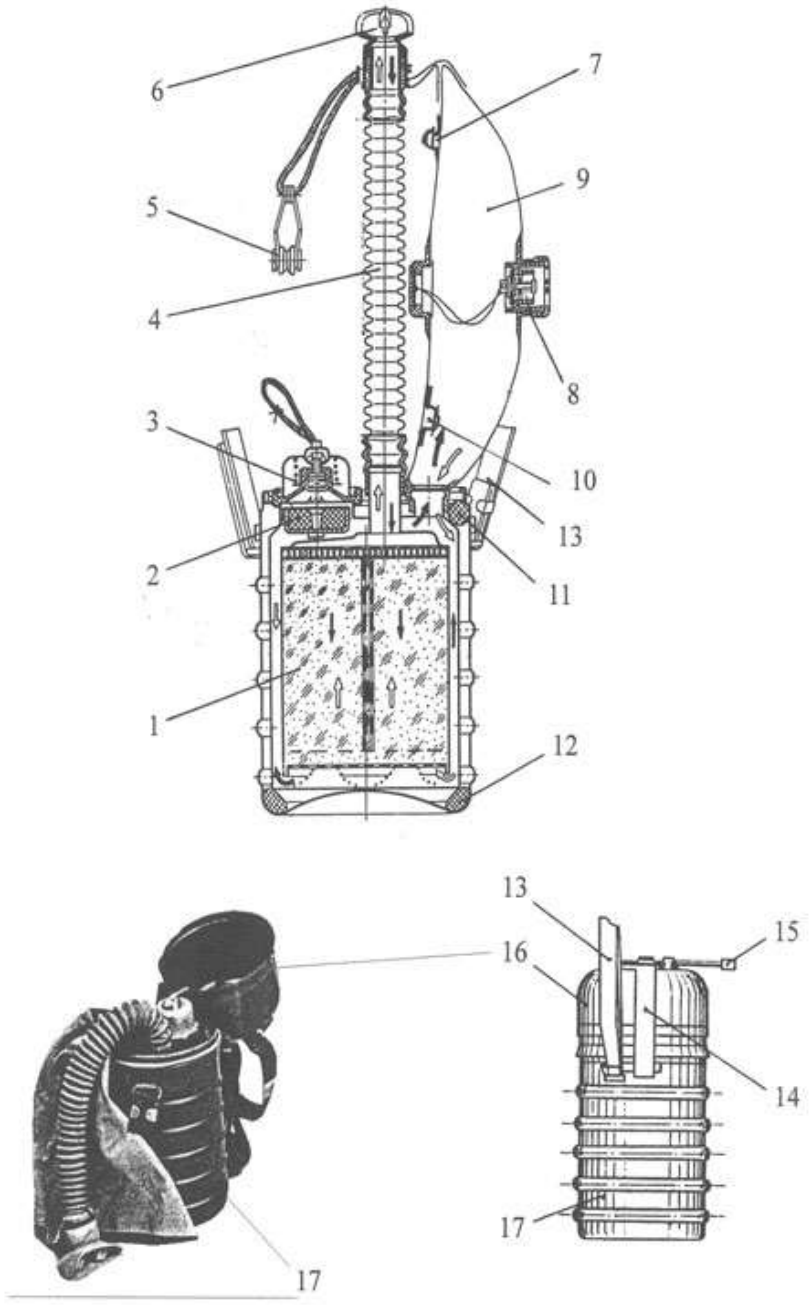


Рис. 7. Самоспасатель ШСС-1М:
1 – патрон; 2 – брикет пусковой; 3 – устройство пусковое; 4 – шланг;
5 – зажим носовой; 6 – загубник; 7 – кнопка; 8 – клапан избыточный;
9 – мешок; 10 – пробка; 11, 12 – амортизатор; 13 – ремень плечевой; 14 – лента;
15 – ремень замка; 16 – крышка; 17 – корпус

Приборы ПГС и ИГС-1

Прибор ПГС (индикатор ИГС-1) (рис. 8 и 9) подлежат проверке на герметичность перед каждой проверкой партии самоспасателя.

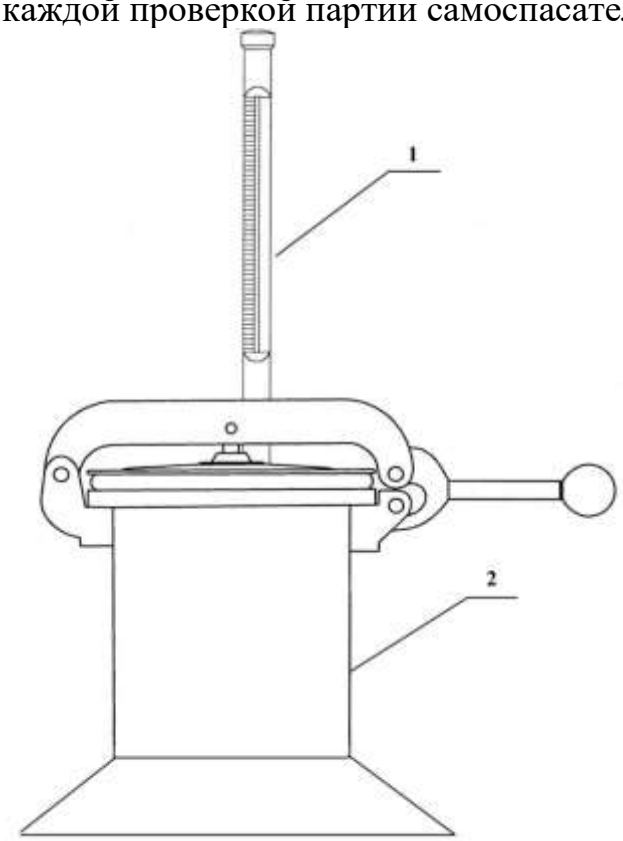


Рис. 8. Прибор ПГС-1:
1 – жидкостный манометр; 2 – камера

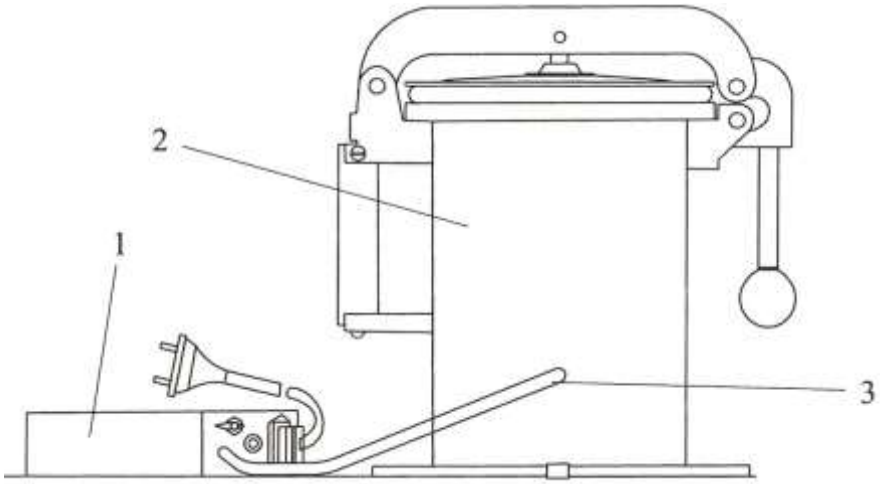


Рис. 9. Индикатор проверки самоспасателей ИГС-1:
1 – блок измерительный; 2 – камера; 3 – трубка

Для проверки герметичности в рабочую камеру прибора помещают

вкладыш и закрывают крышкой при помощи эксцентрикового затвора. При этом уровень жидкости в трубке манометра должен совпадать с контрольной отметкой «500». В случае отклонения от нормы уровень жидкости регулируют.

Прибор ПГС подлежит метрологической поверке один раз в год.

Методика периодической проверки ИГС-1 подробно изложена в инструкции по эксплуатации (паспорте) прибора.

Индикатор ИГС-1 (Россия) отличается от прибора ПГС (Украина) меньшими габаритами и массой, отсутствием жидкостного манометра, взамен которого разработан и применен измерительный блок с тензорезисторным датчиком и цифровым отсчетом на дисплее.

ИГС-1 может поставляться в другом исполнении: с указателем давления стрелочного типа (УДМ-60).

Технические данные приборов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Технические данные приборов ПГС-1 и ИГС-1

Показатели	ПГС-1	ИГС-1
Рабочее давление, создаваемое в камере, кПа (мм вод. ст.)	5 ± 0,2 (500 ± 20)	5 ± 0,2 (500 ± 20)
Пределы измерения давления, кПа (мм вод. ст.)	3,8-5,3 (380-530)	0-10 (0-1000)
Время проверки одного самоспасателя, с	25	15
Габариты, мм	535 × 400 × 675	Ø 250 × 350
Масса, кг	8,5	5,5

Вопросы для самопроверки

1. Что такое изолирующий респиратор?
2. Что такое фильтрующий респиратор?
3. Чем респираторотличается от самоспасателя?
4. Расскажите беглую проверку респиратора Р-30.
5. Расскажите полную проверку респиратора Р-30.
6. Какие существуют методы и средства проверки самоспасателей.
7. Как осуществляется проверка на приборе УКП-5?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине

Б1.Б.1.27.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

Маркшейдерское дело

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2018

Автор: Бочков В.С., канд. техн. наук

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Горных машин и комплексов	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Суслов Н.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 13.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ 6

3. Виды контроля 7

ЛИТЕРАТУРА 8

ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

Цель практических занятий: закрепление приобретенных студентами навыков расчета и конструирования машин и оборудования нефтегазовой отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по специальности ***21.05.04 Горное дело***:

общепрофессиональные

- способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления (ОПК-8).

Результат изучения дисциплины: «Горные машины и оборудование»

Знания:

- классификацию и назначение машин для выполнения операций по добыче и транспортировке полезных ископаемых;
- принципиальные схемы, конструктивные особенности, области применения и основные расчетные характеристики различного типа машин для отбойки, погрузки, транспортировки, крепления и вспомогательных операций, а также стационарных машин;
- методику определения основных конструктивных и режимных параметров машин, их производительности и эффективности в горно-добывающем производстве.

Умения:

- производить расчет основных конструктивных и режимных параметров горных машин и оборудования и моделирование их работы;
- осуществлять выбор типов горных машин и оборудования, производить расчет их производительности и эффективности, а также выбор типоразмеров в зависимости от горно-геологических условий и условий эксплуатации.

Владения:

- навыками самостоятельного овладения новыми знаниями;
- профессиональной терминологией в области горных машинах и оборудовании;
- методикой определения и расчета основных параметров, производительности и эффективности горных машин.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 3: Элементы конструкции горных машин
Рабочий инструмент горных машин. Виды. Геометрические параметры. Исполнительные органы горных комбайнов. Классификация.
Органы перемещения.
Органы погрузки.

Тема 4: Машины для бурения.
Машины для бурения. Принципиальные схемы и конструктивные особенности бурильных машин для вращательного, ударного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения. Расчет основных параметров бурильных машин.
Бурильные установки.
Буровые станки для подземного бурения.
Определение производительности и эффективности бурильных установок и буровых станков.

Тема 5: Машины для зарядки.
Машины для зарядки. Классификация, назначение и структурные схемы зарядных машин. Принципиальные схемы и конструктивные особенности зарядных машин. Расчет основных параметров зарядных машин. Определение производительности и эффективности зарядных машин.

Тема 6: Погрузочно-транспортные машины.
Погрузочно-транспортные машины. Классификация, назначение и структурные схемы погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Определение оптимальных параметров погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики погрузочных и погрузочно-транспортных машин.

Тема 7: Машины для крепления выработок.
Машины для крепления выработок. Принципиальные схемы и конструктивные особенности машин для крепления выработок. Расчет основных параметров машин для крепления выработок. Определение производительности и эффективности машин для крепления выработок.

Тема 8: Горные комбайны и комплексы.
Горные комбайны и комплексы. Классификация, назначение и структурные схемы горных комбайнов и комплексов. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики горных комбайнов и комплексов.

Тема 9: Выемочно-транспортирующие машины.
Выемочно-транспортирующие машины (ВТМ). Классификация и назначение ВТМ. Конструктивные особенности бульдозеров, скреперов. Расчет основных параметров ВТМ.

Практико-ориентированные задания при выполнении практических работ:

1. Описать конструкцию перфоратора (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
2. Описать конструкцию пневмоударника (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
3. Описать конструкцию бурового (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
4. Описать конструкцию буровой установки (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
5. Описать конструкцию погрузочной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
6. Описать конструкцию погрузочно-транспортной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
7. Описать конструкцию бурового станка для подземных работ (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
8. Описать конструкцию проходческого комбайна (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
9. Описать конструкцию очистного комплекса (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
10. Описать конструкцию ВТМ (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
11. Описать конструкцию машины для крепления выработки (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
12. Описать конструкцию зарядной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры

3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

Вопросы для опроса:

1. Оборудование для крепления выработок.
2. Механизация возведения сборной, анкерной, набрызгбетонной и бетонной монолитной крепи.
3. Механизированные гидравлические крепи.
4. Очистные комбайны. Конструкции комбайнов для наклонных и крутонаклонных пластов. Технические характеристики комбайнов.

5. Очистные комплексы и агрегаты. Увязка параметров машин комплекса и агрегата.
6. Проходческие и нарезные комбайны. Определение производительности проходческих и нарезных комбайнов.
7. Управление комплексами и агрегатами в профиле пласта.
8. Системы перемещения очистных и проходческих машин. Конструкции органов перемещения.
9. Устойчивость горных машин. Устойчивость секций механизированных крепей.
10. Автоматизация горных машин. Программное и дистанционное управление.
11. Проходческие комбайны
12. Классификация и требования, предъявляемые к проходческим комбайнам
13. Стреловые проходческие комбайны
14. Буровые проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок
15. Буровые комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок
16. Нарезные комбайны
17. Тенденции развития горнопроходческих комбайнов
18. Очистные комбайны
19. Классификация и требования, предъявляемые к очистным комбайнам
20. Конструкции и компоновка очистных комбайнов
21. Перспективы совершенствования очистных комбайнов
22. Оборудование для крепления и управления кровлей в очистном забое
23. Классификация и требования, предъявляемые к механизированным крепям
24. Конструкции механизированных гидравлических крепей для лав
25. Современные тенденции развития механизированных крепей
26. Очистные и проходческие комплексы и агрегаты
27. Классификация очистных и проходческих комплексов
28. Компоновочные схемы очистных комплексов и агрегатов
29. Выбор оборудования и согласование режимных параметров
30. Схемы работы очистных комплексов (агрегатов) и автоматизация их управления функциональных машин очистных комплексов и агрегатов
31. Комплекты, комплексы и агрегаты для проведения подготовительных выработок
32. Оборудование для возведения крепи из сборных элементов
33. Комбайновые комплексы для проведения подготовительных выработок

Критерии оценивания: полнота и правильность ответа на вопрос, наличие вывода, соблюдение нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой. Каждый показатель – 1 балл

Критерии оценки:

Ответ правильный, всесторонне и глубоко освещает предложенный вопрос, показывает умение студента делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой (полный и правильный ответ) – 4 балла.

Ответ отвечает основным предъявляемым требованиям - студент обстоятельно владеет материалом, показывает умение делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой, однако не на все вопросы дает глубокие, исчерпывающие и аргументированные ответы (неточный, правильный ответ) – 3 балла.

Ответ неполно раскрывает поставленные вопросы, студент поверхностно отвечает на вопросы, допускает существенные недочеты - затрудняется делать выводы, использо-

вать нормы литературной речи, профессиональной лексики (неточный и неполный ответ) – 2 балла.

Ответы на вопросы неправильны или не отличаются аргументированностью. Студент не показывает необходимых минимальных знаний, бытовая речь, неумение делать выводы, а также, если студент отказывается отвечать (неправильный ответ, отказ от ответа) – 1 балл.

Два и более существенных дополнения к ответу – 3 балла.

Одно существенное дополнение к ответу на вопрос – 1 балл

Правила оценивания:

оценка «отлично» выставляется, если обучающийся получил за ответы 6-7 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся получил за ответы 4-5 баллов;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 3 балла;

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 0-2 балла.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горные машины для подземной разработки месторождений полезных ископаемых**: учебное пособие / Н. М. Суслов, А. П. Комиссаров; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с. : ил. - Библиогр.: с. 151-154. - **ISBN** 978-5-8019-0416-0
2. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 298-299.
3. Иванов И.Ю. Рабочий инструмент горных машин: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 22.
4. Иванов И.Ю. Погрузочно-доставочные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 22 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 21.
5. Комплексы для проходки восстающих выработок: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с. : ил. - Библиогр.: с. 22.
6. Комиссаров А.П., Суслов Н.М., Тургель Д.К. Горные машины для разработки рудных месторождений: учеб. пособие / Уральская гос. горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 1994. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 105.
7. Очистные комбайны/ Мутыгуллин А.В. [и др.]. – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр»: 2014. – 576 с. http://library.gorobr.ru/catalog/gornoe-delo?view=content&id=30060

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу_____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ
по дисциплине

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Маркшейдерское дело

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Бочков В.С., канд. техн. наук

Одобрена на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Суслов Н.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 13.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по написанию реферата	5
2	Методические рекомендации по написанию эссе	13
3	Методические рекомендации по написанию реферата статьи	17
4	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	23
5	Методические рекомендации по составлению тестовых заданий	27
6	Требования к написанию и оформлению доклада	29
7	Методические рекомендации к опросу	34
8	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	36
9	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	38
10	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	40
	Заключение	43
	Список использованных источников	44

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по написанию реферата

Реферат - письменная работа объемом 10-18 печатных страниц, выполняемая студентом в течение длительного срока (от одной недели до месяца).

Реферат (от лат. referrer - докладывать, сообщать) - краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемой теме[1].

Выполнение и защита реферата призваны дать аспиранту возможность всесторонне изучить интересующую его проблему и вооружить его навыками научного и творческого подхода к решению различных задач в исследуемой области.

Основными задачами выполнения и защиты реферата являются развитие у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, среди них:

- формирование навыков аналитической работы с литературными источниками разных видов;
- развитие умения критически оценивать и обобщать теоретические положения;
- стимулирование навыков самостоятельной аналитической работы;
- углубление, систематизация и интеграция теоретических знаний и практических навыков по соответствующему направлению высшего образования;
- презентация навыков публичной дискуссии.

Структура и содержание реферата

Подготовка материалов и написание реферата - один из самых трудоемких процессов. Работа над рефератом сводится к следующим этапам.

1. Выбор темы реферата.
2. Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата.
3. Конкретизация необходимых элементов реферата.
4. Сбор и систематизация литературы.
5. Написание основной части реферата.
6. Написание введения и заключения.
7. Представление реферата преподавателю.
8. Защита реферата.

Выбор темы реферата

Перечень тем реферата определяется преподавателем, который ведет дисциплину. Вместе с тем, аспиранту предоставляется право самостоятельной формулировки темы реферата с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки и согласованием с преподавателем. Рассмотрев инициативную тему реферата студента, преподаватель имеет право ее отклонить, аргументировав свое решение, или, при согласии студента, переформулировать тему.

При выборе темы нужно иметь в виду следующее:

1. Тема должна быть актуальной, то есть затрагивать важные в данное время проблемы общественно-политической, экономической или культурной жизни общества.
2. Не следует формулировать тему очень широко: вычленение из широкой проблемы узкого, специфического вопроса помогает проработать тему глубже.

---

[1] Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Какой бы интересной и актуальной ни была тема, прежде всего, следует удостовериться, что для ее раскрытия имеются необходимые материалы.

4. Тема должна открывать возможности для проведения самостоятельного исследования, в котором можно будет показать умение собирать, накапливать, обобщать и анализировать факты и документы.

5. После предварительной самостоятельной формулировки темы необходимо проконсультироваться с преподавателем с целью ее возможного уточнения и углубления.

Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата

Подбор литературы следует начинать сразу же после выбора темы реферата. Первоначально с целью обзора имеющихся источников целесообразно обратиться к электронным ресурсам в сети Интернет и, в частности, к электронным информационным ресурсам УГГУ: благодаря оперативности и мобильности такого источника информации, не потратив много времени, можно создать общее представление о предмете исследования, выделить основные рубрики (главы, параграфы, проблемные модули) будущего курсовой работы. При подборе литературы следует также обращаться к предметно-тематическим каталогам и библиографическим справочникам библиотеки УГГУ, публичных библиотек города.

Предварительное ознакомление с источниками следует расценивать как первый этап работы над рефератом. Для облегчения дальнейшей работы необходимо тщательно фиксировать все просмотренные ресурсы (даже если кажется, что тот или иной источник непригоден для использования в работе над рефератом, впоследствии он может пригодиться, и тогда его не придется искать).

Результатом предварительного анализа источников является рабочий план, представляющий собой черновой набросок исследования, который в дальнейшем обрастает конкретными чертами. Форма рабочего плана допускает определенную степень произвольности. Первоначальный вариант плана должен отражать основную идею работы. При его составлении следует определить содержание отдельных глав и дать им соответствующее название; продумать содержание каждой главы и наметить в виде параграфов последовательность вопросов, которые будут в них рассмотрены. В реферате может быть две или три главы - в зависимости от выбранной проблемы, а также тех целей и задач исследования.

Работа над предварительным планом необходима, поскольку она дает возможность еще до начала написания реферата выявить логические неточности, информационные накладки, повторы, неверную последовательность глав и параграфов, неудачные формулировки выделенных частей или даже реферата в целом.

Рабочий план реферата разрабатывается студентом самостоятельно и может согласовываться с преподавателем.

Конкретизация необходимых элементов реферата

Реферат должен иметь четко определенные цель и задачи, объект, предмет и методы исследования. Их необходимо сформулировать до начала непосредственной работы над текстом.

Цель реферата представляет собой формулировку результата исследовательской деятельности и путей его достижения с помощью определенных средств. Учитывайте, что у работы может быть только одна цель.

Задачи конкретизируют цель, в реферате целесообразно выделить три-четыре задачи. Задачи - это теоретические и практические результаты, которые должны быть получены в реферате. Постановку задач следует делать как можно более тщательно, т.к. их

решение составляет содержание разделов (подпунктов, параграфов) реферата. В качестве задач может выступать либо решение подпроблем, вытекающих из общей проблемы, либо задачи анализа, обобщения, обоснования, разработки отдельных аспектов проблемы, ведущие к формулировке возможных направлений ее решения.

Объект исследования - процесс или явление, порождающие проблемную ситуацию и избранные для изучения.

Предмет исследования - все то, что находится в границах объекта исследования в определенном аспекте рассмотрения.

Методы исследования, используемые в реферате, зависят от поставленных цели и задач, а также от специфики объекта изучения. Это могут быть методы системного анализа, математические и статистические методы, сравнения, обобщения, экспертных оценок, теоретического анализа и т.д.

Впоследствии формулировка цели, задач, объекта, предмета и методов исследования составят основу Введения к реферату.

Сбор и систематизация литературы

Основные источники, использование которых возможно и необходимо в реферате, следующие:

- учебники, рекомендованные Министерством образования и науки РФ;
- электронные ресурсы УГГУ на русском и иностранном языках;
- статьи в специализированных и научных журналах;
- диссертации и монографии по изучаемой теме;
- инструктивные материалы и законодательные акты (только последних изданий);
- данные эмпирических и прикладных исследований (статистические данные, качественные интервью и т.д.)
- материалы интернет-сайтов.

Систематизацию получаемой информации следует проводить по основным разделам реферата, предусмотренным планом. При изучении литературы не стоит стремиться освоить всю информацию, заключенную в ней, а следует отбирать только ту, которая имеет непосредственное отношение к теме работы. Критерием оценки прочитанного является возможность его использования в реферате.

Сбор фактического материала - один из наиболее ответственных этапов подготовки реферата. От того, насколько правильно и полно собран фактический материал, во многом зависит своевременное и качественное написание работы. Поэтому, прежде чем приступить к сбору материала, аспиранту необходимо тщательно продумать, какой именно фактический материал необходим для реферата и составить, по возможности, специальный план его сбора и анализа. После того, как изучена и систематизирована отобранная по теме литература, а также собран и обработан фактический материал, возможны некоторые изменения в первоначальном варианте формулировки темы и в плане реферата.

Написание основной части реферата

Изложение материала должно быть последовательным и логичным. Общая логика написания параграфа сводится к стандартной логической схеме «Тезис - Доказательство - Вывод» (количество таких цепочек в параграфе, как правило, ограничивается тремя - пятью доказанными тезисами).

Все разделы реферата должны быть связаны между собой. Особое внимание следует обращать на логические переходы от одной главы к другой, от параграфа к параграфу, а внутри параграфа - от вопроса к вопросу.

Использование цитат в тексте необходимо для того, чтобы без искажений передать мысль автора первоисточника, для идентификации взглядов при сопоставлении различных

точек зрения и т.д. Отталкиваясь от содержания цитат, необходимо создать систему убедительных доказательств, важных для объективной характеристики изучаемого вопроса. Цитаты также могут использоваться и для подтверждения отдельных положений работы.

Число используемых цитат должно определяться потребностями разработки темы. Цитатами не следует злоупотреблять, их обилие может восприниматься как выражение слабости собственной позиции автора. Оптимальный объем цитаты - одно- два, максимум три предложения. Если цитируемый текст имеет больший объем, его следует заменять аналитическим пересказом.

Во всех случаях употребления цитат или пересказа мысли автора необходимо делать точную ссылку на источник с указанием страницы.

Авторский текст (собственные мысли) должен быть передан в научном стиле. Научный стиль предполагает изложение информации от первого лица множественного числа («мы» вместо «я»). Его стоит обозначить хорошо известными маркерами: «По нашему мнению», «С нашей точки зрения», «Исходя из этого мы можем заключить, что...» и т.п. или безличными предложениями: «необходимо подчеркнуть, что...», «важно обратить внимание на тот факт, что.», «следует отметить.» и т.д.

Отдельные положения реферата должны быть иллюстрированы цифровыми данными из справочников, монографий и других литературных источников, при необходимости оформленными в справочные или аналитические таблицы, диаграммы, графики. При составлении аналитических таблиц, диаграмм, графиков используемые исходные данные выносятся в приложение, а в тексте приводятся результаты расчетов отдельных показателей (если аналитическая таблица по размеру превышает одну страницу, ее целиком следует перенести в приложение). В тексте, анализирующем или комментирующем таблицу, не следует пересказывать ее содержание, а уместно формулировать основной вывод, к которому подводят табличные данные, или вводить дополнительные показатели, более отчетливо характеризующие то или иное явление или его отдельные стороны. Все материалы, не являющиеся необходимыми для решения поставленной в работе задачи, также выносятся в приложение.

Написание введения и заключения

Введение и заключение - очень важные части реферата. Они должны быть тщательно проработаны, выверены логически, стилистически, орфографически и пунктуационно.

Структурно введение состоит из нескольких логических элементов. Во введении в обязательном порядке обосновываются:

- актуальность работы (необходимо аргументировать, в силу чего именно эта проблема значима для исследования);
- характеристика степени разработанности темы (краткий обзор имеющейся научной литературы по рассматриваемому вопросу, призванный показать знакомство студента со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, оценивать ранее сделанное другими исследователями, определять главное в современном состоянии изученности темы);
- цель и задачи работы;
- объект и предмет исследования;
- методы исследования;
- теоретическая база исследования (систематизация основных источников, которые использованы для написания своей работы);
- структура работы (название глав работы и их краткая характеристика).

По объему введение занимает 1,5-2 страницы текста, напечатанного в соответствии с техническими требованиями, определенными преподавателем.

Заключение содержит краткую формулировку результатов, полученных в ходе работы, указание на проблемы практического характера, которые были выявлены в процессе исследования, а также рекомендации относительно их устранения. В заключении возможно повторение тех выводов, которые были сделаны по главам. Объем заключения - 1 - 3 страницы печатного текста.

Представление реферата преподавателю

Окончательный вариант текста реферата необходимо распечатать и вставить в папку-скоросшиватель. Законченный и оформленный в соответствии с техническими требованиями реферат подписывается студентом и представляется в распечатанном и в электронном виде в срок, обозначенный преподавателем.

Перед сдачей реферата аспирант проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования реферата в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования реферата в данной системе (с указанием процента авторского текста), аспирант в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста реферата, который не подлежит доработке или замене.

Защита реферата

При подготовке реферата к защите (если она предусмотрена) следует:

1. Составить план выступления, в котором отразить актуальность темы, самостоятельных характер работы, главные выводы и/или предложения, их краткое обоснование и практическое и практическое значение - с тем, чтобы в течение 3 - 5 минут представить достоинства выполненного исследования.
2. Подготовить иллюстративный материал: схемы, таблицы, графики и др. наглядную информацию для использования во время защиты. Конкретный вариант наглядного представления результатов определяется форматом процедуры защиты реферата.

Критерии оценивания реферата

Критерии оценивания реферата: новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста – обоснование актуальности темы; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельная интерпретация описываемых в реферате фактов и проблем – 4 балла.

Степень раскрытия сущности вопроса - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (использование современной научной литературы) – 4 балла.

Соблюдение требований к оформлению - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; корректность цитирования – 4 балла.

Критерии оценивания публичного выступления (защита реферата): логичность построения выступления; грамотность речи и владение профессиональной терминологией; обоснованность выводов; умение отвечать на вопросы; поведение при защите работы *(*манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.) соблюдение требований к объёму доклада – 10 баллов.

Критерии оценивания презентации: дизайн и мультимедиа – эффекты, содержание – 4 балла.

Всего – 25 баллов.

Оценка «зачтено»

Оценка *«зачтено»* – реферат полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 23-25 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, присутствует новизна и самостоятельность в постановке проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, широкий диапазон и качество (уровень) используемого информационного пространства (привлечены различные источники научной информации), прослеживается наличие авторской позиции и самостоятельной интерпретации описываемых в реферате фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована полнота и глубина знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены альтернативные взгляды на рассматриваемую проблему и обосновано сбалансированное заключение; представлен критический анализ использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – текст оформлен в соответствие с методическими требованиями и ГОСТом, в работе соблюдены правила русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое и полное определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона гармонирует с цветом текста, всё отлично читается, использовано 3 цвета шрифта, все страницы выдержаны в едином стиле, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, звуковой фон соответствует единой концепции и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание является строго научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) усиливают эффект восприятия текстовой части информации, орфографические , пунктуационные, стилистические ошибки отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами в наиболее адекватной форме, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены.

Критерии оценивания публичного выступления: выступление логично построено, выводы аргументированы, свободное владение профессиональной терминологией, в речи отсутствуют орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы*,* владеет различными способами привлечения и удержания внимания и интереса аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «*зачтено*» - реферат в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 18-22 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного

пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – текст оформлен в соответствие с методическими требованиями и ГОСТом, в работе имеются незначительные ошибки правил русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона хорошо соответствует цвету текста, всё можно прочесть, использовано 3 цвета шрифта, 1-2 страницы имеют свой стиль оформления, отличный от общего, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна, звуковой фон соответствует единой концепции и привлекает внимание зрителей в нужных местах - именно к информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание в целом является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) соответствуют тексту, орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки практически отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены

Критерии оценивания публичного выступления : выступление логично построено, выводы аргументированы, испытывает незначительные затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в незначительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы , владеет ограниченным набором способов привлечения внимания аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка *«зачтено»* - реферат частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 13-17 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – оформление текста частично не соответствует методическими требованиям и ГОСТу, в работе имеются ошибки правил русской орфографии и пунктуации, в целом выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), частично не соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона плохо соответствует цвету текста, использовано более 4 цветов шрифта, некоторые страницы имеют свой стиль оформления, гиперссылки выделены, анимация дозирована, звуковой фон не соответствует единой концепции, но не носит отвлекающий характер, размер шрифта средний (соответственно,

объём информации слишком большой — кадр несколько перегружен), ссылки работают, содержание включает в себя элементы научности, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) в определенных случаях соответствуют тексту, есть орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки, наборы числовых данных чаще всего проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной ключевые слова в тексте, чаще всего, выделены.

Критерии оценивания публичного выступления: в выступлении нарушено логическое построение, выводы не аргументированы, испытывает затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает краткие ответы на вопросы, в целом соблюдены этические нормы поведения при защите работы, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «не зачтено»

Оценка *«не зачтено»* - реферат не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-12 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы не обоснована, не сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал не систематизирован, ограниченный диапазон используемого информационного пространства (привлечен 1 источник научной информации), отсутствует авторская позиция в реферате.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата не соответствует теме, не продемонстрирована осведомленность знаний по теме, отсутствует личная оценка (вывод), представлен 1 позиция рассмотрения проблемы, заключение не обосновано, отсутствует критический обзор использованной литературы.

Соблюдение требований к оформлению – оформление текста не соответствует методическими требованиям и ГОСТу, в работе выполнена с ошибками правил русской орфографии и пунктуации, не выдержана стилистическая культура научного текста, отсутствует четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), не соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона не соответствует цвету текста, использовано более 5 цветов шрифта, каждая страница имеет свой стиль оформления, гиперссылки не выделены, анимация отсутствует (или же презентация перегружена анимацией), звуковой фон не соответствует единой концепции, носит отвлекающий характер, слишком мелкий шрифт (соответственно, объём информации слишком велик — кадр перегружен), не работают отдельные ссылки, содержание не является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) не соответствуют тексту, много орфографических, пунктуационных, стилистических ошибок, наборы числовых данных не проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация не представляется актуальной и современной, ключевые слова в тексте не выделены

Критерии оценивания публичного выступления: отказывается от защиты или в выступлении нарушено логическое построение, отсутствуют выводы, не использует профессиональную терминологию, в речи допускает значительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, не отвечает на вопросы, нарушает со этические нормы поведения при защите работы, не соблюдены требования к объёму доклада.

2. Методические рекомендации по написанию реферата статьи

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление, аналитико-синтетическое преобразование информации и создание нового документа - реферата, обладающего специфической языково-стилистической формой.

Рефератом статьи (далее - реферат) называется текст, передающий основную информацию подлинника в свернутом виде и составленный в результате ее смысловой переработки[2].

Основными функциями рефератов являются следующие: информативная, поисковая, индикативная, справочная, сигнальная, адресная, коммуникативная.

Информативная функция. Поскольку реферат является кратким изложением основного содержания первичного документа, главная его задача состоит в том, чтобы передавать фактографическую информацию.

Отсюда информативность является наиболее существенной и отличительной чертой реферата.

Поисковая и справочная функции. Как средство передачи информации реферат нередко заменяет чтение первичного документа. Обращаясь к рефератам, пользователь осуществляет по ним непосредственный поиск информации, причем информации фактографической. В этом проявляется поисковая функция реферата, а также функция справочная, поскольку извлекаемая из реферата информация во многом представляет справочный интерес.

Индикативная функция. Реферат должен характеризовать оригинальный материал не только содержательно, но и описательно. Путем описания обычно даются дополнительные характеристики первичного материала: его вид (книга, статья), наличие в нем иллюстраций и т.д.

Кроме того, в реферате иногда приходится ограничиваться лишь названием или перечислением отдельных вопросов содержания. Это еще одно свойство реферата, которое принято называть индикативностью.

Адресная функция. Точным библиографическим описанием первичного документа одновременно достигается то, что реферат способен выполнять адресную функцию, без чего бессмысленен документальный информационный поиск.

Сигнальная функция. Эта функция реферата проявляется, когда осуществляется оперативное информирование с помощью авторских рефератов о планах выпуска литературы, а также о существовании неопубликованных, в том числе депонированных работ.

Диапазон использования рефератов очень широк. Они применяются как в индивидуальном, так и в коллективном информационном обеспечении, проводимом в интересах научно-исследовательских работ, учебного процесса и т.д. Они же являются средством международного обмена информацией и выполняют научно-коммуникативные функции в интернациональном масштабе.

Являясь наиболее экономным средством ознакомления с первоисточником, реферат должен отразить все существенные моменты последнего и особо выделить основную мысль автора. Многообразные функции реферата в системе научных коммуникаций можно объединить в следующие основные группы: информативные, поисковые, коммуникативные. Поскольку реферат передает в сжатом виде текст первоисточника, он позволяет специалисту либо получить релевантную информацию, либо сделать вывод о том, что обращаться к первоисточнику нет необходимости.

Существует три основных способа изложения информации в реферате.

---

[2] Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5

Экстрагирование - представление информации первоисточника в реферате. Эта методика достаточно проста: референт отмечает предложения, которые затем полностью или с незначительным перефразированием переносятся в реферат-экстракт.

Перефразирование - наиболее распространенный способ реферативного изложения. Здесь имеет место частичное текстуальное совпадение с первоисточником. Перефразирование предполагает не использование значительной части сведений оригинала, а перестройку его смысловой и синтаксической структуры. Перестройка текста достигается за счет таких операций, как замещение (одни фрагменты текста заменяются другими), совмещения (объединяются несколько предложений в одно) и обобщение.

Интерпретация - это способ реферативного изложения, когда содержание первоисточника может раскрываться либо в той же последовательности, либо на основе обобщенного представления о нем. Разновидностью интерпретированных рефератов могут быть авторефераты диссертаций, тезисы докладов научных конференций и совещаний.

Для качественной подготовки реферата необходимо владеть основными приемами анализа и синтеза, знать основные требования, предъявляемые к рефератам, их структурные и функциональные особенности.

Процесс реферирования делится на пять основных этапов:

1. Определение способа охвата первоисточника, который в данном конкретном случае наиболее целесообразен, для реферирования (общее, фрагментное, аспектное и т.д.).
2. Беглое ознакомительное чтение, когда референт решает вопрос о научно-практической значимости и информационной новизне первоисточника. Анализ его вида позволяет осуществить выбор аспектной схемы изложения реферата.
3. Конструирование текста реферата, которое осуществляется с использованием приемов перефразирования, обобщения, абстрагирования и т.д. Очень редко предложения или фрагменты оригинала используются без изменения. Запись полученных в результате синтеза конструкций осуществляется в последовательности, соответствующей разработанной схеме или плану.
4. Критический анализ полученного текста с точки зрения потребителя реферата.
5. Оформление и редактирование, которые являются заключительным этапом подготовки реферата.

Все, что в первичном документе не заслуживает внимания потребителя реферата, должно быть опущено. Так, в реферат не включаются:

- общие выводы, не вытекающие из полученных результатов;
- информация, не понятная без обращения к первоисточнику;
- общеизвестные сведения;
- второстепенные детали, избыточные рассуждения;
- исторические справки;
- детальные описания экспериментов и методик;
- сведения о ранее опубликованных документах и т. д.

Приемы составления реферата позволяют обеспечить соблюдение основных методических принципов реферирования: адекватности, информативности, краткости и достоверности.

Хотя реферат по содержанию зависит от первоисточника, он представляет собой новый, самостоятельный документ. Общими требованиями к языку реферата являются точность, краткость, ясность, доступность.

По своим языковым и стилистическим средствам реферат отличается от первоисточника, поскольку референт использует иные термины и строит предложения в соответствии со стилем реферата. Наряду с сообщением могут использоваться перифразы. Вместе с тем в ряде случаев стилистика реферата может совпадать с первоисточником, что особенно характерно для расширенных рефератов.

Изложение реферата должно обеспечивать наибольшую семантическую адекватность, семантическую эквивалентность, краткость и логическую последовательность. Для этого

необходимы определенные лексические и грамматические средства. Адекватность и эквивалентность достигаются за счет правильного употребления терминов, краткость - за счет экономной структуры предложений и использования терминологической лексики.

Быстрое и адекватное восприятие реферата обеспечивается употреблением простых законченных предложений, имеющих правильную грамматическую форму. Громоздкие предложения затрудняют понимание реферата, поэтому сложные предложения, как правило, расчленяются на ряд простых при сохранении логических взаимоотношений между ними путем замены соединительных слов, например, местоимениями.

Широко используются неопределенно-личные предложения без подлежащего. Они концентрируют внимание читающего только на факте, усиливая тем самым информационно-справочную значимость реферата.

Реферату, как одному из жанров научного стиля, присущи те же семантико-структурные особенности, что и научному стилю в целом: объективность, однозначность, логичность изложения, безличная манера повествования, широкое использование научных терминов, абстрактной лексики и т.д. В то же время этот жанр имеет и свою специфику стиля: фактографичность (констатация фактов), обобщенно-отвлеченный характер изложения, предельная краткость, подчеркнутая логичность, стандартизация языкового выражения.

Рефераты делятся на информативные (реферат-конспект), индикативные, указательные (реферат-резюме) и обзорные (реферат-обзор)[3]. В основу их классификации положена степень аналитико-синтетической переработки источника.

Информативные рефераты включают в себя изложение (в обобщенном виде) всех основных проблем, изложенных в первоисточнике, их аргументацию, основные результаты и выводы, имеющие теоретическую и практическую ценность.

Индикативные рефераты указывают только на основные моменты содержания первоисточника. Их также называют реферативной аннотацией.

Научные рефераты отражают смысловую сторону образно-тематического содержания. В его основе лежат такие мыслительные операции, как обобщение и абстракция.

Реферат-резюме направлен на перечисление основных проблем источника без содержания доказательств.

Реферат, независимо от его типа, имеет единую структуру:

- название реферируемой работы (или выходные данные);
- композиция реферируемой работы;
- главная мысль реферируемого материала;
- изложение содержания;
- выводы автора по реферируемому материалу.

Обычно в самом первоисточнике главная мысль становится ясной лишь после прочтения всего материала, в реферате же с нее начинается изложение содержания, она предшествует всем выводам и доказательствам. Такая последовательность изложения необходима для того, чтобы с самого начала сориентировать читателя относительно основного содержания источника и его перспективной ценности. Выявление главной мысли источника становится весьма ответственным делом референта и требует от него вдумчивого отношения к реферируемому материалу. Иногда эта главная мысль самим автором даже не формулируется, а лишь подразумевается. Референту необходимо суметь сжато ее сформулировать, не внося своих комментариев.

Содержание реферируемого материала излагается в последовательности первоисточника по главам, разделам, параграфам. Обычно дается формулировка вопроса, приводится вывод по этому вопросу и необходимая цепь доказательств в их логической последовательности.

---

[3] Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. - 368с.

Следует иметь в виду, что иногда выводы автора не вполне соответствуют главной мысли первоисточника, так как могут быть продиктованы факторами, выходящими за пределы излагаемого материала. Но в большинстве случаев выводы автора вытекают из главной мысли, выявление которой и помогает их понять.

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств представлен в таблице 1.

Таблица 1

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств

Смысловые части реферата	**Используемые языковые средства**
1. Название реферируемой работы (или выходные данные)	- В. Вильсон. Наука государственного управления // Классики теории государственного управления: американская школа. Под ред. ДЖ. Шафритца, А. Хайда. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – с. 24-42.; - Статья называется (носит название, озаглавлена)
2. Композиция реферируемой работы	- Статья • состоит из…… • делится на ….. • начинается с……. • кончается (чем?) .....; - В статье можно выделить две части…….
3. Проблематика и основные положения работы	- Статья • посвящена теме (проблеме, вопросу) …… • представляет собой анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) …….. - Автор статьи • ставит (рассматривает, освещает, поднимает, затрагивает) следующие вопросы (проблемы) …… • особо останавливается (на чем?) ..... • показывает значение (чего?) …….. • раскрывает сущность (чего?) ……. • обращает внимание (на что?) …… • уделяет внимание (чему?) ….. • касается (чего?) ……. - В статье • рассматривается (что?) …. • анализируется (что?) ….. • делается анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) (чего?) …… • раскрывается, освещается вопрос… • обобщается (что?) ……. • отмечается важность (чего?) …… • касается (чего?)….. - В статье • показано (что?) …… • уделено большое внимание (чему?) …… • выявлено (что?) ……. • уточнено (что?) ……..
4. Аргументация основных положений работы	- Автор • приводит примеры (факты, цифры, данные) ……. • иллюстрирует это положение …….. • подтверждает (доказывает, аргументирует) свою точку зрения примерами (данными)… - в подтверждение своей точки зрения автор приводит доказательства (аргументы, ряд доказательств, примеры, иллюстрации, данные, результаты наблюдений)… - Для доказательств своих положений автор описывает • эксперимент …… • в ходе эксперимента автор привлекал …

5. Выводы, заключения	• выполненные исследования показывают… • приведенные наблюдения (полученные данные) приводят к выводу (позволяют сделать выводы).. • из сказанного можно сделать вывод, что ….. • анализ результатов свидетельствует … - На основании проведенных наблюдений (полученных данных, анализ результатов) • был сделан вывод (можно сделать заключение) …. • автор приводит выводы …….

Реферат может содержать комментарий референта, только в том случае, если референт является достаточно компетентным в данном вопросе и может вынести квалифицированное суждение о реферируемом материале. В комментарий входят критическая характеристика первоисточника, актуальность освещенных в нем вопросов, суждение об эффективности предложенных решений, указание, на кого рассчитан реферируемый материал.

Комментарий реферата может содержать оценку тех или иных положений, высказываемых автором реферируемой работы. Эта оценка чаще всего выражает согласие или несогласие с точкой зрения автора. Языковые средства, которые используются при этом, рассмотрены в таблице 2.

Таблица 2

Языковые средства, используемых при оценке те положений, высказываемых автором реферируемой работы

Смысловые части комментарии	**Используемые языковые средства**
Смысловые части комментарии	- Автор • справедливо указывает …. • правильно подходит к анализу (оценке) …. • убедительно доказывает …. • отстаивает свою точку зрения …. • критически относится к работам предшественников ….. - Мы • разделяем точку зрения (мнения, оценку) автора …… • придерживаемся подобного же мнения … • критически относимся к работам предшественников …. - Можно согласится с автором, что ….. - Следует признать достоинства такого подхода к решению ….
Несогласие (отрицательная оценка)	- Автор • не раскрывает содержания (противоречий, разных точек зрения) … • противоречит себе (известным фактам) ……. • игнорирует общеизвестные факты ….. • упускает из вида ……. • не критически относится к высказанному положению …….. • не подтверждает сказанное примерами…. - Мы • придерживаемся другой точки зрения (другого, противоположного мнения) • не можем согласиться (с чем?) … • трудно согласиться с автором (с таким подходом к решению проблемы, вопроса, задачи) …. • можно выразить сомнение в том, что ….. • дискуссивно (сомнительно, спорно) , что …… • к недостаткам работы можно отнести ……

В реферате могут быть использованы цитаты из реферируемой работы. Они всегда ставятся в кавычки. Следует различать три вида цитирования, при этом знаки препинания ставятся, как в предложениях с прямой речью.

1. Цитата стоит после слов составителя реферата. В этом случае после слов составителя реферата ставится двоеточие, а цитата начинается с большой буквы. Например: Автор статьи утверждает: «В нашей стране действительно произошел стремительный рост национального самосознания».

2. Цитата стоит перед словами составителя реферата. В этом случае после цитаты ставится запятая и тире» а слова составителя реферата пишутся с маленькой буквы. Например: «В нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания», - утверждает автор статьи.

3. Слова составителя реферата стоят в середине цитаты. В этом случае перед ними и после них ставится точка с запятой. Например: «В нашей стране, - утверждает автор статьи, - действительно стремительный рост национального самосознания».

4. Цитата непосредственно включается в слова составителя реферата. В этом случае (а он является самым распространенным в реферате) цитата начинается с маленькой буквы. Например: Автор статьи утверждает, что «в нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания».

3. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[4]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[4] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

4. Методические рекомендации по составлению тестовых заданий

Требования к составлению тестовых заданий

Тестовое задание (ТЗ) - варьирующаяся по элементам содержания и по трудности единица контрольного материала, сформулированная в утвердительной форме предложения с неизвестным. Подстановка правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала.

Для правильного составления ТЗ необходимо выполнить следующие *требования*:

1. Содержание каждого ТЗ должно охватывать какую-либо одну смысловую единицу, то есть должно оценивать что-то одно.
2. Ориентация ТЗ на получение *однозначного* заключения.
3. Формулировка содержания ТЗ в виде свернутых кратких суждений. Рекомендуемое количество слов в задании не более 15. В тексте не должно быть преднамеренных подсказок и сленга, а также оценочных суждений автора ТЗ. Формулировка ТЗ должна быть в повествовательной форме (не в форме вопроса). По возможности, текст ТЗ не должен содержать сложноподчиненные конструкции, повелительного наклонения («выберите», «вычислите», «укажите» и т.д). Специфический признак (ключевое слово) выносится в начало ТЗ. Не рекомендуется начинать ТЗ с предлога, союза, частицы.
4. Соблюдение единого стиля оформления ТЗ.

Требования к формам ТЗ

ТЗ может быть представлено в одной из четырех стандартизованных форм:

- закрытой (с выбором одного или нескольких заключений);
- открытой;
- на установление правильной последовательности;
- на установление соответствия.

Выбор формы ТЗ зависит от того, какой вид знаний следует проверить. Так, для оценки фактологических знаний (знаний конкретных фактов, названий, имён, дат, понятий) лучше использовать тестовые задания закрытой или открытой формы.

Ассоциативных знаний (знаний о взаимосвязи определений и фактов, авторов и их теорий, сущности и явления, о соотношении между различными предметами, законами, датами) - заданий на установление соответствия. Процессуальных знаний (знаний правильной последовательности различных действий, процессов) - заданий на определение правильной последовательности.

Тестовое задание закрытой формы

Если к заданиям даются готовые ответы на выбор (обычно один правильный и остальные неправильные), то такие задания называются заданиями с выбором одного правильного ответа или с единичным выбором.

При использовании этой формы следует руководствоваться правилом: в каждом задании с выбором одного правильного ответа правильный ответ должен быть.

Помимо этого, бывают задания с выбором нескольких правильных ответов или с множественным выбором. Подобная форма заданий не допускает наличия в общем перечне ответов следующих вариантов: «все ответы верны» или «нет правильного ответа».

Вариантов выбора (дистракторов) должно быть не менее 4 и не более 7. Если дистракторов мало, то возрастает вероятность угадывания правильного ответа, если слишком много, то делает задание громоздким. Кроме того, дистракторы в большом

количестве часто бывают неоднородными, и тестируемый сразу исключает их, что также способствует угадыванию.

Дистракторы должны быть приблизительно одной длины. Не допускается наличие повторяющихся фраз (слов) в дистракторах.

Тестовое задание открытой формы

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Требуется сформулированное самим тестируемым заключение. Задания открытой формы имеют вид неполного утверждения, в котором отсутствует один или несколько ключевых элементов. В качестве ключевых элементов могут быть: число, буква, слово или словосочетание. При формулировке задания на месте ключевого элемента, необходимо поставить прочерк или многоточие. Утверждение превращается в истинное высказывание, если ответ правильный и в ложное высказывание, если ответ неправильный. Необходимо предусмотреть наличие всех возможных вариантов правильного ответа и отразить их в ключе, поскольку отклонения от эталона (правильного ответа) могут быть зафиксированы проверяющим как неверные.

Тестовые задания на установление правильной последовательности

Такое задание состоит из однородных элементов некоторой группы и четкой формулировки критерия упорядочения этих элементов.

Задание начинается со слова: «Последовательность».

Тестовые задания на установление соответствия

Такое задание состоит из двух групп элементов и четкой формулировки критерия выбора соответствия между ними.

Соответствие устанавливается по принципу 1:1 (одному элементу первой группы соответствует только один элемент второй группы) или 1:М (одному элементу первой группы соответствуют М элементов второй группы). Внутри каждой группы элементы должны быть однородными. Количество элементов второй группы должно превышать количество элементов первой группы. Максимальное количество элементов второй группы должно быть не более 10, первой группы - не менее 2.

Задание начинается со слова: «Соответствие». Номера и буквы используются как идентификаторы (метки) элементов. Арабские цифры являются идентификаторами первой группы, заглавные буквы русского алфавита - второй. Номера и буквы отделяются от содержания столбцов круглой скобкой.

5. Требования к написанию и оформлению доклада

Доклад (или отчёт) – один из видов монологической речи, публичное, развёрнутое, официальное, сообщение по определённому вопросу, основанное на привлечении документальных данных.

Обычно любая научная работа заканчивается докладом на специальном научном семинаре, конференции, где участники собираются, чтобы обсудить научные проблемы. На таких семинарах (конференциях) всегда делается доклад по определённой теме. Доклад содержит все части научного отчёта или статьи. Это ответственный момент для докладчика. Здесь проверяются знание предмета исследования, способности проводить эксперимент и объяснять полученные результаты. С другой стороны, люди собираются, чтобы узнать что-то новое для себя. Они тратят своё время и хотят провести время с пользой и интересом. После выступления докладчика слушатели обязательно задают вопросы по теме выступления, и докладчику необходимо научиться понимать суть различных вопросов. Кроме того, на семинаре задача обсуждается, рассматривается со всех сторон, и бывает, что автор узнаёт о своей работе много нового. Часто возникают интересные идеи и неожиданные направления исследований. Работа становится более содержательной. Следовательно, доклад необходим для развития самой науки и для студентов. В этом состоит главное предназначение доклада.

На студенческом семинаре (конференции) всегда подводится итог, делаются выводы, принимается решение или соответствующее заключение. Преподаватель (жюри) выставляет оценку за выполнение доклада и его предъявление, поскольку в учебном заведении данная форма мероприятия является обучающей. Оценки полезно обсуждать со студентами: это помогает им понять уровень их собственных работ. С лучшими сообщениями, сделанными на семинарах, студенты могут выступать впоследствии на студенческих конференциях. Поэтому каждому студенту необходимо обязательно предварительно готовить доклад и учиться выступать публично.

Непосредственная польза выступления студентов на семинаре (конференции) состоит в следующем.

1. Выступление позволяет осуществлять поиск возможных ошибок в постановке работы, методике исследования, обобщении полученных результатов, их интерпретации. Получается, что студенты помогают друг другу улучшить работу. Что может быть ценнее?
2. Выступление дает возможность учиться излагать содержание работы в короткое время, схватывать суть вопросов и толково объяснять существо. Следовательно, учиться делать доклад полезно для работы в любой области знаний.
3. На семинаре (конференции) докладчику принято задавать вопросы. Студентам следует знать, что в научной среде не принято осуждать коллег за заданные в процессе обсуждения вопросы. Однако вопросы должны быть заданы по существу проблемы, исключать переход на личностные отношения. Публичное выступление позволяет студентам учиться корректно, лаконично и по существу отвечать на вопросы, демонстрировать свои знания.

Требования к подготовке доклада

Доклад может иметь форму публичной лекции, а может содержать в себе основные тезисы более крупной работы (например, реферата, курсовой, дипломной работы, научной статьи). Обычно от доклада требуется, чтобы он был:

- точен в части фактического материала и содержал обоснованные выводы;
- составлен с учетом точки зрения адресата;
- посвящен проблемам, непосредственно относящимся к определенной теме;

- разделен на части, логично построенные;
- достаточно обширен, чтобы исчерпать заявленную тему доклада, но не настолько, чтобы утомлять адресата;
- интересно написан и легко читался (слушался);
- понятен, нагляден и привлекателен по оформлению.

Как правило, доклад содержит две части: текст и иллюстрации. Представление рисунков, таблиц, графиков должно быть сделано с помощью компьютера. Компьютер - идеальный помощник при подготовке выступления на семинаре (конференции). Каждая из частей доклада важна. Хорошо подготовленному тексту всегда сопутствует хорошая презентация. Если докладчик не нашёл времени хорошо подготовить текст, то у него плохо подготовлены и иллюстрации. Это неписаное правило.

Доклад строится по определённой схеме. Только хорошая система изложения даёт возможность логично, взаимосвязано, кратко и убедительно изложить результат. Обычно участники конференции знают, что должно прозвучать в каждой части выступления. В мире ежегодно проходят тысячи семинаров, сотни различных конференций, технология создания докладов совершенствуется. Главное - говорить о природе явления, о процессах, проблемах и причинах Вашего способа их решения, аргументировать каждый Ваш шаг к цели.

На следующие вопросы докладчику полезно ответить самому себе при подготовке выступления, заблаговременно (хуже, если подобные вопросы возникнут у слушателей в процессе доклада). Естественно, отвечать целесообразно честно...

1. Какова цель выступления**?**

Или: «Я, автор доклада, хочу...»:

- информировать слушателей о чем-то;
- объяснить слушателям что-то;
- обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т.п.) со слушателями;
- спросить у слушателей совета;
- сделать себе PR;
- пожаловаться слушателям на что-то (на жизнь, ситуацию в стране и т.п.).

Т.е. ради чего, собственно, затевается выступление? Если внятного ответа на Вопрос нет, то стоит задуматься, нужно ли такое выступление?

2. Какова аудитория?

На кого рассчитано выступление:

- на студентов;
- на клиента (-ов);
- на коллег-профессионалов;
- на конкурентов;
- на присутствующую в аудитории подругу (друзей)?

3. Каков объект выступления?

О чем собственно доклад, что является его «ядром»:

- одна модель;
- серия моделей;
- динамика изменения модели (-ей);
- условия применения моделей;
- законченная методика;
- типовые ошибки;
- прогнозы;
- обзор, сравнительный анализ;
- постановка проблемы, гипотеза;
- иное?

Естественно, качественный доклад может касаться нескольких пунктов из приведенного списка...

4. Какова актуальность доклада?

Или: почему сегодня нужно говорить именно об этом?

5. В чем заключается новизна темы?

Или: если заменить многоумные и иноязычные термины в тексте доклада на обычные слова, то не станет ли содержание доклада банальностью?

Ссылается ли автор на своих предшественников? Проводит ли сравнение с существующими аналогами?

Стоит заметить, что новизна и актуальность - разные вещи. Новизна характеризует насколько ново содержание выступления по сравнению с существующими аналогами. Актуальность - насколько оно сейчас нужно. Бесспорно, самый выигрышный вариант - и ново, и актуально. Неплохо, если актуально, но не ново. Например, давняя проблема, но так никем и не решенная. Терпимо, если не актуально, но ново - как прогноз. Пример: сделанный Д.И. Менделеевым в XIX веке прогноз, что в будущем дома будут не только обогревать, но и охлаждать (кондиционеров тогда и вправду не знали).

Но если и не ново и не актуально, то нужно ли кому-то такое выступление?

6. Разработан ли автором план (структура и логика) выступления?

Есть ли логичная последовательность авторской мысли? Или же автор планирует свой доклад в стиле: «чего-нибудь наболтаю, а наглядный материал и вопросы слушателей как-нибудь помогут вытянуть выступление...?»

Есть ли выводы с четкой фиксацией главного и нового? Как они подводят итог выступлению?

7. Наглядная иллюстрация материалов

Нужна ли она вообще, и если да, то, что в ней будет содержаться? Отражает ли она логику выступления?

Иллюстрирует ли сложные места доклада?

Важно помнить: иллюстративный материал не должен полностью дублировать текст доклада. Слушатель должен иметь возможность записывать: примеры, дополнения, подробности, свои мысли... А для этого необходимо задействовать как можно больше видов памяти. Гигантской практикой образования доказано: материал усваивается лучше, если зрительная и слуховая память подкрепляются моторной. Т.е. надо дать возможность слушателям записывать, а не только пассивно впитывать материал.

Следует учитывать и отрицательный момент раздаточных материалов: точное повторение рассказа докладчика. Или иначе: если на руках слушателей (в мультимедийной презентации) есть полный письменный текст, зачем им нужен докладчик? К слову сказать, часто красивые слайды не столько иллюстрируют материал, сколько прикрывают бедность содержания...

8. Корректные ссылки

Уже много веков в научной среде считается хорошим тоном указание ссылок на первоисточники, а не утаивание их.

9. Что останется у слушателей:

- раздаточный или наглядный материал: какой и сколько?
- собственные записи: какие и сколько? И что сделано автором по ходу доклада для того, чтобы записи слушателей не искажали авторский смысл?
- в головах слушателей: какие понятия, модели, свойства и условия применения были передам слушателям?

Требования к составлению доклада

Полезно придерживаться следующей схемы составления доклада на семинаре (конференции).

Время Вашего доклада ограничено, обычно на него отводится 5-7 минут. За это время докладчик может успеть зачитать в темпе обычной разговорной речи текст объёмом

не более 3-5-и листов формата А4. После доклада - вопросы слушателей и ответы докладчика (до 3 минут). Полное время Вашего выступления - не более 10-и минут.

Сначала должно прозвучать название работы и фамилии авторов. Обычно название доклада и авторов произносит руководитель семинара (председатель конференции). Он представляет доклад, но допустим и такой вариант, при котором докладчик сам произносит название работы и имена участников исследования. Потраченное время - примерно 30 с.

Следует знать, что название - это краткая формулировка цели. Поэтому название должно быть конкретным и ясно указывать, на что направлены усилия автора. Если в названии менее 10-и слов - это хороший тон. Если больше - рекомендуется сократить. Так советуют многие международные журналы. В выступлении можно пояснить название работы другими словами. Возможно, слушатели лучше Вас поймут, если Вы скажете, какое явление исследуется, что измеряется, что создаётся, разрабатывается или рассчитывается. Максимально ясно покажите, что именно Вас интересует.

Введение (до 1 мин)

В этой части необходимо обосновать необходимость проведения исследования и его актуальность. Другими словами, Вы должны доказать, что доклад достоин того, чтобы его слушали. Объясните, почему важно исследовать данное явление. Расскажите, чем интересен выбранный объект с точки зрения науки, заинтересуйте своих слушателей темой Вашего исследования.

Скажите, кто и где решал подобную задачу. Укажите сильные и слабые стороны известных результатов. Учитывайте то, что студенту необходимо учиться работать с литературой, анализировать известные факты. Назовите источники информации, Ваших предшественников по имени, отчеству и фамилии и кратко, какие ими были получены результаты. Обоснуйте достоинство Вашего способа исследования в сравнении с известными результатами. Учтите, что студенческое исследование может быть и познавательного характера, то есть можно исследовать известный науке факт. Поясните, чем он интересен с Вашей точки зрения. Ещё раз сформулируйте цель работы и покажите, какие задачи необходимо решить, чтобы достигнуть цели. Что нужно сделать, создать, решить, вычислить? Делите целое на части - так будет понятнее и проще.

Методика исследования (до 30 сек.)

Методика, или способ исследования, должна быть обоснована. Поясните, покажите преимущества и возможности выбранной Вами методики при проведении экспериментального исследования.

Теоретическая часть (до 1 мин)

Эта часть обязательна в докладе. Редкий случай, когда можно обойтись без теоретического обоснования предстоящей работы, ведь экспериментальное исследование должно базироваться на теории. Здесь необходимо показать сегодняшний уровень Вашего понимания проблемы и на основании теории попытаться сформулировать постановку задачи. Покажите только основные соотношения и обязательно дайте комментарий. Скажите, что основная часть теории находится в содержании работы (реферате).

Экспериментальная часть (для работ экспериментального типа) (1,5-2 мин.)

Покажите и объясните суть проведённого Вами эксперимента. Остановитесь только на главном, основном. Второстепенное оставьте для вопросов.

Результаты работы (до 1 мин.)

1. Перечислите основные, наиболее важные, на Ваш взгляд, результаты работы.
2. Расскажите, как он был получен, укажите его характерные особенности.
3. Поясните, что Вы считаете самым важным и почему.
4. Следует ли продолжать исследование, и, если да, то в каком направлении?
5. Каким результатом можно было бы гордиться? Остановитесь на нём подробно.
6. Скажите, что следует из представленной вами информации.

7. Покажите, удалось ли разобраться в вопросах, сформулированных при постановке задачи. Обязательно скажите, достигнута ли цель работы. Закончено ли исследование?

8. Какие перспективы?

9. Покажите, что результат Вам нравится.

Выводы (до 1 мин.)

Сжато и чётко сформулируйте выводы. Покажите, что твёрдо установлено в результате проведённого теоретического или экспериментального исследования. Что удалось надёжно выяснить? Какие факты заслуживают доверия?

Завершение доклада

Поблагодарите всех за внимание. Помните: если Вы закончили свой доклад на 15 секунд раньше, все останутся довольны и будут ждать начала вопросов и дискуссию. Если Вы просите дополнительно ещё 3 минуты, Вас смогут потерпеть. Это время могут отнять от времени для вопросов, где Вы могли бы показать себя с хорошей стороны. Поэтому есть смысл предварительно хорошо "вычитать" (почти выучить) доклад. Это лучший способ научиться управлять временем.

Требования к предъявлению доклада во время выступления

Докладчику следует знать следующие приёмы, обеспечивающие эффективность восприятия устного публичного сообщения.

Приемы привлечения внимания

1. Продуманный первый слайд презентации.
2. Обращение.
3. Контакт глаз.
4. Позитивная мимика.
5. Уверенная пантомимика и интонация.
6. Выбор места.

Приемы привлечения интереса

В формулировку актуальности включить информацию о том, в чём может быть личный интерес слушателей, в какой ситуации они могут его использовать?

Приемы поддержания интереса и активной мыслительной деятельности слушателей

1. Презентация (образы, схемы, диаграммы, логика, динамика, юмор, оформление).
2. Соответствующая невербальная коммуникация (все составляющие!!!).
3. Речь логичная, понятная, средний темп, интонационная выразительность.
4. Разговорный стиль.
5. Личностная вовлеченность.
6. Образные примеры.
7. Обращение к личному опыту.
8. Юмор.
9. Цитаты.
10. Временное соответствие.

Приемы завершения выхода из контакта

- обобщение;
- метафора, цитата;
- побуждение к действию.

6. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [5].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[5] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[6].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

7. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

---

[6]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

8. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы (курсового проекта)

Содержание основных этапов подготовки курсовой работы

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной финансовой ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта) студентом.

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Рекомендации по подготовке к защите курсовой работы (проекта).

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится в университете при наличии у студента курсовой работы (проекта), рецензии и зачетной книжки. Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проект) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

9. Работа с источником

Чтение источника (книги, статьи, отчета и т.п.) рекомендуется осуществлять в два этапа:

I этап — ознакомительное чтение;

II этап — основное чтение с записями.

Первый этап – это предварительное ознакомление с источником (книгой, отчетом, статьей и т.д.).

Ознакомление должно дать ответ – представляет ли источник интерес, и если да, то в чем, какими методами его можно обработать.

Второй этап – основное чтение источника и записи. Запись – наиболее эффективный путь усвоения информации. Это связано с тем, что она представляет (должна представлять) творческий процесс анализа содержания источника, определение наиболее существенного в информации, содержащейся в источнике, и отбор самого важного для того, чтобы дать эту информацию в сжатом ("свернутом") виде.

Важными факторами при проработке литературы (особенно нового текста) являются настойчивость и систематичность. Последовательное, систематическое, аналитическое чтение облегчает усвоение прорабатываемого материала.

При записи используется не только зрительная, но и двигательная память. Формы

Критерии оценки для работы с источником

Оценка
Результат освоения
5 -если представлена интересная актуальная информация, сопровождаемая презентацией;
4 - если информация представлена актуальная, но презентация не вполне презентабельна;
3 -если информация не вполне актуальна, презентация отсутствует;

2 - если информация не актуальна, не представлена презентация.

Составление опорных конспектов

Примерный порядок составления опорного конспекта

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2.Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

Критерии оценивания при составлении опорного конспекта

Оценка «5» - конспект составлен по плану, соблюдается логичность, последовательность изложения материала, качественное внешнее оформление, объем - 4 тетрадные страницы;
Оценка «4» - конспект выполнен по плану, но некоторые вопросы раскрыты не полностью, есть небольшие недочеты в работе, объем – 4 тетрадные страницы;
Оценка «3» - при выполнении конспекта наблюдается отклонение от плана, нарушена логичность, отсутствует внутренняя логика изложения, удовлетворительное внешнее оформление, объем менее 4 страниц;
Оценка «2» - тема не раскрыта, неудовлетворительное внешнее оформление, объем менее 2 страниц.

10. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными

элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды

целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;

- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.
2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/
3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml
4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.
5. Методические рекомендации по написанию

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б..27.02 СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Специальность
21.04.04 Горное дело

Специализация
№ 4 Маркшейдерское дело

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Белов С.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Горной механики

Зав.кафедрой _____
Макаров Н.В.
Протокол № 173 от 16.03..2020

Рассмотрена методической комиссией
горно-механического факультета

Председатель _____
В.П. Барановский
Протокол № 7 от 20.03.2020

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) **Ошибка! Закладка не определена.**
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 7
Подготовка к зачёту 7
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ст.преп. Н. В. Колчина

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Технология и безопасность взрывных работ».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Азанов М.А.,
© Прищепа Д. В.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ 19
Практико-ориентированное задание №1 19
Практико-ориентированное задание №2 23
Практико-ориентированное задание №3 26
Практико-ориентированное задание №4 30
Практико-ориентированное задание №5 32

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Технология и безопасность взрывных работ» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы*. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. **Краткая история развития взрывных работ.**

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

Тема 2. Современные виды взрывных работ.

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.
2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

Тема 4. Вращательный способ бурения.

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий полдачи на инструмент.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

Тема 6. Шарошечное бурение.

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.

Начальный импульс. Виды начального импульса. Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсибилизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

Литература: [1, 2, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

Тема 11. Основные положения теории детонации.

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.

Группы факторов влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

Тема 14. Работа взрыва.

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

Тема 17. Действие взрыва.

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Отразите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?

4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

Литература: [1, 2, 4, 6]

Контрольные вопросы:

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства гранулотола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

Тема 22. Методы производства взрывных работ.

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов. Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным спопобом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?

5. Какова величина предельного содержание метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, заряжание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном заряжании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному $q_э$ с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывании зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.

4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

Тема 27. Метод камерных зарядов.

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

Тема 30. Персонал для взрывных работ.

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?
3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Краткая теория

Определение кислородного баланса

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 396 \text{ кДж/моль};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O \rightarrow H_2O + 283 \text{ кДж/моль при воде жидкой};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 241 \text{ кДж/моль при воде парообразной};$$

$$2Al + 1.5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 1671 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; M_{BB} – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 109 \text{ кДж/моль;}$$

либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции

$$0{,}5N_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow NO - 90{,}5 \text{ кДж/моль.}$$

Пример 1. Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16{,}5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_б = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

Пример 2. Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры NH_4NO_3 и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0{,}3 \cdot 20 + 0{,}7 \cdot -74 = -45{,}5\%.$$

Составление рецептуры промышленных ВВ

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделятся не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[\text{КБ}_{DT}]}{[\text{КБ}_{\text{АС}}]},$$

где КБ_{DT} – кислородный баланс дизельного топлива;

$\text{КБ}_{\text{АС}}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1+n},$$

$$x = \frac{100}{1+16} = 5{,}9\ \%.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5{,}9 = 94{,}1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

$$94{,}1\%\ \text{аммиачной селитры};\ 5{,}9\%\ \text{дизельного топлива}.$$

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры (NH_4NO_3) и тротила ($C_7H_5(NO_2)_3$).

Кислородный баланс тротила –74%, относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры +20%, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x\ (-74\%) + (100 - x)\ 20\% = 0,$$

где x – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x \approx 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через y, число молей тротила через z. Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10{,}7z.$$

Приняв z = 1, получим y = 10,7.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид

$$z + 10{,}7y = C_7H_5(NO_2)_3 + 10{,}7NH_4NO_3.$$

Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры NH_4NO_3; 3% солярового масла $C_{16}H_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла x, аммиачной селитры y, алюминиевой пудры z, можно написать химическую формулу в виде

$$y NH_4NO_3 + x\ C_{16}H_{34} + z\ Al.$$

В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3};\quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда y = 83,9x; z = 22,4x.

Примем x = 1, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\ NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\ Al.$$

Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Краткая теория

Расчет идеальной работоспособности ВВ

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями (dQ). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравновешивается противодавлением среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$\mathrm{A_и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от T_1 до T_2;

T_1 - начальная температура взрыва;

T_2 - конечная температура ПВ.

Для газовых взрываемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида pV' = const, пользуясь уравнением Клайперона $(PV'=RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{\text{взр}}$- потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

V_1 и V_2 - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м^3/кг;

P_1 и P_2 - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета A_u конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе (P_2 = 1,01·10^{5}Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{\text{взр}} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \tag{2.10}$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \tag{2.11}$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности (A_u) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, *y= Cp/Cv*. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то *y* = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то *y* = 1,2. Величина *y* снижается (соответственно снижается A_u и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях *y* = 1,15, и 1,05.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м^3 и следующих параметрах взрывного превращения:

$V_{пв}$= 0,86 м^3/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600° К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

или $\eta = 87{,}5\%$

Практико-ориентированное задание №3

Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ при использовании скважинной отбойки при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости f > 14-16 наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

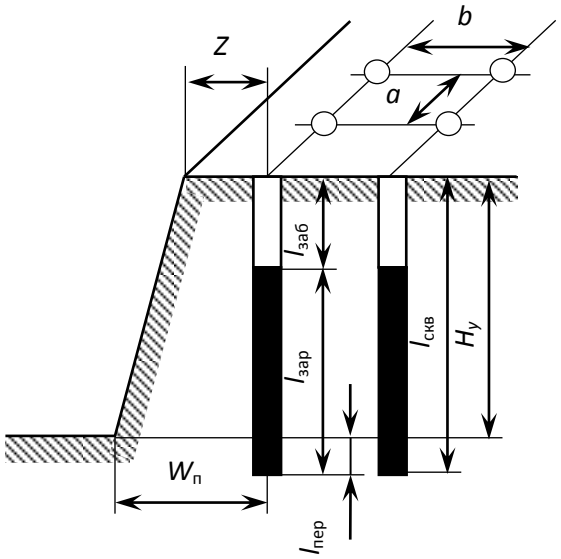


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – высота уступа, м;
$W_п$ – линия сопротивления по подошве (ЛСПП);
a – расстояние между скважинами, м;
b – расстояние между рядами скважин, м;
Z – безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м;
$l_{зар}$ – длина заряда, м;
$l_{пер}$ – длина перебура, м;
$l_{заб}$ – длина забойки, м;
$l_{скв}$ – длина (глубина) скважины, м;
α - угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ($q_э$) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

Эталонный удельный расход ВВ, кг/м^3

Категория пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости горных пород f по шкале проф. М. М. Протодьяконова			
	2 - 6	6 - 10	10 – 14	более 14
I	0,2	0,25	0,3	0,35
II	0,3	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,5	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,9
V	0,9	1,0	1,1	1,2

Реальный удельный расход ВВ рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_р = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2{,}6}, \qquad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м^3;

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \qquad (3.2)$$

$A_{эт}$ = 3560 кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

k_d - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$ – плотность горных пород, т/м^3.

Таблица 3.2

Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска k_d

Допустимый размер крупных кусков, мм	250	500	750	1000	1250	1500
k_d	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Диаметр заряда определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца) $d_{скв}$ с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{зар} = k_р d_{скв}, \tag{3.3}$$

где $k_р$ = 1,06 – (f – 2) 0,003 – коэффициент расширения скважин.

Удельная вместимость 1 м скважины:

$$P = 0{,}785 \cdot d_{зар}^2 \cdot \Delta, \tag{3.4}$$

где Δ, кг/м^3 - плотность заряда в скважине.

Линия сопротивления по подошве (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_п = 0{,}9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_р}}, \tag{3.5}$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве (W_{min}) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg}\alpha + Z, \tag{3.6}$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град;

Z – ширина призмы обрушения, $Z \geq 2$ м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ($W_п$) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{min} < W_п. \tag{3.7}$$

Если значения $W_{min} > W_п$, это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

Глубина перебура:

$$l_{пер} = (10 \div 15) \cdot d_{скв} \tag{3.8}$$

Глубина забойки:

$$l_{\text{заб}} = (20 \div 35) \cdot d_{\text{скв}} \quad (3.9)$$

Глубина скважины:

$$l_{\text{скв}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}} \quad (3.10)$$

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = mW_{\text{п}}, \quad (3.11)$$

где m = 0,8 – 1,4 - коэффициент сближения скважин; меньшее значение m принимается для крепких пород.

Расстояние между рядами скважин:

$$b = (0{,}9\text{-}1{,}0)W_{\text{п}}. \quad (3.12)$$

Масса заряда в скважине:

$$Q = q_{\text{р}} \cdot a \cdot W_{\text{п}} \cdot H_{\text{у}} \quad (3.13)$$

Длина заряда:

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}. \quad (3.14)$$

Задание: рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

Практико-ориентированное задание №4

Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

Цель работы – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле:

$$r_{разл} = 1250 \cdot h_З \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{заб}} \cdot \frac{d}{a}} \qquad (4.1)$$

где $h_з$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_З = \frac{l_{зар}}{l_c}, \qquad (4.2)$$

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{зар}$ – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости горных пород;

$h_з$ – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_З = \frac{l_{заб}}{l_н}, \qquad (4.3)$$

$l_{зар}$ – длина забойки, м;

$l_н$ – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

d – диаметр взрываемой скважины, м;

a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при взрывных работах

№ п/п	Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
1.	Наружных зарядов, в том числе кумулятивных	300 (по проекту)
2.	Шпуровых зарядов	200
3.	Котловых шпуров	200
4.	Малокамерных зарядов (рукавов)	200*
5.	Скважинных зарядов	Не менее 200**
6.	Котловых скважин	Не менее 300
7.	Камерных зарядов	Не менее 300

* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

Практико-ориентированное задание №5

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

Краткая теория

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

5.1. Общие положения

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и

расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

5.2. Определение параметров буровзрывных работ

5.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

Рекомендуемые ВВ

Условия взрывных работ	Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород f	Тип ВВ	Способ заряжания
Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли	Сухие шпуры	до 12	Гранулит М Граммонит 79/21 Гранулит АС-4В Гранулит-игданит	Механизированный
			Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Гранулит АС-8В	Механизированный
			Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	Ручной
	Обводнённые шпуры	до 12	Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	
Выработки, опасные по взрыву газа и пыли	Сухие и обводнённые шпуры	Для взрывания по породе	Аммонит АП–5ЖВ	Ручной
		Для взрывания по углю с учетом степени опасности	IV кл. Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 V кл. Угленит Э-6 VI кл. Угленит 12ЦБ	
	Для водораспыления	Открытый заряд	Ионит	

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м^3	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м^3	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Диаметр патронов, мм	Масса патрона, кг	Длина патрона, мм
					Сухие	После выдержки в воде			
Аммонит № 6ЖВ	3561	1000-1100	3917	1,0	5-9	3-6	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал М-10	4410	950-1100	4520	1,15	4	3	32	0,2	250
Детонит М	4316	1000-1200	4963	1,27	8-18	5-15	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал скальный № 1	4420	1000-1100	4641	1,18	8-14	5-10	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонит АП-5ЖВ	2991	1000-1150	3215	0,82	5-10	2-7	36	0,3	250
Аммонит Т-19	2564	1000-1200	2820	0,72	7-12	4-8	36	0,3	240
Угленит Э-6	1946	1100-1250	2289	0,58	5-12	3-10	36	0,3	240
Угленит 12 ЦБ	1770	1200-1350	2256	0,58	4	2	36	0,3	240
Ионит	1482	1000-1200	1704	0,44	–	–	36	0,3	240
Гранулит М	3163	780-820 (1000-1150)*	3384	0,86					
Гранулит АС-4В	3645	800-850 (1100-1200)*	4192	1,07					
Гранулит АС-8В	3997	800-850 (1100-1200)*	4597	1,17					
Гранулит-игданит	3150	800-850 (1100-1200)*	3760	0,85					

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 5.3

Электродетонаторы для шахт и рудников

Тип электродетонаторов	Кол-во серий	Интервалы замедления, мс (с)	Безопасный ток, А	Гарантийный ток, А	Сопротивление, Ом	Примечание
ЭД-8Ж(Э)	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности
ЭД-3-Н	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭД-1-8-Т	1	0	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
ЭД-3-Т	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭДКЗ-ОП	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности
ЭДКЗ-П	5	25, 50, 75, 100, 125 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭДКЗ-ПМ	7	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭД-КЗ-ПКМ	9	4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИ3 служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИ3 заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

Характеристики систем неэлектрического инициирования

Устройство	Интервал замедления, мс	Назначение
СИНВ-Ш	0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	Изготовление патронов-боевиков
ДБИ3	0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	

Примечание. Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;

– врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, м^2	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м	Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м
Установки механизированного бурения	–	Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки (B) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 B, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м^2) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

Параметры вертикального клинового вруба

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород f	Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм	Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$)		Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град.
			до 12	более 12	
IV-V	1-6	500	4	4-6	75-70
VI	6-8	450	4-6	6-8	68
VII	8-10	400	6-8	8-10	65
VIII	10-13	350	8-10	10-12	63
IX	13-16	300	10-12	12-14	60
X	16-18	300	10-12	12-14	58
XI	20	250	10-12	12-14	55

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (5.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (5.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица 5.7

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м

Ширина выработки, м	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
2,0	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
3,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
3,5	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
4,0	2,8	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
4,5	3,2	2,9	2,5	2,4	2,3	2,0	1,9
5,0	3,5	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1

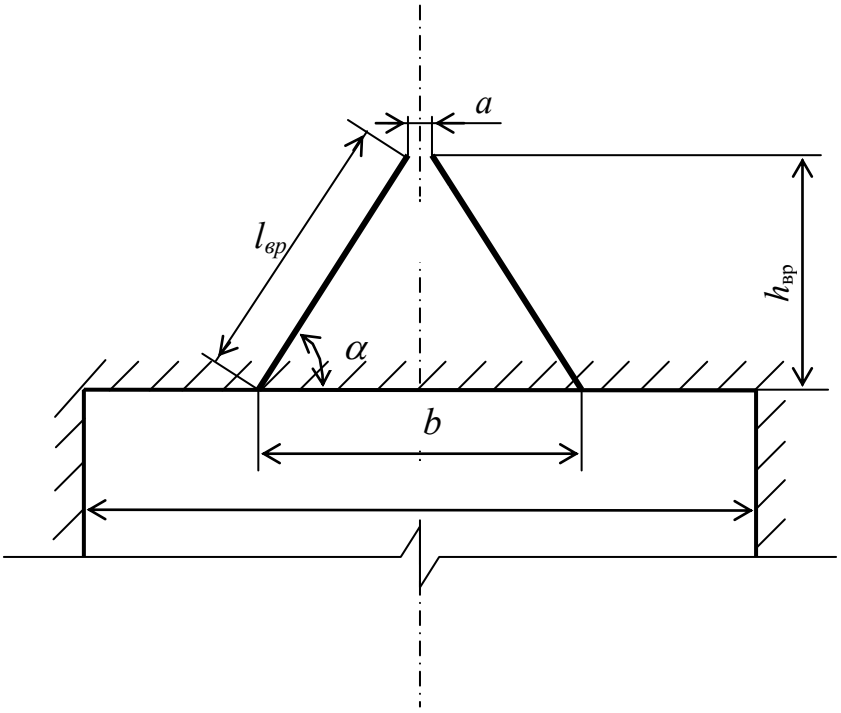


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0{,}1 \div 0{,}2), \tag{5.3}$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \tag{5.4}$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \tag{5.5}$$

где a – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород a = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров α.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*; щелевой *б*; спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние W_1) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние W_1, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния W_1 учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе (W_1, W_2, W_3 и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

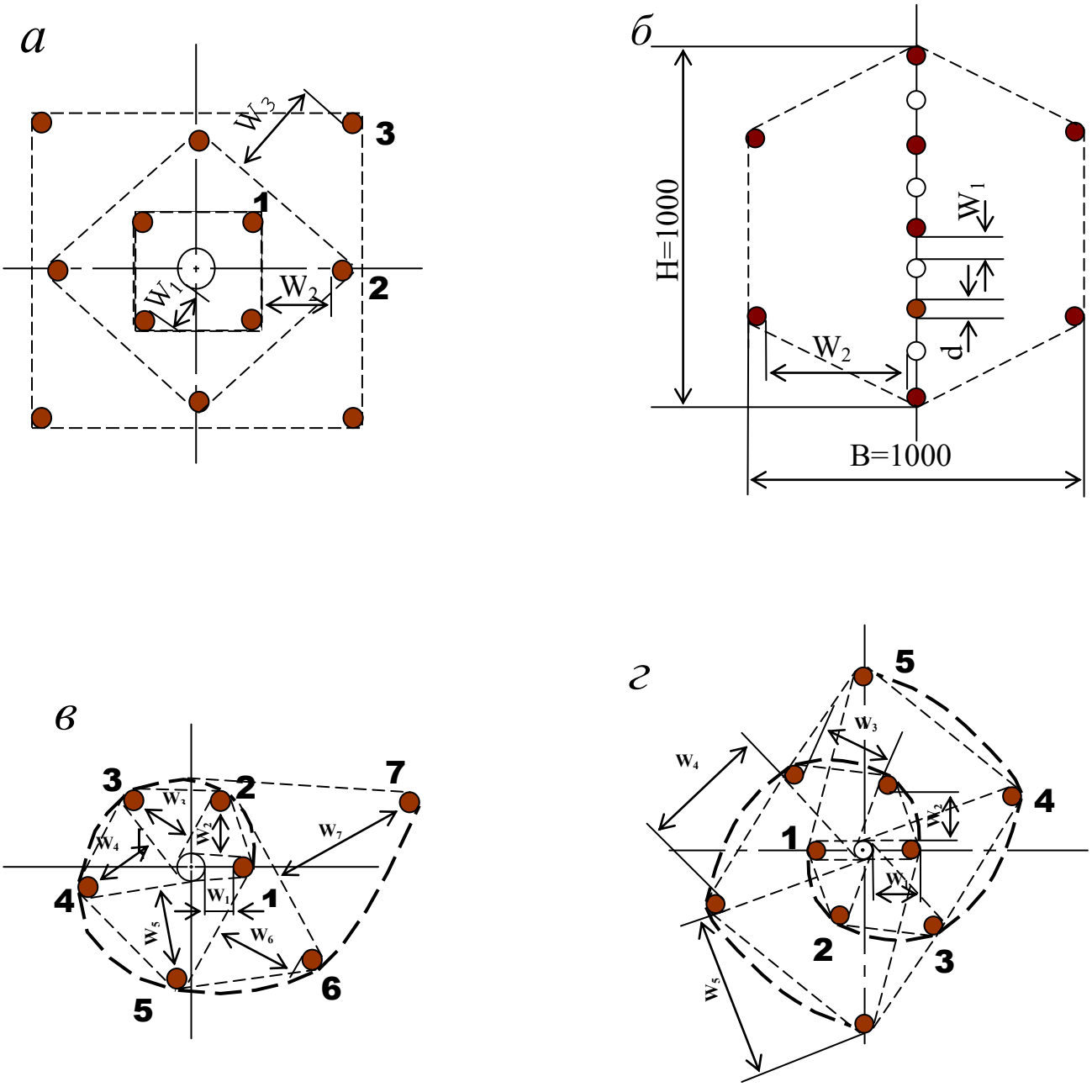


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 5.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	115	100	90	80	60	60	55
51	125	110	100	90	80	70	65
56	150	130	110	95	90	85	75
75	170	150	130	105	100	95	85
105	190	170	150	120	110	105	95
125	230	200	170	140	120	110	100

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (5.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

D_x – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

d – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния (W_2, W_3 и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

Таблица 5.9

Пробивные расстояния W_2, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	170	150	140	130	120	115	110
51	180	160	150	140	130	120	115
56	210	180	170	160	150	140	130
75	260	210	200	185	170	150	140
105	300	260	240	215	200	185	175
125	340	300	270	250	230	220	215

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм

Диаметр шпуров, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	1000-900	800	700	650	600	550	500

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м^2 необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{5.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{5.8}$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние W_2 для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с f >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами

Условия взрывания	Класса ВВ			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе:				
при f <7	0,5	0,45	0,3	0,25
при f >10	0,4	0,3	–	–

В породах с коэффициентом крепости f < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (5.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м^3;

f – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

f_1 – коэффициент структуры породы;

v – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

e – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \qquad (5.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

ρ, $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м^3.

Необходимые данные для расчета величины e принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

Коэффициент структуры породы f_1

Характеристика пород	Категория пород	Коэффициент структуры породы f_1
Монолитные, крепкие, вязкие, упругие	I	1,6
Трещиноватые, крепкие	II	1,2-1,4
Массивно-хрупкие	III	1,1
Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов	IV	0,8-0,9

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \qquad (5.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м^2.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах v = 1,1–1,4 (меньшие значения – для больших сечений выработок).

При щелевом врубе на полную высоту выработки для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы v = 1,4.

Прямые (дробящие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы v = 1,1–1,4.

5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (5.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^{\,2} \rho \alpha / 4, \qquad (5.13)$$

где d – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м^3.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с f = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок

Коэффициент крепости пород f	Сечение выработки вчерне, м^2						
	4	6	8	10	12	14	16
2-4	8-11	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	35-42
5-7	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	39-42	43-46
8-10	16-20	21-26	27-32	33-37	38-42	42-46	47-50
12-14	20-24	26-30	32-36	37-42	42-46	46-50	50-54
более 14	26-28	32-36	36-40	44-48	48-52	52-54	56-60

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (5.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м^2;

N, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87° к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

При применении прямых врубов количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (5.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м^2.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (5.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (5.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (5.19)$$

где d – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения врубового шпура, 0,7-0,95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}} . \quad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \quad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \quad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \quad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \quad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\,, \quad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \quad (5.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м^2, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	Коэффициент крепости пород f		
	1–2	2–9	10–20
до 8	5*	10	12
от 8 до 15	4	8	10
более 15	3	5	7

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 + 5/100 = 1,05.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (5.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho\,(l/S), \qquad (5.31)$$

где R – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172\cdot10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286\cdot10^{-6}$ и для стальных $0{,}12\cdot10^{-6}$ Ом·м;

l – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

S – сечение проводов, м^2.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

Взрывные приборы и машинки

Наименование прибора (исполнение)	Напряжение, В	Масса, кг	Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом	Назначение и область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М (РВ) КВП-2/200М (РН)	 600 1700	 2 2,5	 320 1700	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ)	610	2,7	320	
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН)	1600	3,0	200	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар}$ = 1 А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар}$ = 1,3 А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар}$ = 2,5 А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.35}$$

где I – сила тока в электровзрывной сети, А;

E – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

R – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

n – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

m – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

i – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

r – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{5.36}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 5.16

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм^2	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
ВП-05	соединительные	0,5	0,196	0,090
ВП-08	магистральные	0,8	0,502	0,034
ВП-07х2	магистральные	0,7х2	0,769	0,024

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{5.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{5.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

Область применения бурильных машин и установочных приспособлений

Коэффициент крепости пород	Тип бурильных машин и установочных приспособлений
1,5–3	Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках
4–6	Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
7–9	Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
10–20	Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с f<8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с f < 8; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с f = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с f = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с f = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 – 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м^2 площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м^2 площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	УБШ-204 (БУЭ-1М)	УБШ-214А	УБШ-308У (1СБУ-2)	УБШ-303 (1БУР-2)	УБШ-254	УБШ-332Д
Коэффициент крепости пород f	4-8	4-16	8-14	4-16	8-14	8-14
Диаметр шпуров, мм	42	42-52	42-52	42-52	42-52	42-52
Длина шпуров, м	2,75	2,75	2,8	2,8	2,4	3,0

Зона бурения, м^2		6-12	4,2-12	до 20	до 20	до 12	8-22
Бурильная машина	тип	БУЭ	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	«Норит-1» (гидравл.)	М2 (БГА-2М)
	кол-во	1	1	2	2	1	2
Тип платформы		рельс.	рельс.	гусен.	рельс.	гусен.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		8,2	6,0	7,8	7,1	7,2	11,0
ширина		1,3	1,0	1,6	1,15	1,4	1,75
высота		0,9	1,5	1,7	1,65	1,8	2,3
Масса, т		5,4	4	8,6	5	7,2	12

Таблица 5.19

Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики		Тип бурильной установки				
		Minimatic 205-40	Mini 206-60	Paramatic 305-60	Rocket Bomer 104S	Rocket Bomer 282S
Коэффициент крепости пород f		8-20	8-20	8-20	8-20	8-20
Диаметр шпуров, мм		32-50	32-50	32-50	32-50	32-50
Длина шпуров, м		3,4	3,4	3,4	4,0	4,0
Высота обуривания, м		6,0	6,4	7,1	4,7	6,3
Ширина обуривания, м		8,8	9,8	10,4	4,7	8,7
Зона бурения, м^2		8-49	8-60	12-68	до 20	до 45
Бурильная машина	тип	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	COP 1838 ME пневмат.	COP 1838 ME пневмат.
	кол-во	2	2	3	1	2
Тип платформы		пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		12,3	12,7	5,3	9,8	12,1
ширина		1,98	2,24	2,5	2,0	2,0
высота		2,35	2,35	2,8	2,6	3,1
Масса, т		19	20	36	14	18

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м^2.

5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

Пример оформления графической части:

Паспорт
буровзрывных работ на проведение

_____
(*наименование выработки*)

1. Характеристика выработки

1.1. Форма сечения выработки _____
1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м^2 _____
1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____
- ширина, м _____
1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

2. Характеристика пород

2.1. Наименование пород _____
2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____
2.3. Трещиноватость пород _____
2.4. Обводнённость пород _____

3. Исходные данные

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____
3.2. Способ взрывания _____
3.3. Диаметры - шпуров, мм _____
- патронов, мм _____
3.4. Тип вруба _____
3.5. Материал забойки _____
3.6. Схема соединения электродетонаторов _____
3.7. Источник электрического тока _____

4. Расчётные данные по шпурам

№№ шпуров	Наименование шпуров по назначению	Глубина шпуров, м	Угол наклона шпуров, град.	Расстояние между шпурами, м	Величина заряда в шпуре, кг	Длина заряда, м	Длина забойки в шпуре, м	Очередность взрывания, интервал замедления, мс	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Схема расположения шпуров

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

6. Конструкции зарядов

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

7. Основные показатели буровзрывных работ

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Коэффициент использования шпуров	-	
2	Подвигание забоя за взрыв	-	
3	Объём горной массы за взрыв	$м^3$	
4	Количество шпуров на цикл	шт.	
5	Количество шпурометров на цикл	м	
6	Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки	м шп./м	
7	Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы	м шп./$м^3$	
8	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	кг/м	
10	Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы	кг/$м^3$	
11	Расход средств инициирования на цикл: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	
12	Расход средств инициирования на 1 метр выработки: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	

8. Меры безопасности

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

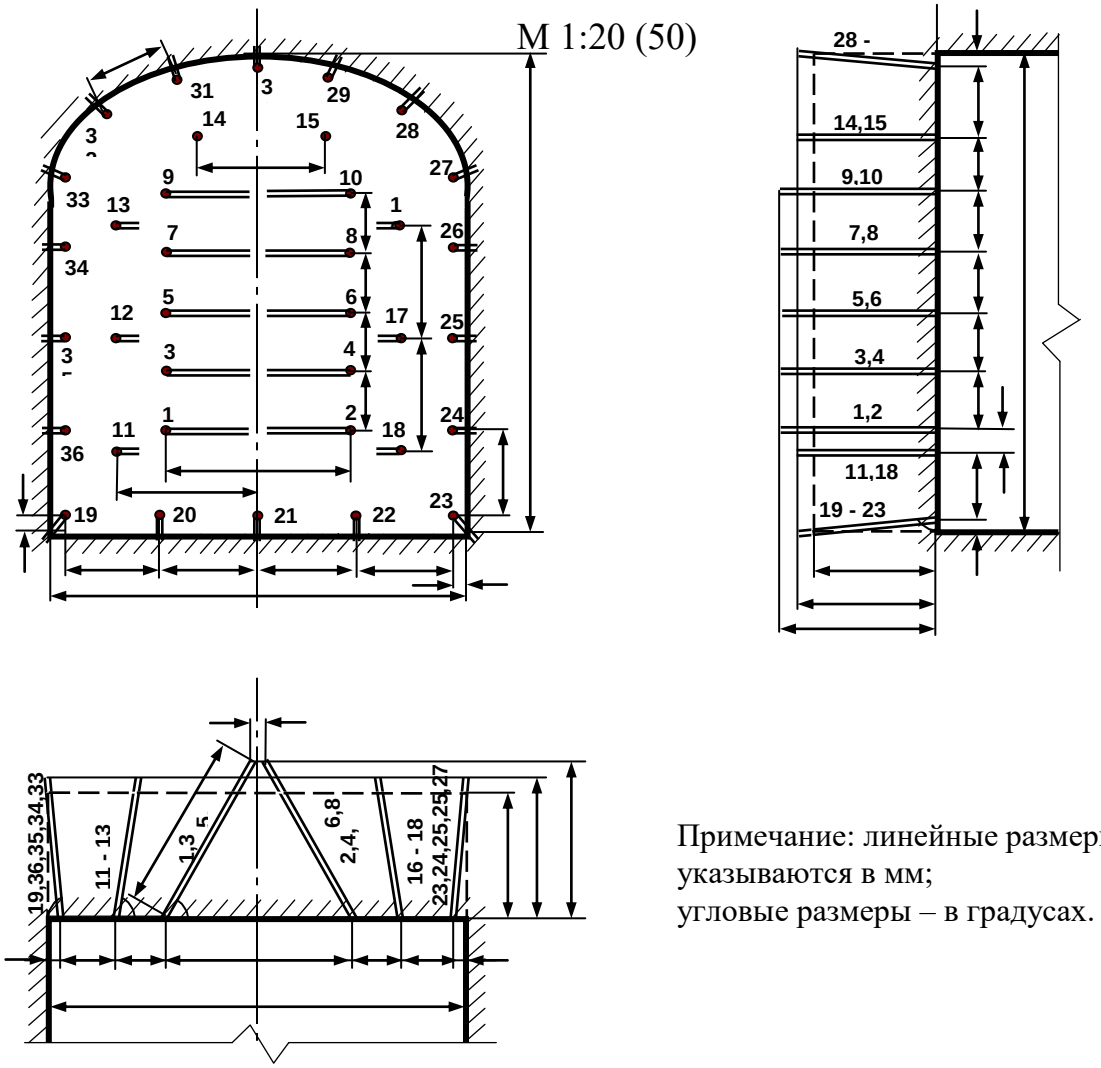
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

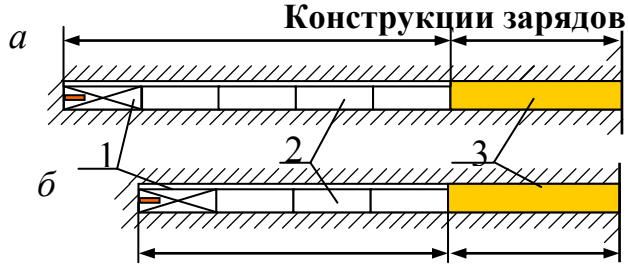
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

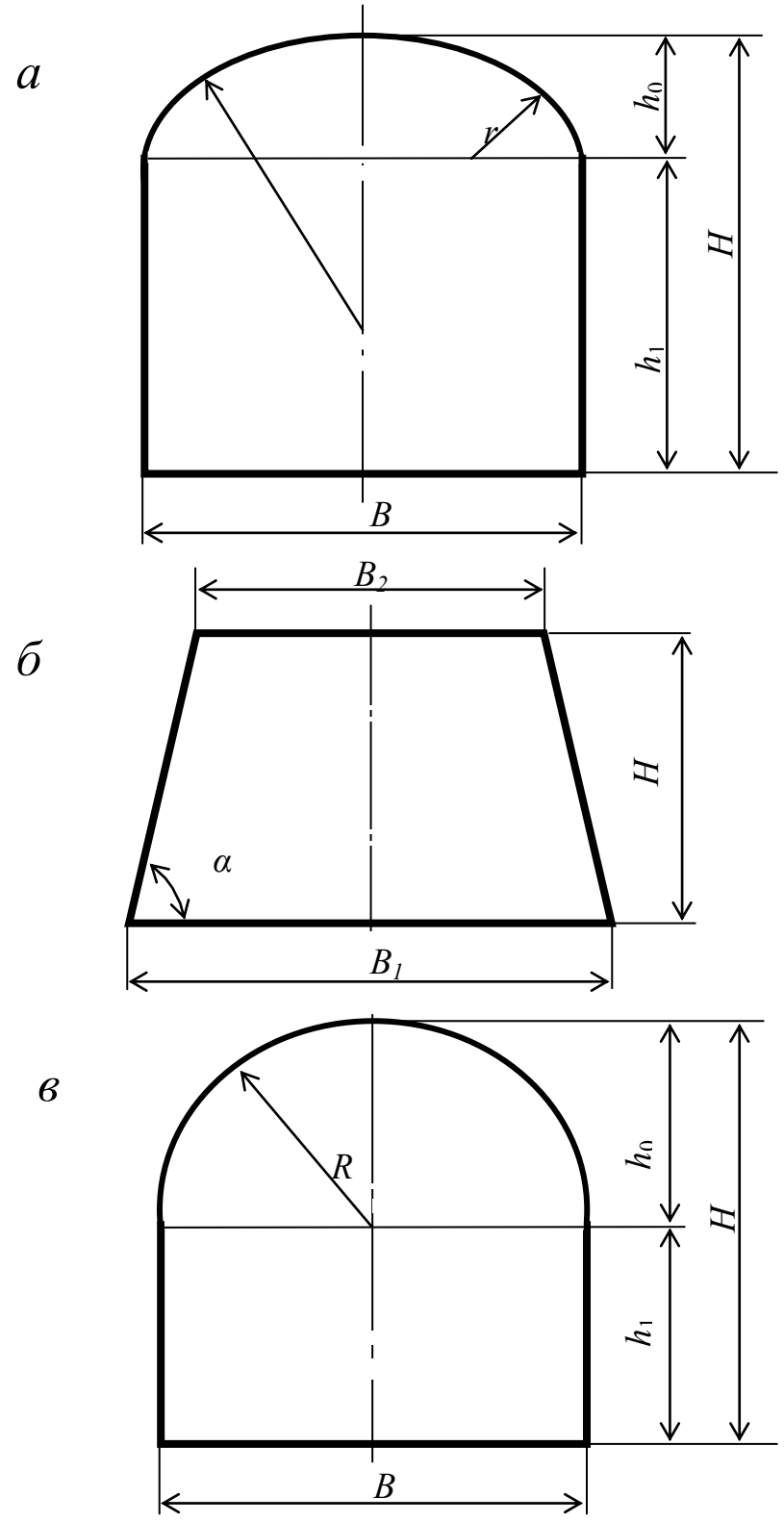
Конструкции зарядов



а – врубовые шпуры;
б – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

Примечание. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок



$h_0 = B / 3$;
$h_1 = B - h_0$;
$R = 0{,}694\ B$;
$R = 0{,}262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
а – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
б – трапецевидная;
в – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения	Периметр
Сводчатая с коробовым сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$
Трапециевидная	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$

Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.

2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.

3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.

4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.

5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.

6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.

7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Азанов Михаил Алексеевич
Прищепа Дмитрий Вячеславович

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «горное дело»

Редактор *Д. В. Прищепа*

Подписано в печать «__»_____2019 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,68. Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В.Гальянов

ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Учебное пособие

К расчетно-графическим работам
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4

Аннотированное содержание дисциплины «Геометрия недр» 5

Тема 1. Математические действия с поверхностями топографического типа. 13

Тема 2. Оценка достоверности оконтуривания рудных тел по данным геологоразведочных работ. 19

Тема 3. Количественная оценка степени изменчивости показателей, ранжированных по направлению. 30

Тема 4. Оценка точности показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче. 35

Вопросы для самоподготовки 44

Список рекомендуемой литературы 47

Введение

Учебно-методическое пособие является руководством к выполнению расчетно-графических работ по курсу «Геометрия недр». Представлено решение типовых задач, распределенных по темам, и приведен список рекомендуемой специальной литературы. Каждая тема включает в себя исходные данные, которые позволяют сформировать индивидуальные условия задачи. Алгоритм решения сопровождается необходимыми комментариями, пояснениями, расчетными таблицами и графиками. Все это позволяет студентам усвоить лекционный материал.

Все работы компонуются в порядке их выполнения с соблюдением требований к оформлению рукописных материалов.

Пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Геометрия недр» и предназначено для студентов очной, заочной и индивидуальной форм обучения.

АННОТИРОВАННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕТРИЯ НЕДР»

«**Геометрия недр** есть строгая физико-математическая методика промышленной характеристики разведуемых недр», - так определил содержание дисциплины Петр Константинович Соболевский. Отсюда следует, что объектом геометрии недр являются концентрации полезных ископаемых, содержащихся в горных породах верхних слоев земной коры и доступных для промышленного освоения (сюда не включаются просторы морей и океанов). Эти концентрации, приобретая потребительскую стоимость, становятся объектом промышленного освоения. Промышленное освоение предусматривает определенную этапность: поиск, целенаправленные геолого - разведочные работы, оконтуривание и подсчет запасов, проектирование добычных работ, отработка месторождений, закрытие объекта и списание его запасов с государственного баланса.

Освоение месторождений возможно только при наличии информационных сведений о пространственном положении геологического объекта и качественных особенностях полезного ископаемого, под которыми понимаются содержание полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих окислов, а также физико-механические свойства горных пород, гидрогеологические и тектонические особенности района ведения горных работ. Таким образом, **предметом** дисциплины «Геометрия недр» является исследование форм, свойств и процессов рудообразования. Методы

исследования этих вопросов составляют основу теоретической части дисциплины «Геометрия недр», а решение инженерных задач на различных этапах освоения месторождений составляет основу ее прикладной части.

Программа курса составлена таким образом, что включает в себя необходимый объем сведений исторического характера и аналитические основы дисциплины.

Введение в общий курс дисциплины «Геометрия недр»

Первый раздел программы является вводным в общий курс дисциплины. Он включает в себя главы 1 и 2 книги [1], в которых рассматриваются исторические этапы освоения человеком верхних слоев литосферы и предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений.

Теоретические основы дисциплины «Геометрия недр»

Второй раздел посвящен изложению собственно теоретических основ геометрии недр. Узловыми понятиями здесь являются «поле» (как физическая субстанция) и «геохимическое поле».

Поле следует понимать как форму пространственного представления явлений природы, проявление их свойств и особенностей. Иными словами, поле есть геометрическая модель явления в метрическом пространстве.

Геохимическое поле формально есть аналог физическому полю, т. е. оно обладает теми же формальными свойствами, как и физическое. Если показатель *U*, отображающий некоторое проявление поля, то его формально можно представить как функцию координат пространства и времени.

$$U = F(x, y, z, t).$$

Функция *U* должна удовлетворять четырем условиям: конечности $(U \neq \infty)$, однозначности $(U_0 = F(x_0, y_0, z_0, t_0)$; непрерывности $(U' = F'(x, y, z, t)$ – первая производная существует однозначно); плавности – вторая производная функции не имеет точек разрыва.

Поскольку геологические объекты существуют во времени, не соизмеримом с реальным временем отработки месторождений, координату *t* следует считать фиксированной и не определяющей оператор функции *F*, т. е. *U* следует ставить в зависимость только от координат метрической системы.

$$U = F(x, y, z).$$

Отличительные особенности геохимического поля от физического

Первой и основной отличительной особенностью геохимического поля от физического является невозможность его аналитического представления – оно может быть изображено геометрически в форме изолиний показателя *U*. В этом случае оно является абсолютным аналогом топографической поверхности.

Второй особенностью геохимического поля следует считать то обстоятельство, что его геометрическое представление отвечает принципам относительности и соответствия. Это означает, что геометрия геохимического поля зависит от полноты геологоразведочных сведений. Этим объясняется невозможность однозначной аналитической интерпретации геометрических закономерностей поля минерализации.

Геохимическое поле как пространственная геометрическая модель геологического объекта

Метод изолиний является основным «инструментом» изображения геохимического поля в пространстве. Принцип относительности утверждает, что это изображение не отображает истину в последней инстанции, а есть лишь один из возможных «эскизов» поля, есть приближенная модель геологического объекта, которая уточняется в своих деталях по мере пополнения информационных сведений. Полнота этих сведений оптимизируется в соответствии с решаемыми задачами подсчета запасов, проектирования, управления технологическими процессами добычи и первичной переработки.

Аналитические основы теории геохимического поля

Аналитическую основу теории геохимического поля составляет геометрический анализ топоповерхности и вытекающие из него математические действия с поверхностями топографического типа.

Поверхности топографического типа допускают выполнение всех основных математических действий: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, логарифмирование, дифференцирование и интегрирование. Простые арифметические действия находят применение в задачах подсчета запасов, при производстве строительных земляных работ, изучении геологических структур и т. п. Дифференцирование и интегрирование нашли широкое применение в геофизических методах разведки и изучении полей напряжений в геомеханике.

Второй составляющей теории геохимического поля является учение об изменчивости показателей U в пространстве геологического объекта.

Прикладная часть геометрии недр

Прикладная часть геометрии недр состоит в решении инженерных задач, связанных со всеми этапами освоения месторождений полезных ископаемых. Комплекс этих задач и методические подходы к их решению получили определение «Геометризация месторождений».

Геометризация месторождений в широком (самом общем виде) смысле этого понятия включает в себя:

– разработку методов геометрического моделирования (представления) геологического объекта и вытекающих из этого способов подсчета запасов месторождения и формирования банка данных для производства проектных работ на их отработку;
– составление геологических качественных планов на маркшейдерской плановой основе: обоснование методик построения этих планов и оценку их достоверности;
– обоснование кондиций на сырье для рационального ведения горных работ и обеспечение наиболее полного извлечения запасов;
– обоснование необходимой и достаточной полноты сведений о качестве полезного ископаемого и морфологических особенностях его залегания в недрах.

Таким образом геометризация месторождений есть необходимый этап придания геологоразведочной информации не только наглядности, но и привязки этой информации к координатам пространства – собственно создания геометрической модели.

На основе геометрической модели месторождения решается весь спектр инженерных задач: текущее и перспективное планирование развития горных работ; учет полноты и качества отработки запасов месторождения; нормирование и планирование уровня потерь полезного ископаемого и др. текущие инженерные задачи горного производства.

Учение об изменчивости показателей геохимического поля

Учение об изменчивости показателей данных разведки есть ключевой вопрос теории геохимического поля. Содержательная часть этого учения состоит в оценке шумовой составляющей функции $U = F(x, y, z)$ в виде δ-функции, которая рассматривается как «всплеск». Таким образом, геохимическое поле формально представляет собой суперпозицию функции U и δ:

$$U = F(x, y, z) + \delta.$$

Особенностью δ-функции является то, что она, отвечая требованиям конечности и однозначности, не удовлетворяет требованиям непрерывности и плавности. Это ограничивает условия применимости метода линейной интерполяции при геометрической интерпретации данных геологоразведочных работ.

В основе геометрических построений лежит принцип относительности и соответствия, что означает неполноту сведений по существу точечной информации данных разведки. Одновременно наличие δ-функции в уравнении геохимического поля выдвигает как проблему вопрос об оценке представительности информации.

Теоретические основы геометризации технологических процессов в горном деле

Этот раздел курса есть развитие идеи геометризации месторождений, перенесенный на динамические процессы горного производства. Геометризация технологических процессов есть основа для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами. Её аналитическая основа

принципиально отличается от основ геометрии недр – она базируется на математических разработках теории массового обслуживании (раздел «Теория вероятности») и оперирует понятиями: «поток событий», «динамическая система», «корреляционная функция», «случайная функция», «энтропия системы». Таким образом, **объектом** исследования здесь являются производственные схемы грузопотоков сырья, а **предметом** – геометрические особенности и характеристики технологических потоков. **Задачей** геометризации технологических процессов является установление закономерностей протекания этих процессов, геометрическая интерпретация этих закономерностей, эмпирическое представление различного рода соотношений для использования их в АСУ ТП технологического процесса.

ТЕМА 1.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ С ПОВЕРХНОСТЯМИ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ТИПА

Общие сведения

Топографическая поверхность есть геометрическая модель поверхности с числовыми отметками в системе координат $z = f(x, y)$.

Геохимическое поле как геологическое понятие есть концентрация химических соединений в геологических объектах. Когда эта концентрация приобретает потребительскую стоимость, она становится объектом промышленного освоения в форме месторождения, залежи, тела полезного ископаемого (рудного тела).

«*Геохимическое поле*» – аналог физическому полю и представляет собой геометрическую модель геологического объекта путем отображения форм и внутренних свойств этих объектов в виде функции

$$U = f(x, y, z).$$

«*Поле*» – понятие геометрическое, отображающее изменение свойств физических явлений и процессов в метрическом пространстве.

Функция U обладает свойствами конечности, однозначности, непрерывности, плавности, что дает возможность представить ее как в аналитической форме (для простых частных случаев), так и геометрически (в самом общем случае). Указанные свойства позволяют выполнять математические действия с функциями U_i.

Основной метод геометрического изображения функции U – построение изолиний показателя U в системе выбранных координат пространства. Таким образом, геометрическая интерпретация функции U получила название «Геометризация геохимического поля» или его геометрическое моделирование.

Исходные данные для выполнения задания

Цель выполнения задания: закрепить теоретические основы темы 1 на конкретном примере анализа поверхностей

Исходные данные: функции U_1 и U_2 заданы уравнениями поверхностей второго порядка:

$$\boldsymbol{U_1}=(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{a})^2+(\boldsymbol{y}+\boldsymbol{b})^2-(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{a})(\boldsymbol{y}+\boldsymbol{b})-(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{a})-(\boldsymbol{y}+\boldsymbol{b})+\text{И}. \quad (1.1)$$

$$\boldsymbol{U_2}=-\mathbf{12}[(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{c})^2-(\boldsymbol{y}+\boldsymbol{d})^2]+(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{c})(\boldsymbol{y}+\boldsymbol{d})+(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{c})+(\boldsymbol{y}+\boldsymbol{d})+\text{О}. \quad (1.2)$$

Индивидуальность задания обеспечивается подстановкой в формулы (1.1) и (1.2) постоянных коэффициентов из табл. 1.1 Значения И и О обозначают порядковый номер в алфавите первых букв имени (И) и отчества (О), номер варианта соответствует номеру в списке группы.

Например: Бондаренко Илья Степанович – номер в списке группы 3 (номер варианта), для которого $a = -2$, $b = -2$, $c = 0$, $d = 0$ (см. табл. 1.1), И = 10, О = 15 (порядковые номера в алфавите). Тогда функции U_1 и U_2 примут вид:

$$U_1 = (x-2)^2 + (y-2)^2 - (x-2)(y-2) - (x-2) - (y-2) + 10.$$

$$U_2 = -12(x^2 - y^2) + xy + x + y + 15.$$

Таблица 1.1.– Значение коэффициентов в формулах (1.1), (1.2)

номер варианта	*a*	*b*	*c*	*d*
1	0	0	0	0
2	-2	-2	-2	-2
3	-2	-2	0	0
4	0	0	-2	-2
5	-2	-2	-1	-1
6	-2	-1	-2	-1
7	-2	-1	-1	-2
8	-1	-2	-1	-2
9	-1	-2	-2	-1
10	-1	-1	-1	-1
11	-4	-4	-4	-4
12	-4	-4	-2	-2
13	-2	-2	-4	-4
14	-4	-2	-4	-2
15	-4	-2	-2	-4
16	-2	-4	-4	-2
17	-4	-1	-4	-1
18	-1	-4	-1	-4
19	-4	-1	-1	-4
20	-1	-4	-4	-1
21	-4	0	-4	0
22	-0	-4	0	-4
23	0	-4	-4	0
24	-4	0	0	-4
25	-2	-4	-1	-2
26	-4	-2	-1	-1

Порядок выполнения задания

1. Записываются уравнения U_1 и U_2, в которых постоянные значения коэффициентов *a, b, c, d* соответствуют расчетному варианту. Расчетный вариант соответствует порядковому номеру студента в списке учебной группы.

2. Составляются матрицы числовых значений функций U_1 и U_2

Таблица 1.2.– Матрица числовых значений поверхности U_1

Y / X	0	1	2	…	9	10
0						
1		*Ux,y*				
2						
…						
9						
10						

В каждой клетке заполняется значение $U_1=U_i(x_i,y_j)$ при $0 <x_i< 10$ и $0 <y_j< 10$. Рассчитанные значения U_1 переносятся на палетку, что дает поверхность с числовыми отметками (рис. 1.1). Значения U соответствуют узловым точкам палетки – точкам пересечения сетки.

3. Отрисовывается поверхность U_1 в изолиниях с сечением ΔU. Изолинии обозначаются числами, кратными ΔU:

$$\Delta U \approx \frac{U_{max}-U_{min}}{12}.$$

Полученное значение ΔU округляется до удобного значения, кратного 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100.

4. Обозначается направление изолиний и линий «ската» стрелочками и дается характеристика поверхности: вихрь (левый, правый), сток, источник.

5. Линия ската совпадает с направлением линии падения в любой точке поверхности U_1. Линия ската одновременно является нормалью в конкретной точке поля. Нормаль - линия, перпендикулярная к касательной плоскости в точке M (x, y) поверхности (рис. 1.2)

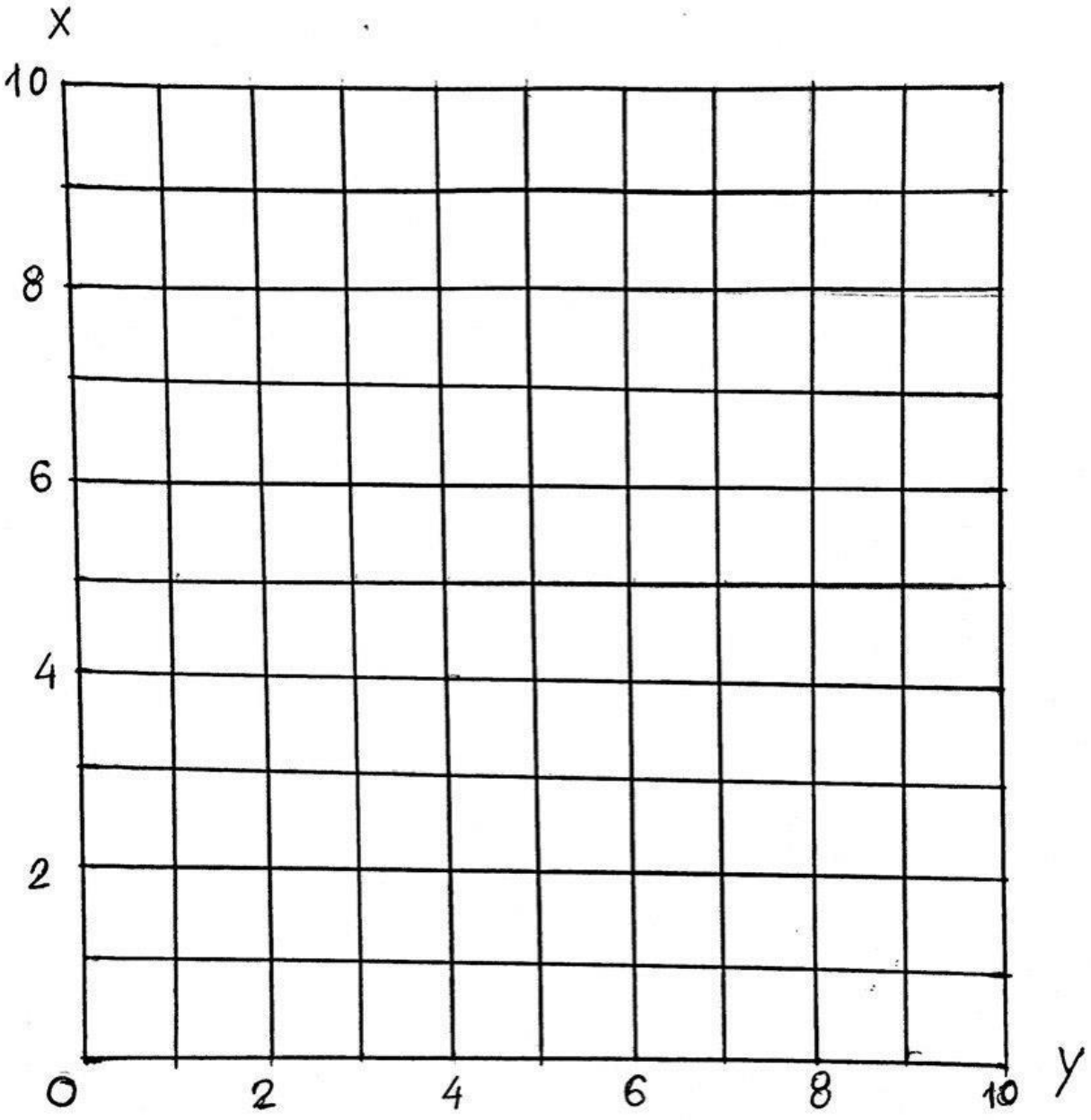


Рис. 1.1. Палетка для построения поверхностей *U*
(15 х 15 см)

Линия ската на плане есть проекция «вектор – градиента».

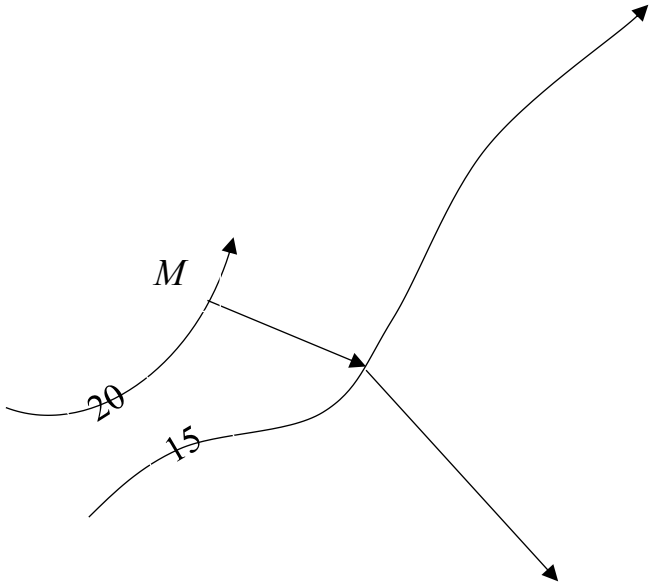


Рис.1.2. Геометрические параметры изолиний

6. На плане поверхности U_1 выбирается изолиния U, имеющая наибольшее значение. На ней выбирается точка М, от которой строится линия наибольшего ската, представляющая собой одновременно производную от $U=f(x, y)$ по направлению ската. Таких точек выбирается несколько, так, что в результате получается изображение векторного поля поверхности U.

7. Если каждой точке М придать численное значение, то получим дифференциальное поле функции U.

8. Выполняются действия сложения и вычитания поверхностей U_1 и U_2: $U_3 = U_1 + U_2$, $U_4 = U_1 - U_2$. При этом для построения этих поверхностей используется схема заполнения табл. 1.2.

9. Дается геометрическая интерпретация поверхностей и общее заключение по работе.

ТЕМА 2.
ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Общие сведения

Освоение месторождений полезных ископаемых предусматривает следующие этапы: геологические поисковые работы, геологоразведочные работы и подсчет запасов, проектирование горных работ, отработка месторождения, закрытие месторождения и списание его запасов с государственного баланса.

На каждом этапе решаются свои конкретные задачи. В частности, задачами геологоразведочных работ являются: оценка запасов, получение исчерпывающей информации о морфологических особенностях и свойствах месторождения полезного ископаемого и степени достоверности их геометрической (пространственной) интерпретации.

Геометрия недр обосновала различные способы отображения геологических сведений о месторождении, которые составляют основу графо-аналитической геолого-маркшейдерской документации. На практике наиболее распространенными стали способы вертикальных и горизонтальных сечений, геологических блоков. На их основе выполняются подсчет запасов, обоснование способов вскрытия и систем отработки, планирование горных работ, решаются все инженерные задачи в период ведения горных работ.

Оценить достоверность геометрических построений в процессе ведения геологоразведочных работ не представляется возможным, поскольку самые достоверные данные получаются только после отработки рудных полей значительной площади. **Сравнение данных разведки с данными эксплуатации является единственным надежным, самым точным и самым правильным методом.** Этот метод позволяет составлять и рассматривать различные варианты построения разновидностей сети. Изменением плотности разведочной сети устанавливается связь ошибок определения запасов от объемов буровых работ, и на этой основе выполняются инженерные расчеты по оптимизации затрат на разведочные работы.

Исследования на отработанных площадях позволяют геологической службе горного предприятия более обоснованно экстраполировать данные разведки на нижележащие горизонты, обосновывать параметры перспективных планов развития горного предприятия. Два главных критерия составляют основу методики сравнения данных разведки и эксплуатации: коэффициент разведанности контуров рудных тел ($К_Р$) и коэффициент достоверности разведанной площади ($К_Д$):

$$К_Р = 1 - \frac{l}{2}\frac{P}{S_p}. \qquad (2.1)$$

P – периметр контура «руда – порода», м;

$\frac{l}{2}$ – ширина зоны неопределенности положения контура рудного тела (расстояние между оконтуривающими скважинами), м;

$$К_Д = \frac{S_Д}{S_р}, \qquad (2.2)$$

где $S_Д$, $S_р$ – соответственно достоверная и разведанная площади рудного поля, тыс. м^2.

Коэффициент $К_р$ изменяется от 1 до 0 и может быть отрицательным; $К$р ≥ 0,8 соответствует категории подсчета запасов А; $К_р$ = 0,5-0,8 категории В; $К_р$ = 0,2-0,5 – категории $С_1$; $К_р$ = 0-0,2 – категории $С_2$ и при $К_р$ < 0 делается заключение абсолютной недостаточности данных разведки.

Коэффициент $К_Д$ изменяется от 1 до 0, и его значения корреспондируются с категориями следующим образом: $К_Д$ ≥ 0,8 – категория А; $К_Д$ = 0,5-0,8 – категория В; $К_Д$ = 0,-05 – категория $С_1$; $К_Д$ < 0,2 – категория $С_2$.

Исходные данные для выполнения задания

Цель выполнения задания: закрепить теоретические основы темы 2 на примере решения конкретных исходных данных.

***Дано*:** истинный контур рудного тела в М 1:2000 на формате А4 (рис. 2.1).

***Требуется*:** установить связь между плотностью разведочной сети с достоверностью оконтуривания рудного тела и погрешностью определения площади, прокомментировать принципы относительности и соответствия в рассматриваемом примере.

Порядок выполнения задания

1. Составляется схема вариантов построения разведочной сети (для примера рассматриваем три варианта): *А*, *В*, *С*. В каждом варианте рассматривают четыре этапа разведки путем последовательного сгущения сети.

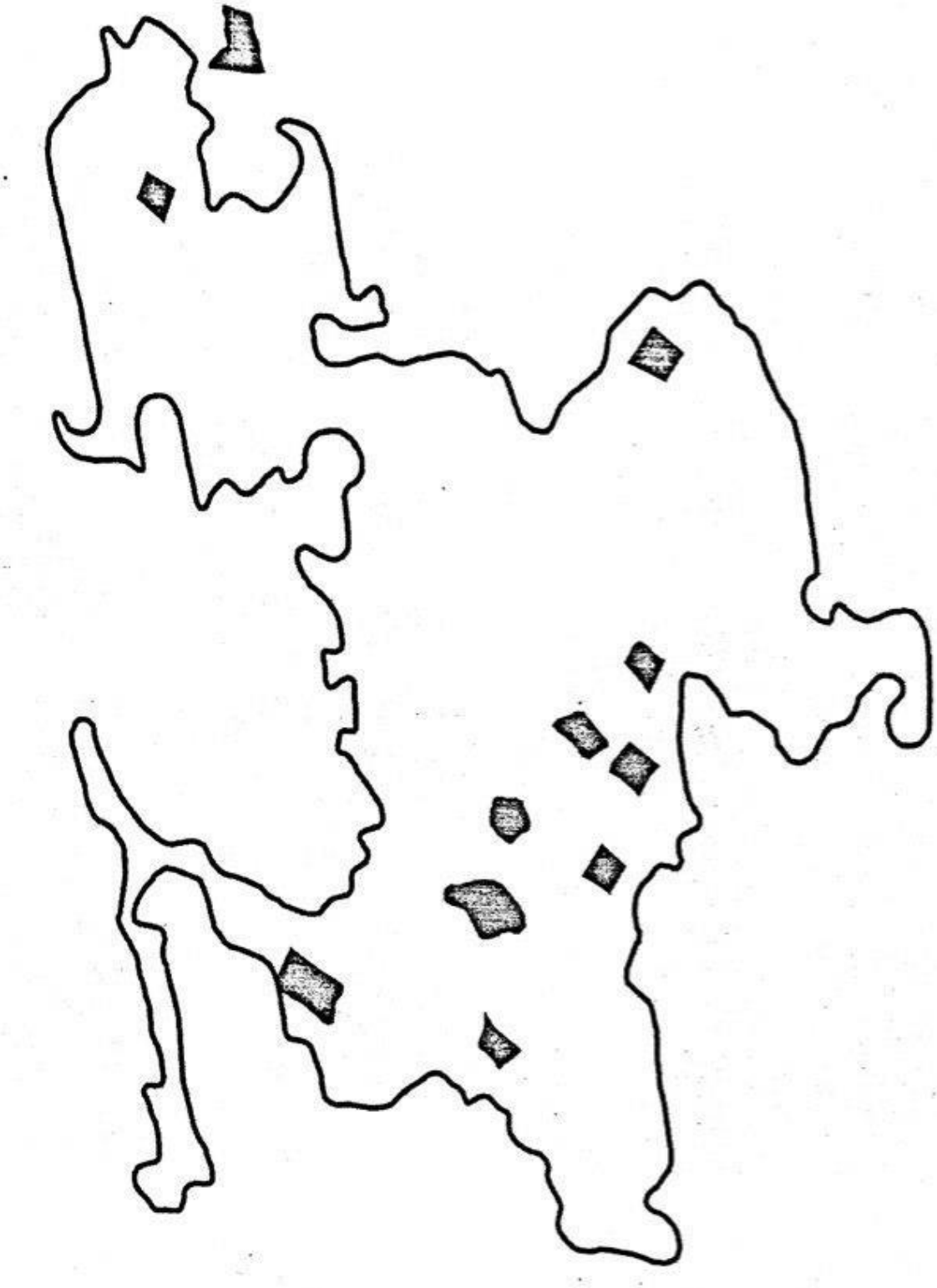


Рис. 2.1. Истинный контур рудного тела

Разведочная сеть, мхм			
80х80	40х40	20х20	10х10

Разведочная сеть квадратная. Варианты *A*, *B*, *C* отличаются друг от друга координатами первой точки построения разведочной сети. Точки *A*, *B*, *C* образуют треугольник со сторонами до 2 – 3 см на плане М 1:2000 (рис. 2.2).

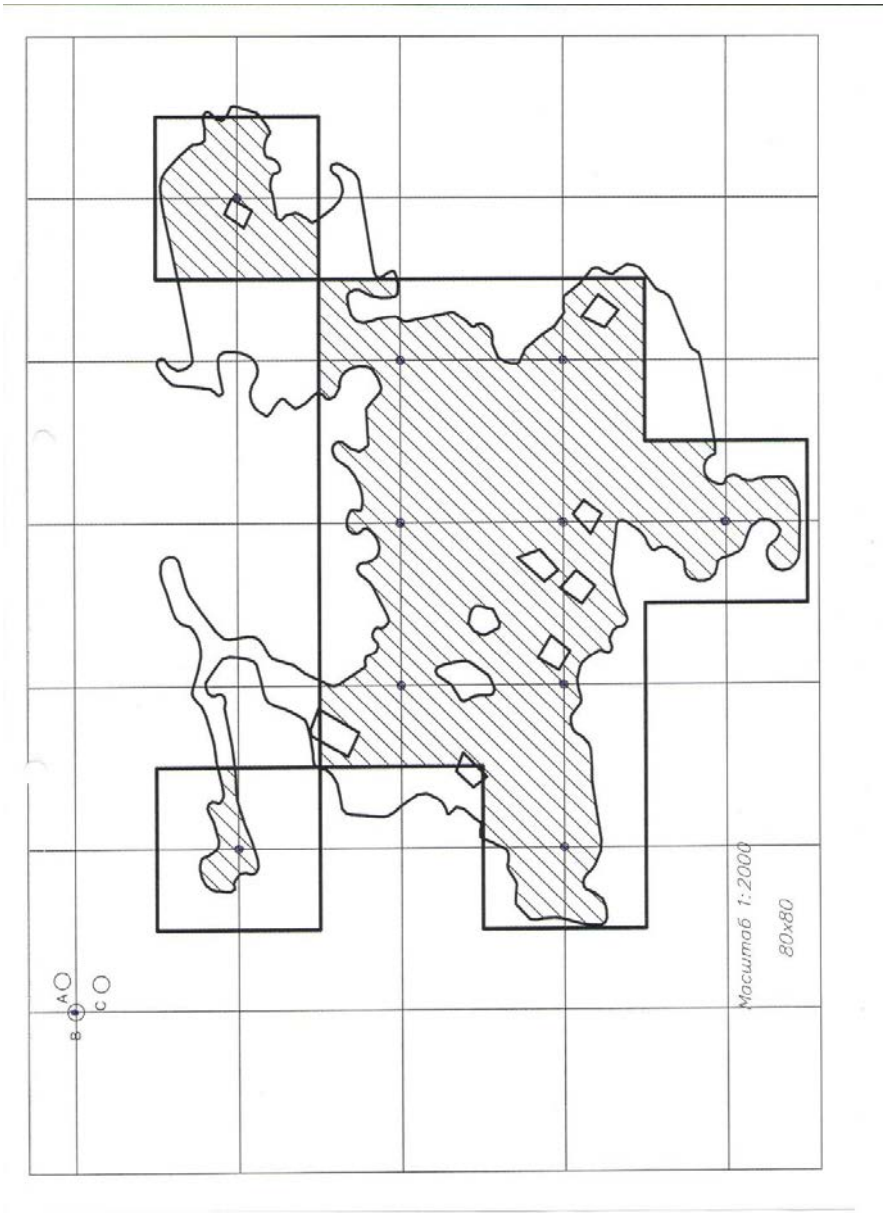


Рис. 2.2. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 80х80 м (привязка к т. А)

При выполнении задания можно воспользоваться палетками с окном 4х4, 2х2, 1х1, 0,5х0,5 см, узловые точки которых будут эмитировать устья разведочных скважин.

2. Скважины, которые подсекают рудное тело, обозначаются жирной точкой. Оконтуривание РТ производится методом экстраполяции «на середину сетки скважин». Сетка скважин строится от точек *A*, *B*, *C*, с последовательным сгущением до 40х40 м, 20х20 м и 10х10 м. Таким образом, получается 12 схем.

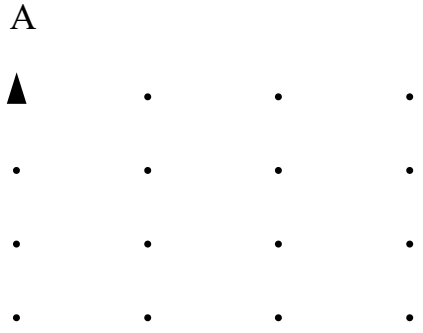


Рис. 2.3. Схема построения разведочной сети

3. Разведанная площадь $S_р$ определяется по формуле

$$S_р = nl^2, \qquad (2.3)$$

где n - количество скважин, которые подсекли рудное тело.

Контур РТ обводится жирной линией.

4. На этих же планах заштриховывается достоверная площадь (рис. 2.4 – 2.6).

$$K_Д = \frac{S_Д}{S_Р} \qquad (2.4)$$

где $S_д$ - площадь совпадения разведанного контура и истинного контура РТ обозначает достоверную площадь (определяется планированием).

5. По полученным данным составляются таблицы для определения коэффициентов *К*р и $К_Д$.

6. По результатам анализа данных разведки определяется погрешность оконтуривания рудного тела по вариантам (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1. – Погрешность определения площади при различной плотности сети

Вариант	Параметры разведочной сети, *l*x*l*						
	80x80 м^2				40x40 м^2	20x20 м^2	10x10 м^2
	$S_Р$, тыс.м^2	S_0, тыс.м^2	Δ $S_Р$, тыс.м^2	M_S, %			
1	2	3	4	5	6-9	10-13	14-17
A							
B							
C							

$$\Delta S_P = S_P - S_0, \qquad M_S = \frac{\Delta S_P}{S_0} 100\ \%. \tag{2.5}$$

$$\overline{M}(S) = \sqrt{\frac{M_S^2(A)+M_S^2(B)+M_S^2(C)}{3}}, \tag{2.6}$$

где S_0 – истинная площадь рудного тела, определяется в М 1:2000 (для всех вариантов S_0 = const).

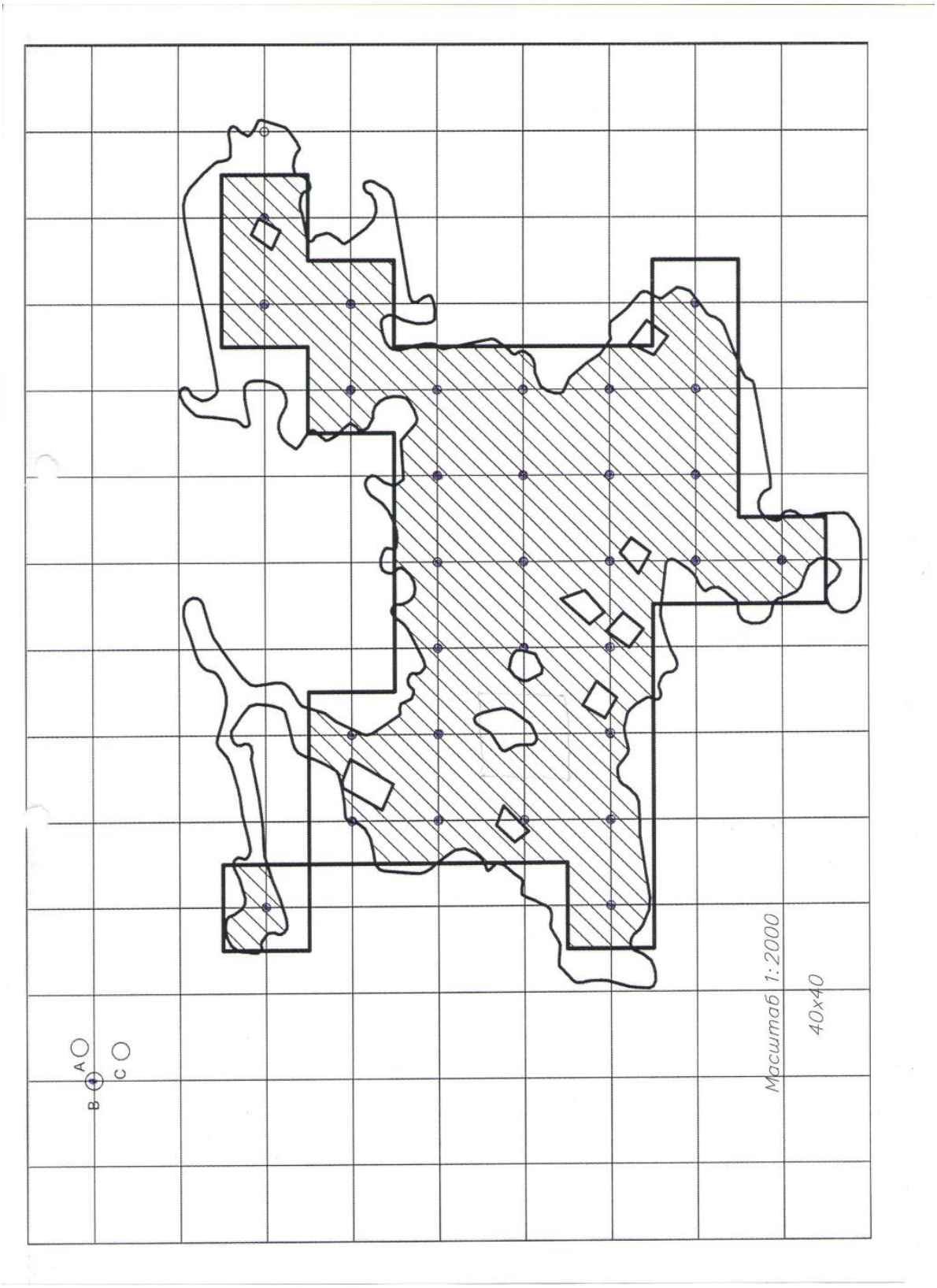


Рис. 2.4. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 40х40 м

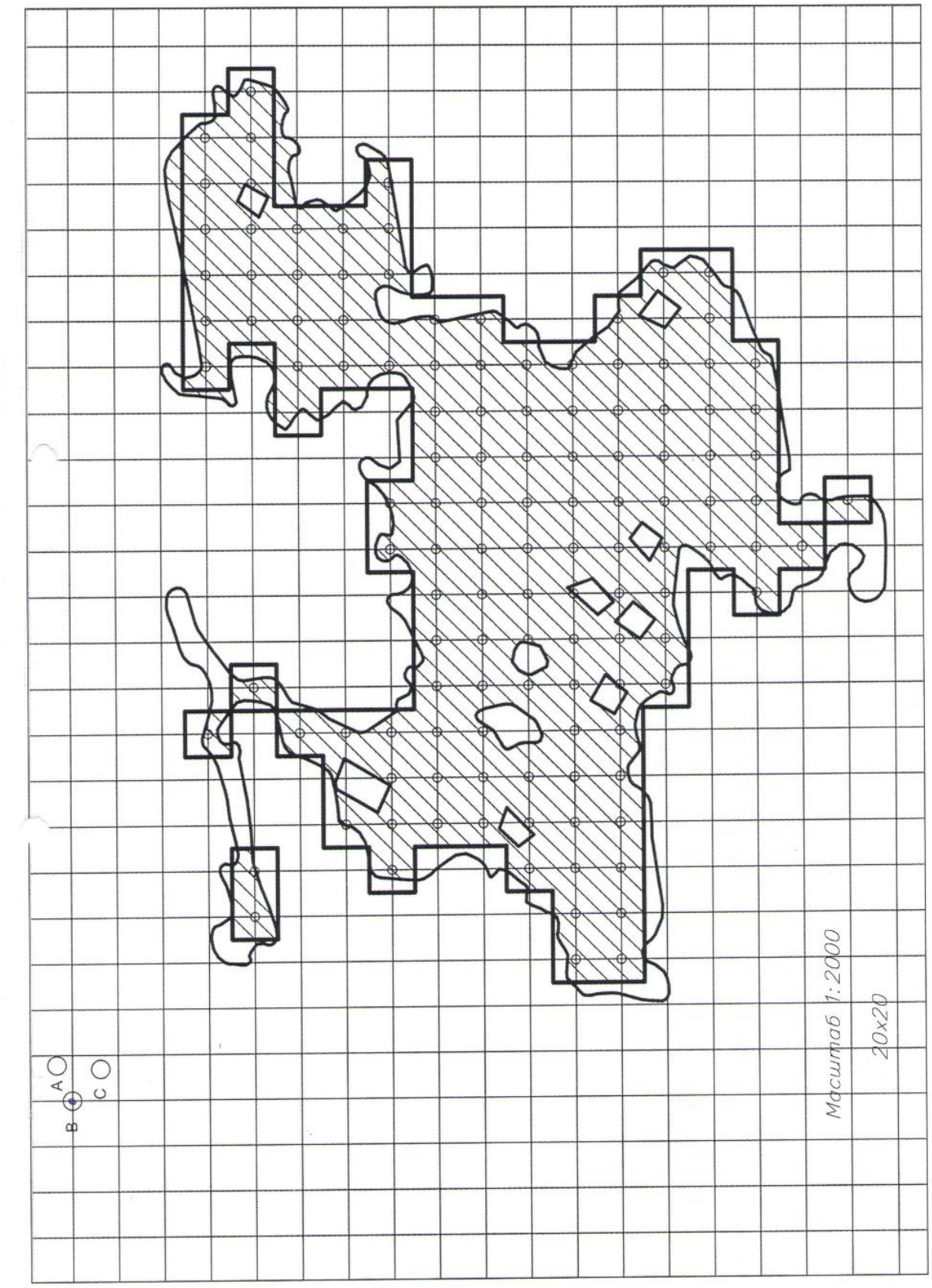


Рис. 2.5. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 20х20 м

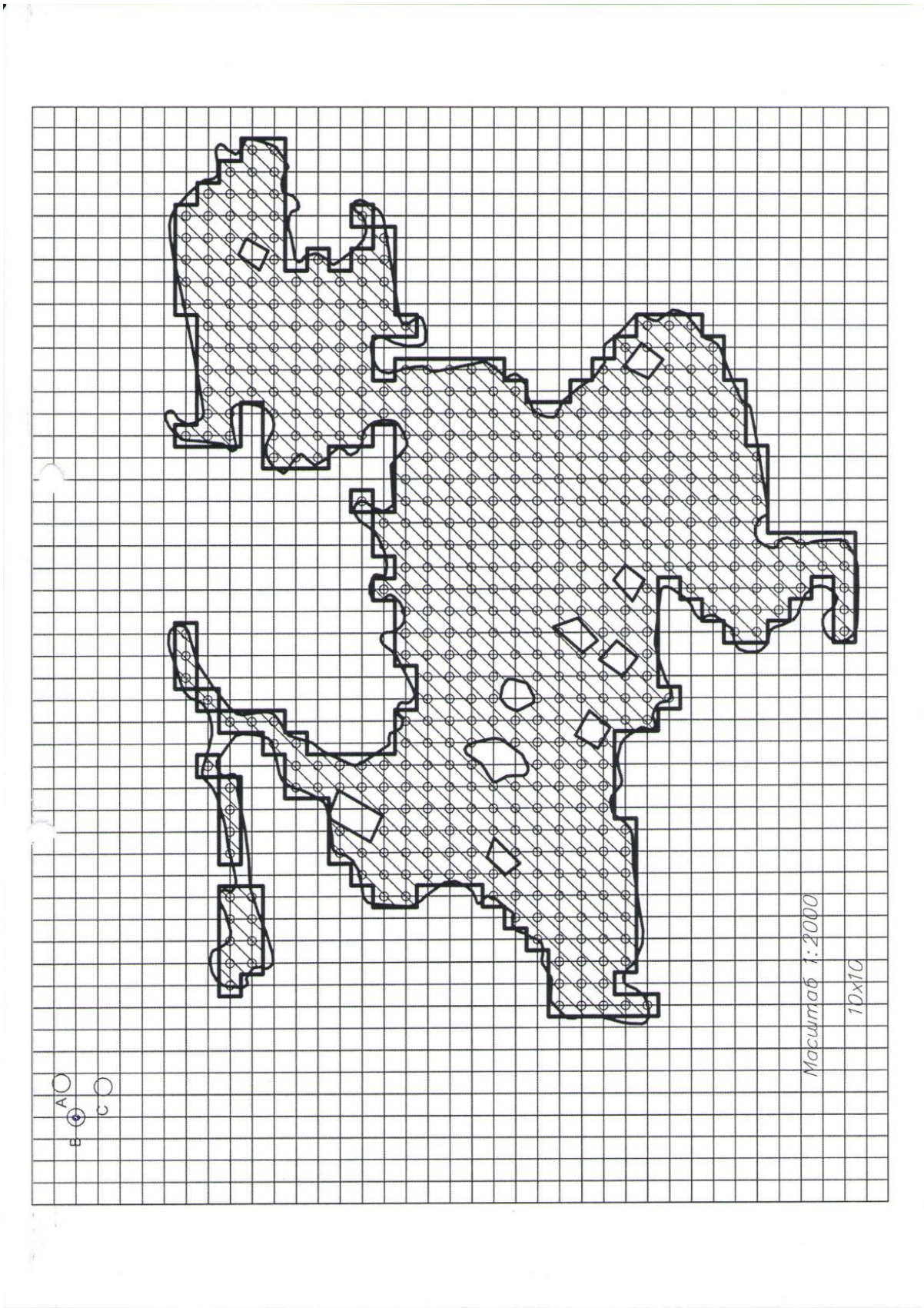


Рис. 2.6. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 10х10 м

По данным табл. 2.1 строятся графики

$$M_S = f(l).$$

В табл. 2.2 выполняется расчет коэффициентов $K_Р$ и $K_Д$ по формулам (2.1) и (2.2).

Таблица 2.2. – Достоверность оконтуривания РТ при различной плотности сети (пример)

Вариант	Параметры разведочной сети, *l*x*l*							
	80х80 м^2					40х40 м^2	20х20 м^2	10х10 м^2
	$S_Р$, тыс. м^2	P, тыс. м	$S_Д$, тыс.м^2	$K_Р$, дол.ед.	$K_Д$, дол.ед.			
1	2	3	4	5	6	7-12	13-18	17-23
А								
В								
С								

По данным табл. 2.2 строятся графики зависимостей:

$K_P = f(l)$, $K_Д = f(l)$ (рис. 2.7)

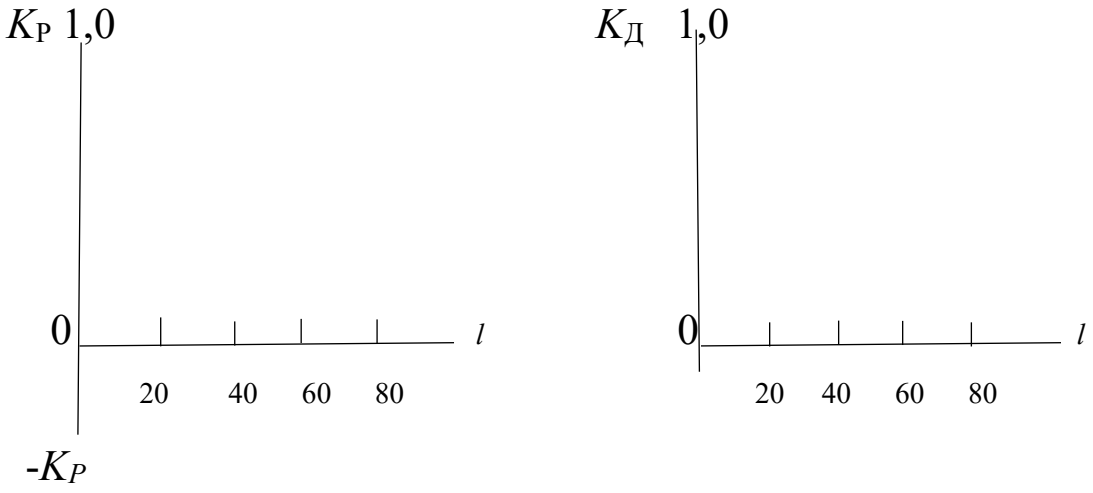


Рис. 2.7. Плотность разведочной сети *X*, м

7. Составляется заключение (выводы) по результатам выполнения задания.

ТЕМА 3.
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, РАНЖИРОВАННЫХ ПО НАПРАВЛЕНИЮ

Общие сведения

Понятие «изменчивость» относится к категории естественно-научных терминов. Оно обобщает в себе две стороны явления или показателя: насколько значительно отличаются друг от друга сравниваемые значения и насколько интенсивно происходит это изменение в рассматриваемых пространственных и временных границах. Следовательно, «изменчивость» как понятие употребляется для характеристики особенностей проявления внутренне обусловленной внешней связи между сменными (рядом стоящими) значениями показателя геохимического поля.

Геометрический смысл понятия «изменчивость» показателя рассматривается в форме внешней связи, поскольку о характере и особенностях изменения можно судить лишь в сравнении с соседними значениями. Но характер внешней связи в пространстве литосферы проявляется в форме геохимического поля, что и определяет внутреннюю обусловленность этой связи:

$$U = f(x, y, z) + \delta U, \qquad (3.1)$$

Здесь U – рассматриваемый показатель поля; $f(x, y, z)$ – геометрическая (закономерная) составляющая показателя U; δU – дельта-функция, шумовая составляющая поля, которая представляет собой «всплеск», «выброс», «сталактит», «протуберанец» на теле геохимического поля. На шумовую составляющую не

распространяются свойства плавности и непрерывности, она в определённом смысле дискретна в своем частном значении Ui и, в силу этого, исключает возможность как интерполяции, так и экстраполяции значения, хотя и однозначно «привязана» к пространству геохимического поля, но не функционально, как геометрическая составляющая, а в определенном смысле стохастически. Таким образом, оценка степени изменчивости U включает в себя две составляющие: количественная оценка шума δU и соотношения геометрической и шумовой составляющих поля. Комплексная и наиболее полная оценка изменчивости показателя достигается использованием аппарата теории случайных функций.

Исходные данные задания

Цель выполнения задания: закрепить на практическом примере способы количественной оценки шумовой составляющей поля.

Предполагается, что дан ряд чисел, эмитирующих изменение мощности рудного тела в разрезе (рис. 3.1).

Индивидуальность задания обеспечивается составлением ряда чисел по схеме ФИО, например, Иванов Иван Иванович. Каждой букве присваивается число, соответствующее порядковому номеру в алфавите:

10. 3. 1. 15. 16. 3. 10. 3. 16. 15. 10. 3. 1. 15. 16. 3. 10. 25

Порядок выполнения задания

1. Строится график изменения U_X составленной последовательности (см. рис. 3.1).

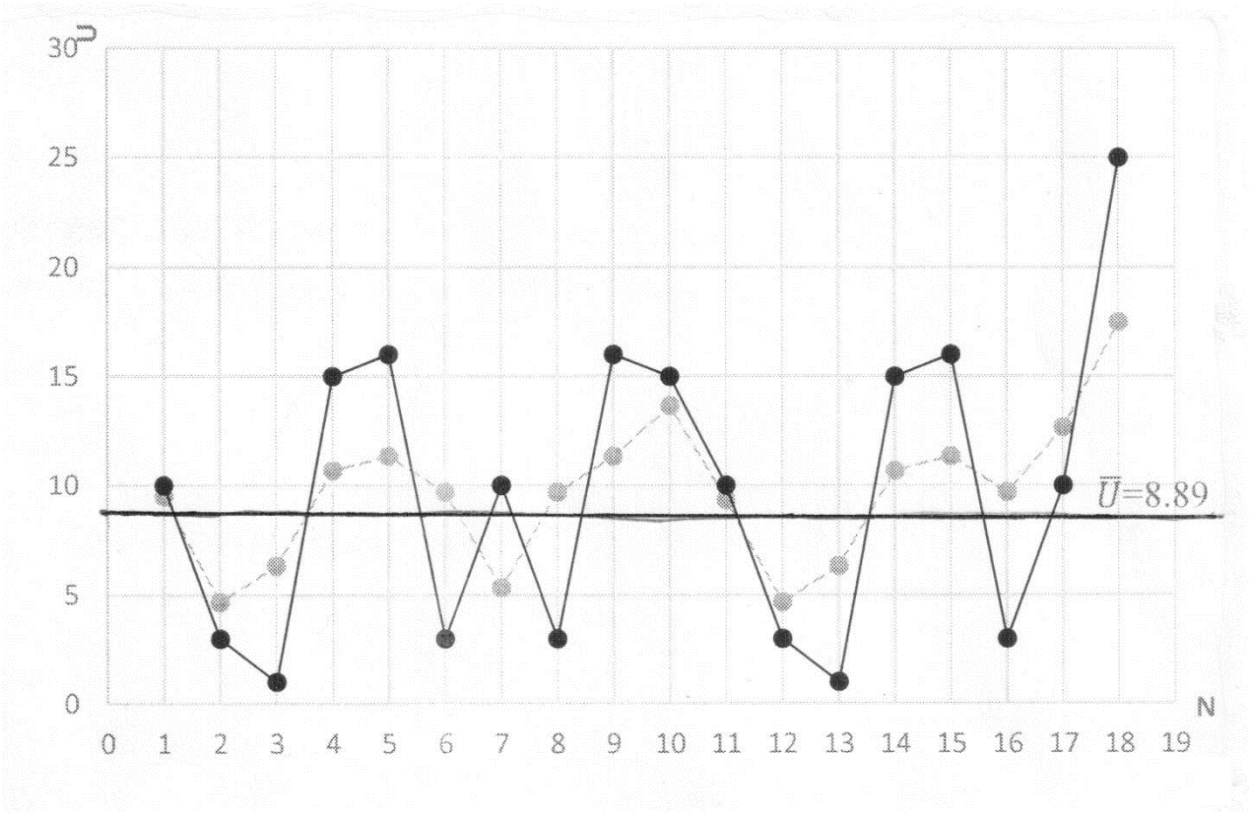


Рис. 3.1. Последовательность изменения показателя U

2. Составляется табл. 3.1 для выполнения расчетов по схеме:

Графы: 1 – номер по порядку; 2 – значение параметра U;

3 - $\delta U=U-\bar{U}$; 4 - ΔU^2, $\bar{\Delta}=\sqrt{\frac{1}{n}\sum \Delta U^2}$.

Графы 5 и 6 – разности первого ($\Delta' U$) и второго ($\Delta'' U$) порядков. $\Delta' U_i=U_{i+1}-U_i$, $\Delta'' U=\Delta' U_{i+1}-\Delta' U_i$.

В графе 6 отмечается количество инверсий i. Инверсия есть нарушение установленного порядка. За порядок принимается последовательность знаков $\Delta'' U$ + - + - + - …. В этой последовательности нет инверсий – i=0. В последовательности + $_i$ + – $_i$ – + – + – $_i$ – + присутствует i=3 инверсий.

Таблица 3.1. Расчет показателей изменчивости различными способами

№ п/п	U	δU	δU^2	$\Delta' U$	$\Delta'' U$	$(\Delta'' U)^2$	Сглаженные значения $U_{СГ}$		
							$U_{СГ}$	$\delta = U - U_{СГ}$	δ^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	1,11	1,23	-7	5	25	-5,33	4,67	21,81
2	3	-5,89	34,69	-2	+16 i	256	4,67	-1,67	2,79
3	1	-7,89	62,25	14	-13	169	6,33	-5,33	28,41
4	15	6,11	37,33	1	-14 *i*	196	10,67	4,33	18,75
5	16	7,11	50,55	-13	20	400	11,33	4,67	21,81
6	3	-5,89	34,69	7	-14	196	9,67	-6,67	44,48
7	10	1,11	1,23	-7	5	25	5,33	4,67	21,81
8	3	-5,89	34,69	-2	16 i	256	4,67	-1,67	2,79
9	1	-7,89	62,25	14	-19	361	6,33	-5,33	28,41
10	15	6,11	37,33	-5	-2 *i*	4	8,67	6,33	40,07
11	10	1,11	1,23	-7	5	25	9,33	0,67	0,45
12	3	-5,89	34,69	-2	16 *i*	256	4,67	-1,67	2,79
13	1	-7,89	62,25	14	-13	169	6,33	-5,33	28,41
14	15	6,11	37,33	1	-14 ***i***	196	10,67	4,33	18,75
15	16	7,11	50,55	-13	20	400	11,33	4,67	21,81
16	3	-5,89	34,69	7	8 ***i***	64	9,67	-6,67	44,48
17	10	1,11	1,23	15			12,67	-2,67	7,13
18	25	16,11	259,53		*i* = 7		12,67	12,33	152,03
Σ	160	-0,02	837,74	| 131 |	| 200 |	2998	132,34		506,98
Ср.	8,89		46,54	7,7	12,5	187,375	8,27		28,16
σ			6,82			13,69			5,31

$$\Delta U = U_i - \overline{U},\ U_{СГ}(2) = \frac{U_1+U_2+U_3}{3},\ U_{СГ}(3) = \frac{U_2+U_3+U_4}{3}.$$

$$U_{СГ}(i) = \frac{U_{i-1}+U_i+U_{i+1}}{3}.$$

На рис. 3.1 $U_{СГ}$ представлена пунктирной линией.

3. Расчет показателей изменчивости различными способами.

Таблица 3.2. Сравнение различных способов определения абсолютного значения и «шума» в последовательности показателя U

N п/п	Автор способа	Расчетная формула	Значение показателя
1	Математическая статистика	$\sigma = \left(\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}\right)^{0,5}$	6,82
2	Казаковский Д.А. (вторые разности)	$\mu = \frac{\sum\lvert\Delta_2\rvert}{K}$	12,5
3	Каллитов П.Л.	$\sigma = \left(\frac{\sum(x_i - x_{зк})^2}{n}\right)^{0,5}$	5,31
4	Бастан П.П. (конечные разности)	$\sigma = 2^{-m}\left(\frac{\sum\Delta_m^2}{n}\right)^{0,5}$	3,42
5	Гальянов А.В.	$\bar{\Delta} = \left(\frac{2n-1}{n}\right)^{-m}\left(\frac{\sum\Delta_m^2}{n}\right)^{0,5}$	5,6
6	Гальянов А.В.	$\bar{\Delta} = \sigma\sqrt{1-r^2}$ $r = 1 - \frac{2}{\bar{\tau}}$	6,65 -0,22

4. На рис. 3.1 (исходный график) наносятся данные по сглаженным значениям при окне сглаживания 3 и среднее значение $\overline{U}$. Линия $\overline{U}$ пересекает исходный график в K точках.

Тогда $$\bar{\tau} = \frac{n}{K+1}, \quad r = 1 - \frac{2}{\bar{\tau}},$$

$$\Delta = \sigma\sqrt{1-r^2}.$$

В рассмотренном примере K=10, тогда

$$\bar{\tau} = \frac{18}{10+1} = 1{,}636, \quad r = 1 - \frac{2}{1{,}636} = -0{,}222,$$

$$\Delta = 6{,}82\sqrt{1-0{,}0494} = 6{,}65.$$

5. По результатам расчетов делается заключение.

ТЕМА 4.
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛНОТЫ И КАЧЕСТВА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗАПАСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ

Общие положения

Под показателями полноты и качества отработки запасов понимают потери балансовых запасов или степень их извлечения и как альтернатива потерям – разубоживание и снижение качества добытой руды.

Потери руды – часть балансовых запасов, которые не поступили на переработку (П). Потери разделяют на потери отбитой руды и потери в массиве. Для оценки потерь используют коэффициент потерь $K_{\text{п}}$:

$$K_{\text{п}} = \frac{\text{П}}{\text{Б}}. \tag{4.1}$$

Здесь Б – погашенные балансовые запасы; $K_{\text{п}}$ имеет размерность д. ед. или %.

Разубоживание как процесс есть примешивание пустых пород Р в добытую рудную массу. Разубоживание как явление есть снижение качества добытой руды по отношению к погашенным балансовым запасам. Для оценки уровня разубоживания добытой руды (Д) используют коэффициент разубоживания $K_{\text{р}}$:

$$K_{\text{р}} = \frac{\text{Р}}{\text{Д}}. \tag{4.2}$$

$K_{\text{р}}$ имеет размерность д. ед. или %.

Основой для определения показателей полноты и качества отработки запасов являются уравнения баланса руды и металла:

$$\text{Д} = \text{Б} - \text{П} + \text{Р}; \tag{4.3}$$

$$\text{Д}a = \text{Б}C - \text{П}C_{\text{п}} + \text{Р}b.$$

Д, Б – соответственно добытая руда и погашенные балансовые запасы;

П, Р – соответственно количество потерянной руды и разубоживающей породы;

С, a – соответственно содержание полезного компонента в балансовых запасах и добытой руде;

$C_{\text{п}}$, b– соответственно содержание полезного компонента в теряемой руде и разубоживающей породе;

$$K_{\text{п}} = \frac{(\text{с} - b) - \frac{\text{Д}}{\text{Б}}(a - b)}{(\text{С}_{\text{п}} - b)}; \tag{4.4}$$

$$K_{\text{р}} = \frac{\frac{\text{Б}}{\text{Д}}(\text{С} - \text{С}_{\text{п}}) - (a - \text{С}_{\text{п}})}{(\text{С}_{\text{п}} - b)}. \tag{4.5}$$

Теоретические оценки ошибки определения коэффициента потерь $K_{\text{п}}$ ($dK_{\text{п}}$) рассчитываются по формулам:

$$dK_{\text{п}}(\text{Д}) = -\frac{\text{Д}}{\text{Б}}\frac{(a - b)}{(\text{С}_{\text{п}} - b)}\text{М}(\text{Д}), \%; \quad dK_{\text{п}}(\text{Б}) = \frac{\text{Д}}{\text{Б}}\frac{(a - b)}{(\text{С}_{\text{п}} - b)}\text{М}(\text{Б}), \%;$$

$$dK_{\text{п}}(\text{С}) = \frac{d\text{С}}{(\text{С}_{\text{п}} - b)}100, \%; \qquad dK_{\text{п}}(a) = -\frac{\text{Д}}{\text{Б}}\frac{da}{(\text{С}_{\text{п}} - b)}100, \%;$$

$$dK_{\text{п}}(\text{в}) = +\frac{\text{Д}}{\text{Б}}K_{\text{р}}\frac{db}{(\text{С}_{\text{п}}-b)},\%; \qquad dK_{\text{п}}(\text{С}_{\text{п}}) = -K_{\text{п}}\frac{d\text{С}_{\text{п}}}{(\text{С}_{\text{п}}-b)},\%,$$

$K_{\text{п}}$ и $K_{\text{р}}$ – соответственно коэффициент потерь и разубоживания руды в %. Общая абсолютная погрешность $m_{(\text{кп})}$ и относительная $M_{(\text{кп})}$ рассчитываются по формулам;

$$m_{(\text{кп})} = \sqrt{\sum\left(dK_{\text{П}}^2(i)\right)}\ ,\%; \qquad M_{(\text{кп})} = \frac{m_{(\text{кп})}}{K_{\text{п}}}100,\%.$$

Теоретические оценки ошибки определения коэффициента разубоживания $K_{\text{р}}$ ($dK_{\text{п}}$) рассчитываются по формулам:

$$dK_{\text{р}}(\text{Д}) = -\frac{\text{Б}}{\text{Д}}\frac{(\text{С}-\text{С}_{\text{п}})}{(\text{С}_{\text{п}}-b)}\text{М}(\text{Д}),\%; \qquad dK_{\text{р}}(\text{Б}) = \frac{\text{Б}}{\text{Д}}\frac{(\text{С}-\text{С}_{\text{п}})}{(\text{С}_{\text{п}}-b)}\text{М}(\text{Б}),\%.$$

$$dK_{\text{р}}(\text{С}) = \frac{\text{Б}}{\text{Д}}\frac{d\text{С}}{(\text{С}_{\text{п}}-b)}100,\%; \qquad dK_{\text{р}}(a) = -\frac{\text{Б}}{\text{Д}}\frac{da}{(\text{С}_{\text{п}}-b)}100,\%.$$

$$d\text{К}_{\text{р}}(b) = K_{\text{р}}\frac{db}{(\text{С}_{\text{п}}-b)},\%; \qquad dK_{\text{п}}(\text{С}_{\text{п}}) = -\frac{\text{Б}}{\text{Д}}K_{\text{п}}\frac{d\text{С}_{\text{п}}}{(\text{С}_{\text{п}}-b)},\%.$$

Аналогично рассчитываются, общая абсолютная погрешность ($m_{(\text{кп})}$) и относительная ($M_{(\text{кп})}$) по формулам:

$$m_{(K\text{р})} = \sqrt{\sum\left(dK_{\text{р}}^2(i)\right)}\ ,\%; \qquad M_{(K\text{р})} = \frac{m_{(\text{кр})}}{K_{\text{р}}}100,\%.$$

Исходные данные задания

Таблица 4.1. – Данные расчетных вариантов

№ п/п	Показатель	Варианты			
		Значения показателей			
		1	2	3	4
1	Б, тыс.т	10000	10000	5000	5000
2	Д, тыс.т	10150	10200	5100	5100
3	С, %	16,00	28,00	1,60	1,80
4	a, %	15,72	27,40	1,55	1,75
5	$С_п$, %	13,00	15,00	1,10	0,90
6	b,%	10,00	9,00	0,40	0,40
7	ΔБ, %	0,20	0,20	0,30	0,20
8	ΔД, %	0,10	0,10	0,30	0,20
9	ΔС, %	0,02	0,02	0,01	0,01
10	Δa, %	0,02	0,02	0,01	0,01
11	$\Delta С_п$, %	0,03	0,03	0,02	0,02
12	Δb, %	0,03	0,03	0,02	0,02
13	$K_п$ %	4,48	3,87	3,86	4,60
14	$K_Р$ %	5,89	5,75	5,74	6,47

Таблица 4.2. – Матрица знаков ошибок исходных данных

N п/п	ΔД, %	ΔБ, %	ΔС, %	Δa, %	$\Delta С_п$, %	Δb, %
1	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	+	+	+
3	+	-	+	+	+	+
4	+	+	-	+	+	+
5	+	+	+	-	+	+
6	+	+	+	+	-	+
7	+	+	+	+	+	-
8	-	-	+	+	+	+
9	+	-	-	+	+	+
10	+	+	-	-	+	+
11	+	+	+	-	-	+
12	+	+	+	+	-	-
13	-	+	-	+	+	+
14	-	+	+	-	+	+
15	-	+	+	+	-	+

Окончание табл.4.2.

№ п/п	ΔД, %	ΔБ, %	ΔС, %	Δa, %	$\Delta С_п$, %	Δb, %
16	-	+	+	+	+	-
17	+	-	+	-	+	+
18	+	-	+	+	-	+
19	+	-	+	+	+	-
20	+	+	-	+	-	+
21	+	+	-	+	+	-
22	+	+	+	-	+	-
23	-	-	-	+	+	+
24	-	-	+	-	+	+
25	-	-	+	+	-	+
26	-	-	+	+	+	-
27	-	+	-	-	+	+
28	-	+	-	+	-	+
29	-	+	-	+	+	-
30	-	+	+	-	-	+
31	-	+	+	-	+	+
32	-	+	+	+	-	-
33	+	-	-	+	-	+
34	+	-	+	-	-	+
35	+	-	+	-	+	+
36	+	-	-	-	+	+
37	+	-	-	+	+	+
38	+	-	+	+	-	-
39	+	+	-	-	-	+
40	+	+	-	-	+	-
41	+	+	+	+	-	-
42	+	+	+	-	-	-
43	-	-	-	-	+	+
44	-	-	-	+	+	-
45	-	-	+	+	-	-
46	-	+	+	-	-	-
47	+	+	-	-	-	-
48	-	-	-	+	-	+
49	-	-	+	-	-	+
50	-	+	-	-	-	+
51	+	-	-	-	-	+
52	+	-	+	-	-	-
53	-	+	-	-	+	-
54	-	+	-	+	-	-
55	-	-	+	-	+	-
56	+	-	-	-	+	-
57	+	-	-	+	-	-
58	-	-	-	-	-	+
59	-	-	-	-	+	-
60	-	-	-	+	-	-
61	-	-	+	-	-	-
62	-	+	-	-	-	-
63	+	-	-	-	-	-
64	-	-	-	-	-	-

Порядок выполнения задания

1. Выбирается вариант задания (табл. 4.1), который определяет исходные данные для расчетов, эти данные принимаются за истинные. Рассчитываются истинные значения $K_{\text{П}}$ и $K_{\text{Р}}$.

2. Из табл. 4.2 (Матрица знаков ошибок) выбирается от 5 до 10 вариантов вероятного распределения знаков ошибок, с которыми определены фактические значения исходных параметров для расчетов фактических значений $K_{\text{П}}$ (ф) и $K_{\text{Р}}$ (ф).

3. Составляется матрица знаков ошибок (табл. 4.3), соответствующая п. 2

Таблица 4.3. – Матрица знаков ошибок определения исходных параметров (пример)

№	Д	Б	С	a	$\text{С}_{\text{П}}$	b
7	+	+	+	+	+	-
8	-	-	+	+	+	+
9	+	-	-	+	+	+
10	+	+	-	-	+	+
11	+	+	+	-	-	+

4. Составляется табл. 4.4. в соответствии с табл. 4.1 (на пример, вариант 1) и табл. 4.3.

Таблица 4.4. Таблица ошибок исходных данных

№	*d*Б, тыс.т	*d*Д, тыс.т	*d*С, %	*Da*, %	$d\text{С}_\text{п}$, %	*Db*, %
d_i	0,2%	0,1%	0,02	0,02	0,03	0,03
7	+20,00	+10,150	+0,02	+0,02	+0,03	-0,03
8	-20,00	-10,150	+0,02	+0,02	+0,03	+0,03
9	+20,00	-10,150	-0,02	+0,02	+0,03	+0,03
10	+20,00	+10,150	-0,02	-0,02	+0,03	+0,03
11	+20,00	+10,150	+0,02	-0,02	-0,03	+0,03

5. Составляется табл. 4.5. для расчета $K_\text{П}$ и $K_\text{Р}$ по схеме:

$$X_\text{ф} = X_0 + dx.$$

Таблица 4.5. – Таблица фактических значений исходных параметров расчета $K_\text{П}$ и $K_\text{Р}$:

№	Б, тыс.т	Д, тыс.т	С, %	*a*, %	$d\text{С}_\text{п}$, %	*b*, %	$K_\text{п}$, %	$K_\text{р}$, %
7	10020	10510,50	16.02	15.82	13,03	9,97	….	….
8	9980	10489,50	16.02	15.82	13,03	10,03	….	….
9	10020	10489,50	15.98	15.82	13,03	10,03	….	….
10	10020	10510,50	15.98	15.78	13,03	10,03	….	….
11	10020	10510,50	16.02	15.78	12.97	0,03	….	….

Значения $K_\text{п}$ и $K_\text{р}$ рассчитывают по формулам (4.4) и (4.5).

6. Составляется табл. 4.6 сопоставления расчетных и истинных значений $K_\text{п}$ и $K_\text{р}$.

Таблица 4.6 – Сопоставление расчетных и истинных значений $K_{\text{п}}$и $K_{\text{р}}$

номер варианта	Ошибка определения $K_{\text{п}}$				Ошибка определения $K_{\text{р}}$			
	$K_{\text{п}}(\Phi)$, %	$K_{\text{п}}(\text{о})$, %	$\Delta K_{\text{п}}$, %	$\text{М}(K_{\text{п}})$, %	$K_{\text{р}}(\Phi)$, %	$K_{\text{р}}(\text{о})$, %	$\Delta K_{\text{р}}$, %	$\text{М}(K_{\text{р}})$, %
7 8 9 10 11								
Ср. зн.	$\overline{K_{\text{п}}}(\Phi)$		m($K_{\text{п}}$)		$\overline{K_{\text{р}}}(\Phi)$		m($K_{\text{р}}$)	

$$\Delta K_{\text{п}} = K_{\text{п}}(\Phi) - K_{\text{п}}(\text{о}), \qquad \Delta K_{\text{р}} = K_{\text{р}}(\Phi) - K_{\text{р}}(\text{о});$$

$$m(K_{\text{п}}) = \sqrt{\frac{1}{n}\sum \Delta K_{\text{п}}^2}\,, \quad m\left(K_{\text{р}}\right) = \sqrt{\frac{1}{n}\sum \Delta K_{\text{р}}^2}\;;$$

n – количество расчетных вариантов (в примере n =5).

$$\text{М}(K_{\text{п}}) = \frac{\Delta K_{\text{п}}}{\text{К}_{\text{п}}(\text{о})}\,100\ \%, \qquad \text{М}\left(K_{\text{р}}\right) = \frac{\Delta K_{\text{р}}}{K_{\text{р}}(\text{о})}\,100\ \%;$$

$$\overline{\text{М}}(K_{\text{п}}) = \sqrt{\frac{1}{n}M^2}\,(K_{\text{П}}), \qquad \overline{\text{М}}\left(K_{\text{р}}\right) = \sqrt{\frac{1}{n}M^2}\,(K_P).$$

7. По данным табл. 4.6 строится график зависимости между $\Delta K_{\text{п}}$ и $\Delta K_{\text{р}}$ (рис. 4.1).

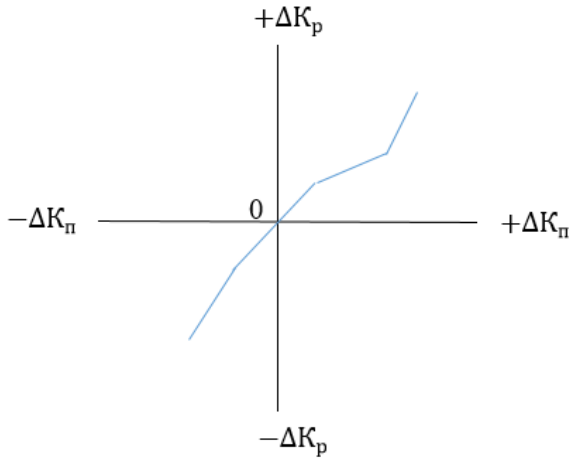


Рис. 4.1. Соотношение между $\Delta K_{\text{п}}$ и $\Delta K_{\text{р}}$

8. Выполняется расчёт вероятной погрешности определения коэффициентов $K_{\text{п}}$ и $K_{\text{р}}$ по формулам $dK_{\text{П}}(i)$ и $dK_{\text{Р}}(i)$ (табл. 4.7).

Таблица 4.7. – Вероятная погрешность определения $K_{\text{п}}$ и $K_{\text{Р}}$

Параметр	Расчетная ошибка определения параметра (d_i), %			
	$К_{\text{п}}$		$K_{\text{р}}$	
	$dK_{\text{п}}(i)$	$dK_{\text{п}}^2(i)$	$dK_{\text{р}}(i)$	$dK_{\text{р}}^2(i)$
Д Б С a $С_{\text{п}}$ b				
Σ		$\sum dK_{\text{п}}^2(i)$	$\sum dK_P(i)$	$\sum dK_P^2(i)$
m	$m_{K_{\text{П}}}$	$\sqrt{\sigma K_n \frac{1}{n}}$	$m_{K_{\text{р}}}$	$\sqrt{\sum dK_{\text{р}}^2(i) \frac{1}{n}}$

$$m_{K_{\text{П}}} = \sigma_{(K_{\text{П}})} = \sqrt{\frac{\sum d^2 K_{\text{П}}}{n}}, \qquad m_{K_P} = \sigma_{(K_{\text{Р}})} = \sqrt{\frac{\sum d^2 K_{\text{Р}}}{n}}$$

9. Выполняется сравнение расчетных значений $m_{К_{\text{п}}}$ и $m_{К_{\text{р}}}$ (см. табл. 4.7) с фактическими данными (см. табл. 4.6).

10. Составляется общее заключение по данным выполненных расчетов.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие естественно-исторические предпосылки предопределили возникновение геометрии недр?

2. Какими основными свойствами обладает геохимическое поле? Как изображается поле и какие математические действия с поверхностями с числовыми отметками возможны?

3. Что означает представительность геологических проб? Оцените погрешность линейной интерполяции и погрешность положения изолиний на плане.

4. Охарактеризуйте развитие представлений о геометрической структуре геохимического поля.

5. Какие научные основы учения об изменчивости показателей в связи с геометризацией геохимического поля?

6. Назовите и охарактеризуйте принципы классифицирования месторождений при разведке месторождений.

7. Назовите методы подсчета запасов. Дайте оценку их точности.

8. Каковы объект, предмет, цель и задачи геометризации МПИ.

9. Какой принцип составляет основу оценки достоверности оконтуривания геохимического поля и классифицирования рудных площадей по степени достоверности их оконтуривания?

10. Материальный баланс как основа организации горного производства.

11. Перечислите методы учета показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче.

12. Какова сущность косвенного метода учета потерь полезного ископаемого?

13. Как влияет точность определения содержаний в балансовых

запасах (С) и добытой руде (*а*) на точность определения коэффициентов потерь и разубоживания руды при добыче?

14. Как влияет точность определения содержаний компонента в теряемой руде ($С_{П}$) и вмещающих породах (*В*) на точность определения коэффициентов потерь и разубоживания руды при добыче?

15. Назовите основы нормирования показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче открытым способом.

16. Каковы основы планирования показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче открытым способом?

17. Назовите текущую документацию по учету и планированию показателей полноты и качества извлечения запасов. Каковы формы государственной статистической отчетности?

18. Каковы принципы классифицирования потерь и разубоживания руды при добыче. Назовите виды потерь полезного ископаемого.

19. Охарактеризуйте виды смещений горных пород по П.К. Соболевскому.

20. Каковы условия применения способов подсчета запасов (горизонтальное и вертикальные сечения, геологических блоков, палетки П. К. Соболевского)?

21. Раскройте сущность понятий: случайные величины (понятие, формы представления, статистические характеристики, метод обработки); корреляция (понятие, свойства основных характеристик).

22. Какие критерии тесноты связи между двумя случайными величинами используются при математической обработке данных?

23. Какова сущность метода «скользящего» окна сглаживания при геометризации рудных полей?

24. Каковы аналитические основы метода оптимизации плотности разведочной сети?

25. Назовите методы определения параметров залежи при подсчете запасов (площадь, мощность, плотность).

26. Дайте оценку степени разведанности залежей полезного ископаемого.

27. Как классифицируются запасы при проектировании горных предприятий?

28. Какова сущность прямого метода учета потерь полезного ископаемого?

29. Назовите условия применимости косвенного метода учета потерь и разубоживания руды.

Список рекомендуемой литературы

1. Богацкий В. В. Математический анализ разведочной сети.– М.: ГНТИ Литературы по геологии и охране недр, 1963.– 212 с.
2. Букринский В. А. Геометризация недр: практический курс: учебное пособие для ВУЗов.– М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 333 с.
3. Гальянов А. В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр: научная монография / А. В. Гальянов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 315 с.
4. Гальянов А. В. Теоретические основы геометризации процессов в горном деле. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 250 с.
5. Геометрия недр (Горная геометрия): учебник для вузов / В. М. Калинченко, Н. И. Стенин, И. И. Тупикин, И. Н. Ушаков; под ред. В. М. Калинченко и И. Н. Ушакова. – Новочеркасск: НОК, 2000. – 526 с.
6. Кузьмин В. И. Геометризация и подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых.– М.: Недра, 1967.–242 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В.Гальянов

ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Учебно-методическое пособие

к самостоятельной работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
1.Аннотированное содержание дисциплины «Геометрия недр»
2.Повторение материала лекций
3.Самостоятельное изучение тем курса
4.Подготовка к практическим занятиям
5.Подготовка к опросу и экзамену
6. Вопросы по темам самоподготовки
Рекомендуемая литература

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие является руководством к самостоятельной работе обучающийся основ «Геометрия недр». Этот процесс предусматривает непосредственную работу с рекомендованной литературой пособием к решению расчетно-графических работ (РГР), которые предназначены для закрепления узловых тем дисциплины «Геометрия недр».

Теоретические вопросы рассматриваются в учебном пособии «Геометрия недр. Основы геохимического анализа геохимического поля» решения задач (РГР) – в учебно-методическом пособии к расчетно-графическим работам . Эти работы имеют индивидуальный характер, поэтому вариант согласовывается с преподавателем; РГР оформляется по схеме: титульный лист, содержание (название темы и указание варианта); РГР – исходные данные, подробное последовательное представление решения, заключение по теме.

Самостоятельная работа по освоению программы курса «Геометрия недр» предполагает возможность получить консультацию и разъяснения по возникшим вопросам у преподавателя в отведенное для этого время.

Форма контроля , предусмотренная учебным планом - экзамен. Обучающийся представляет РГР на просмотр преподавателю до дня сдачи экзамена; теоретические вопросы дисциплины распределены по экзаменационным билетам; на подготовку отводится 40-60 минут. Оценка знаний производится в пятибалльной системе.

1.АННОТИРОВАННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕТРИЯ НЕДР»

«**Геометрия недр** есть строгая физико-математическая методика промышленной характеристики разведуемых недр», - так определил содержание дисциплины Петр Константинович Соболевский. Отсюда следует, что объектом геометрии недр являются концентрации полезных ископаемых, содержащихся в горных породах верхних слоев земной коры и доступных для промышленного освоения (сюда не включаются просторы морей и океанов). Эти концентрации, приобретая потребительскую стоимость, становятся объектом промышленного освоения. Промышленное освоение предусматривает определенную этапность: поиск, целенаправленные геолого - разведочные работы, оконтуривание и подсчет запасов, проектирование добычных работ, отработка месторождений, закрытие объекта и списание его запасов с государственного баланса.

Освоение месторождений возможно только при наличии информационных сведений о пространственном положении геологического объекта и качественных особенностях полезного ископаемого, под которыми понимаются содержание полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих окислов, а также физико-механические свойства горных пород, гидрогеологические и тектонические особенности района ведения горных работ. Таким образом, **предметом** дисциплины «Геометрия недр» является исследование форм, свойств и процессов рудообразования. Методы исследования этих вопросов составляют основу теоретической части дисциплины «Геометрия недр», а решение инженерных задач на различных этапах освоения месторождений составляет основу ее прикладной части.

Программа курса составлена таким образом, что включает в себя необходимый объем сведений исторического характера и аналитические основы дисциплины.

Введение в общий курс дисциплины «Геометрия недр»

Первый раздел программы является вводным в общий курс дисциплины. Он включает в себя главы 1 и 2 книги [1], в которых рассматриваются исторические этапы освоения человеком верхних слоев литосферы и предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений.

Теоретические основы дисциплины «Геометрия недр»

Второй раздел посвящен изложению собственно теоретических основ геометрии недр. Узловыми понятиями здесь являются «поле» (как физическая субстанция) и «геохимическое поле».

Поле следует понимать как форму пространственного представления явлений природы, проявление их свойств и особенностей. Иными словами, поле есть геометрическая модель явления в метрическом пространстве.

Геохимическое поле формально есть аналог физическому полю, т. е. оно обладает теми же формальными свойствами, как и физическое. Если показатель *U*, отображающий некоторое проявление поля, то его формально можно представить как функцию координат пространства и времени.

$$U = F(x, y, z, t).$$

Функция *U* должна удовлетворять четырем условиям: конечности $(U \neq \infty)$, однозначности $(U_0 = F(x_0, y_0, z_0, t_0)$; непрерывности $(U' = F'(x, y, z, t)$ – первая производная существует однозначно); плавности – вторая производная функции не имеет точек разрыва.

Поскольку геологические объекты существуют во времени, не соизмеримом с реальным временем отработки месторождений, координату *t* следует считать фиксированной и не определяющей оператор функции *F*, т. е. *U* следует ставить в зависимость только от координат метрической системы.

$$U = F(x, y, z).$$

Отличительные особенности геохимического поля от физического

Первой и основной отличительной особенностью геохимического поля от физического является невозможность его аналитического представления – оно может быть изображено геометрически в форме изолиний показателя *U*. В этом случае оно является абсолютным аналогом топографической поверхности.

Второй особенностью геохимического поля следует считать то обстоятельство, что его геометрическое представление отвечает принципам относительности и соответствия. Это означает, что геометрия геохимического поля зависит от полноты геологоразведочных сведений. Этим объясняется невозможность однозначной аналитической интерпретации геометрических закономерностей поля минерализации.

Геохимическое поле как пространственная геометрическая модель геологического объекта

Метод изолиний является основным «инструментом» изображения геохимического поля в пространстве. Принцип относительности утверждает, что это изображение не отображает истину в последней инстанции, а есть лишь один из возможных «эскизов» поля, есть приближенная модель геологического объекта, которая уточняется в своих деталях по мере пополнения информационных сведений. Полнота этих сведений оптимизируется в соответствии с решаемыми задачами подсчета запасов, проектирования, управления технологическими процессами добычи и первичной переработки.

Аналитические основы теории геохимического поля

Аналитическую основу теории геохимического поля составляет геометрический анализ топоповерхности и вытекающие из него математические действия с поверхностями топографического типа.

Поверхности топографического типа допускают выполнение всех основных математических действий: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, логарифмирование, дифференцирование и интегрирование. Простые арифметические действия находят применение в задачах подсчета запасов, при производстве строительных земляных работ, изучении геологических структур и т. п. Дифференцирование и интегрирование нашли широкое применение в геофизических методах разведки и изучении полей напряжений в геомеханике.

Второй составляющей теории геохимического поля является учение об изменчивости показателей U в пространстве геологического объекта.

Прикладная часть геометрии недр

Прикладная часть геометрии недр состоит в решении инженерных задач, связанных со всеми этапами освоения месторождений полезных ископаемых. Комплекс этих задач и методические подходы к их решению получили определение «Геометризация месторождений».

Геометризация месторождений в широком (самом общем виде) смысле этого понятия включает в себя:

– разработку методов геометрического моделирования (представления) геологического объекта и вытекающих из этого способов подсчета запасов месторождения и формирования банка данных для производства проектных работ на их отработку;
– составление геологических качественных планов на маркшейдерской плановой основе: обоснование методик построения этих планов и оценку их достоверности;
– обоснование кондиций на сырье для рационального ведения горных работ и обеспечение наиболее полного извлечения запасов;
– обоснование необходимой и достаточной полноты сведений о качестве полезного ископаемого и морфологических особенностях его залегания в недрах.

Таким образом геометризация месторождений есть необходимый этап придания геологоразведочной информации не только наглядности, но и привязки этой информации к координатам пространства – собственно создания геометрической модели.

На основе геометрической модели месторождения решается весь спектр инженерных задач: текущее и перспективное планирование развития горных работ; учет полноты и качества отработки запасов месторождения;

нормирование и планирование уровня потерь полезного ископаемого и др. текущие инженерные задачи горного производства.

Учение об изменчивости показателей геохимического поля

Учение об изменчивости показателей данных разведки есть ключевой вопрос теории геохимического поля. Содержательная часть этого учения состоит в оценке шумовой составляющей функции $U = F(x, y, z)$ в виде δ-функции, которая рассматривается как «всплеск». Таким образом, геохимическое поле формально представляет собой суперпозицию функции U и δ:

$$U = F(x, y, z) + \delta.$$

Особенностью δ-функции является то, что она, отвечая требованиям конечности и однозначности, не удовлетворяет требованиям непрерывности и плавности. Это ограничивает условия применимости метода линейной интерполяции при геометрической интерпретации данных геологоразведочных работ.

В основе геометрических построений лежит принцип относительности и соответствия, что означает неполноту сведений по существу точечной информации данных разведки. Одновременно наличие δ-функции в уравнении геохимического поля выдвигает как проблему вопрос об оценке представительности информации.

Теоретические основы геометризации технологических процессов в горном деле

Этот раздел курса есть развитие идеи геометризации месторождений, перенесенный на динамические процессы горного производства. Геометризация технологических процессов есть основа для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами. Её аналитическая основа принципиально отличается от основ геометрии недр – она базируется на математических разработках теории массового обслуживании (раздел «Теория вероятности») и оперирует понятиями: «поток событий», «динамическая система», «корреляционная функция», «случайная функция», «энтропия системы». Таким образом, **объектом** исследования здесь являются производственные схемы грузопотоков сырья, а **предметом** – геометрические особенности и характеристики технологических потоков. **Задачей** геометризации технологических процессов является установление закономерностей протекания этих процессов, геометрическая интерпретация этих закономерностей, эмпирическое представление различного рода соотношений для использования их в АСУ ТП технологического процесса.

2.ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Конспект лекций является подсобным материалом при самостоятельной работе при освоении тем курса дисциплины. В разделе 6 данных «методических указаний » приведены ключевые вопросы каждой темы и ссылки на литературные источники, в которых они раскрываются. Работая с этой литературой целесообразно делать записи и пометки, которые помогут при подготовке к экзамену.

3.САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

Самостоятельная работа над дисциплиной «Геометрия недр» включает в себя освоение теоретической части по рекомендуемым литературным источникам и практической в полном соответствии с разработанным «Учебно-методическим пособием к расчетно-графическим работам по дисциплине «Геометрия недр». Освоению теоретической части поможет раздел 6 данных «методических указаний», где весь курс дисциплины распределен по темам с указанием разделов в рекомендуемой литературе. Учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам включает 4 задачи, обеспеченные схемой их решения и кодом вариантов для получения индивидуальных исходных данных. Каждая задача оформляется в виде последовательного представления хода решения. Все задачи сшиваются и представляются преподавателю на проверку в период экзаменационной сессии.

Содержание тем дисциплины

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Объект, предмет изучения в геометрии недр.

Тема 2: Основы теории геохимического поля

Понятие поля. Физическое и геохимическое поле, основные геометрические условия для построения поля. Математические действия с полями. Естественно исторические предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений.

Тема 3: Учение об изменчивости показателей геохимического поля

Понятие «изменчивость» показателя. Изменчивость признака как свойство процессов, как отражение движения. Гомогенность и изотропность среды. Эвристические методы оценки изменчивости показателей геохимического поля. Геометрическое моделирование геохимического поля.

Тема 4: Принципы относительности и соответствия в геометрии недр

Принципы относительности и соответствия как основа научного познания. Понятие представительности информационных сведений, получаемых при разведке месторождений, точность геометрической интерпретации построений по точечной информации. Принципиальная математическая модель геохимического поля.

Тема 5: Оценка достоверности геометрического моделирования геохимического поля

Понятие ошибки, погрешности, точности, достоверности при анализе данных разведки месторождений полезных ископаемых. Допустимая область интерполяции и экстраполяции данных разведки.

Тема 6: Принципы классифицирования МПИ при разведке, проектировании и эксплуатации

Задачи классифицирования. Классифицирование по степени сложности строения геологических объектов, степени разведанности, по степени подготовленности запасов к отработке.

Тема 7: Методы подсчета запасов и их оценка точности

Классические методы подсчета запасов, условия их применения. Оценка точности методов подсчета запасов.

Тема 8: Аналитические основы учения о полноте и качестве извлечения запасов МПИ при добыче

Термины и понятия. Уравнение материального баланса. Методы учета показателей полноты и качества извлечения запасов. Принципы классифицирования потерь полезного ископаемого. Основы нормирования,

планирования, учета и отчетности показателей полноты извлечения запасов. Оценка точности методов учета.

4.ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическим занятиям есть из составляющих общего процесса освоения дисциплины. Она включает в себя подбор необходимых методических материалов и средств для выполнения расчетно-графических работ.

5.ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ И ЭКЗАМЕНУ

Подготовка обучающихся к опросу и экзамену является заключительным этапом самостоятельной работы по освоению программы курса дисциплины «Геометрия недр». Она состоит в проверке усвоенных знаний путем ответов на вопросы, которые представлены в «Методическом пособии», на основании которого составлены экзаменационные билеты.

Примеры вопросов в билетах

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № __

по дисциплине _____Геометрия_Недр_____

содержание билета: 1. Принцип относительности и соответствия в геометрии недр.

_____2. Представительность информационной единицы, используемой

_____при подсчете запасов.

Литература:
1. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр, 2013 г. (п.3.2)
2. Гальянов А. В. «Геометрия недр. Основы геометрического анализа геохимического поля». 2019 г.(п. 3.1- 3.3)

Составил А.В. Гальянов_____ "Утверждаю"
"5" июня 2019 г. Зав. кафедрой : _В.А.Гордеев_____

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № __

по дисциплине _____Геометрия_Недр_____

содержание билета: 1. Понятие «изменчивость» показателей геохимического поля.

2. Способы количественной оценки степени изменчивости показателей.

Литература:
1. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр, 2013 г. (3.4)

Составил А.В. Гальянов_____ "Утверждаю"

"5" июня 2019 г. Зав. кафедрой : _В.А.Гордеев_____

БИЛЕТ №

по дисциплине _____Геометрия_Недр _____

содержание билета: 1. Материальный баланс – основа организаций горного производства._
_____2. Аналитические основы планирования основных технологических показателей горного производства.

Литература:
1.Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр.(п.4.7)
2. Гальянов А.В. Теоретические основы геометризации процессов в горном деле. (п.1.3).
3. Гальянов А. В. «Геометрия недр. Основы геометрического анализа геохимического поля». 2019 г. (п. 7.2, 7.3, 7.8)

Составил __Гальянов А. В._____ "Утверждаю"

"5" июня 2019 г. Зав. кафедрой : _____ В.А.Гордеев

6.ВОПРОСЫ ПО ТЕМАМ САМОПОДГОТОВКИ

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Дайте определение дисциплине Геометрия недр. Какое место она занимает в системе наук о Земле и горных науках?
2. Назовите объект, предмет, цели и задачи Геометрии недр?
3. Назовите сущность геометрического моделирования геологических объектов?

Литература: [1- п.2.7,2.8 – с.130-146]
[2 –Введение, п2.1, 2.2 - с.6-8, 32-50]

Тема 2: Основы теории геохимического поля

1. Раскройте сущность понятия «поле»?
2. Назовите основные геометрические свойства поля?
3. Что значит «Геометризовать поле»?
4. Назовите принципиальные сходства и различия между физическим и геохимическим полем. Какова содержательная сущность понятия «геохимического поля»?
5. Каковы естественные исторические предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений?
6. Какие математические действия допускает теория геохимического поля?
7. Назовите примеры решения горно-геометрических задач на основе математических действий с геохимическими полями?

Литература: [1- п.2.-2.10., 3.1- с.67-164, 165-169]
[2 – п2.2, 2.3 - с.36-59]

Тема 3: Учение об изменчивости показателей геохимического поля

1. Раскройте сущность понятия «изменчивость» показателя?
2. Какова геометрическая структура геохимического поля?
3. Как оценить соотношение закономерной и шумовой составляющих геометрического поля?
4. Какова геометрическая сущность метода конечных разностей при оценке изменчивости показателей?
5. Какова основа статистического метода оценки показателя изменчивости показателей?
6. Какова сущность метода учета инверсий знаков в изменении показателей?

7. Какова геометрическая основа в оценке изменчивости ранжированных показателей? Связь с параметрами корреляционной функции случайных процессов?
8. Каковы основы классифицирования ранжированных показателей геохимического поля при геометризации поверхностей с числовыми отметками?

Литература: [1- п.3, 4- с.181-249]
[2 – п.3 - с.59-98]

Тема 4: Принципы относительности и соответствия в геометрии недр

1. В чем состоит сущность принципа относительности при геометрической интерпретации данных разведочных работ?
2. В чем состоит сущность принципа соответствия при геометрической интерпретации данных разведочных работ?
3. Как зависит геометрическое представление о пространственном положении геологического объекта от положения первой скважины (эффект Родионова)?
4. Как зависит геометрическое представление о пространственном положении геологического объекта от плотности разведочной сети?

Литература: [1- п.3.2,3.3 с.169-181]
[2 – п.3.1-3.3,4.1- с.59-86, 98-101]
[3 – п.2 – с. 19-30]

Тема 5: Оценка достоверности геометрического моделирования геохимического поля

1. Назовите критерии достоверности геометрического представления геологических объектов на геолого-маркшейдерской графической документации?
2. Как оценить погрешность и достоверность оконтуривания тел полезных ископаемых?
3. Как оценить достоверность контуров рудных тел?
4. Как влияет плотность разведочной сети на показатели достоверности геологоразведочных работ?
5. Расскажите геометрическую сущность оптимизации плотности разведочной сети на разных стадиях изучения месторождения?
6. Как оценить представительность геологоразведочной информации?
7. Назовите методы сглаживания шумовой составляющей геологоразведочной информации?
8. Как обосновать окно сглаживания информации?
9. В чем состоит сущность разделения полезного ископаемого на сорта, типы, однородные блоки?

Литература: [1- п.3.2-3.4 - с.169-254]
[2 – п.3.1-3.3,5.1,5.5,5]

Тема 6: Принципы классифицирования МПИ при разведке, проектировании, эксплуатации

1. Какие принципы закладываются в основу классифицирования запасов полезных ископаемых?
2. Назовите критериальные оценки при классифицировании месторождений по степени смежности строения?
3. Назовите критериальные оценки при классифицировании месторождений по степени разведанности?
4. Назовите критериальные оценки при классифицировании запасов при проектировании?
5. Какие требования лежат в основе нормирования запасов по степени их подготовленности к добыче?
6. Какова связь уровней подготовленности запасов с этапами развития горных работ при подземном способе отработки месторождения?
7. Какова связь уровней подготовленности запасов с этапами развития горных работ при открытом способе отработки месторождения?

Литература: [2- п.4 - с.98-110]

Тема 7: Методы подсчета запасов и их оценка точности

1. Какие задачи стоят при выборе метода подсчета запасов при разведке месторождений?
2. Как связан метод подсчета запасов с группой сложности месторождения?
3. Как оценивается точность метода подсчета запасов?
4. В чем сущность статистического метода подсчета запасов и условия его применимости?
5. Раскройте сущность метода изолиний при подсчете запасов?
6. В чем сходство и отличие методов подсчета запасов геологическими блоками, треугольников, многоугольников?
7. Какие горно-геологические условия допускают применение при подсчете запасов метода вертикальных сечений (разрезов)?
8. Какие горно-геологические условия допускают применение при подсчете запасов метода горизонтальных сечений?

Литература: [2- п.5 - с.110-163]

Тема 8: Аналитические основы учения о полноте и качестве извлечения запасов МПИ при добыче

1. Раскройте сущность закона материального баланса при ведении горных работ?
2. Назовите методы учета показателей полноты и качества извлечения запасов?
3. Раскройте сущность прямого метода учета и условия его применимости?
4. Раскройте сущность косвенного метода учета и условия его применимости?
5. Назовите принципы классифицирования потерь полезного ископаемого при добыче?
6. Какие виды потерь полезного ископаемого имеют место при отработке крутопадающих залежей полезного ископаемого открытым способом?
7. Какие виды потерь полезного ископаемого имеют место при отработке пологих и горизонтально залегающих залежей полезного ископаемого открытым способом?
8. Какие виды потерь полезного ископаемого имеют место при подземном способе отработки месторождения?
9. Что лежит в основе нормирования и оптимизации уровня потерь полезного ископаемого при открытом способе добычных работ?
10. Изложите сущность планирования показателей добычи в рамках годовой программы горных работ предприятия?
11. Как влияет точность исходных данных на уровень потерь и разубоживания руды при косвенном методе учета?
12. Как обосновывается период учета показателей полноты извлечения запасов при добыче?

Литература: [2- п.7 - с.185-222]

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гальянов А.В. Геомертия недр. Основы геометрического анализа геохимического поля:Учебное пособие/А.В.Гальянов; Урал.гос.горный ун-т.-Екатеринбург:Изд-во УГГУ,2019.-236 С.

2. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр: научная монография / А.В. Гальянов. УГГУ. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2013. 315 с.

3. Гальянов А. В. Геометрия недр: учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам / А. В. Гальянов; Изд-во Урал. гос. горн. ун-т, 2018.–47с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Латышев О. Г., Казак О. О.

Учебно-методическое пособие к выполнению контрольных работ по дисциплине для студентов всех специальностей направления подготовки «Горное дело»

Екатеринбург – 2017

Контрольная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы – овладение методикой лабораторного определения деформационных характеристик скальных пород статическим методом применительно к расчетам процессов горного производства.

Определяемые в опыте деформационные характеристики включают: модуль упругости, модуль пластичности, модуль общей деформации, коэффициент Пуассона. По полученным результатам вычисляются модуль сдвига и модуль объемного сжатия. Указанные характеристики определяют устойчивость горных пород и энергоемкость всех процессов связанных с разработкой пород.

Теоретическая основа дается в учебнике [1]:

2.2. Напряжения и деформации в горных породах;

2.3. Упругие свойства горных пород;

2.6. Методы определения упругих свойств горных пород;

2.13. Пластическое деформирование горных пород;

2.14. Пластические свойства горных пород.

Методика эксперимента

1. На испытываемый образец в форме цилиндра (керна) или призмы с параллельными торцами устанавливаются датчики продольной и поперечной деформации (тензодатчики сопротивления или индикаторы часового типа). Измеряют высоту и площадь образца S; определяют базу измерений (в продольном направлении L и поперечном направлении d).

2. Образец устанавливают на прессе и производят его ступенчатое нагружение. Величина предельной нагрузки определяется прочностью горной породы при сжатии или назначается в зависимости от конкретно решаемой задачи.

3. На каждой ступени нагружения фиксируется значение нагрузки P_i, Н (или кгс) и показания парных датчиков продольной и поперечной деформации.

4. После проведения эксперимента вычисляют напряжения на каждой ступени нагружения $\sigma_i = P/S$; усредняют показания пар дат-

чиков и вычисляют относительную продольную $\varepsilon_i = \Delta L/L$ и поперечную $\Delta d_i/d$ деформации.

5. Результаты заносят в таблицу и производят построение графиков продольной и поперечной деформации.

6. По линейным участкам графиков вычисляют модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν; выделяют нелинейный участок графика, характеризующий пластическую деформацию породы, и вычисляют модуль пластичности $E_{пл}$; по полной деформации определяют модуль общей деформации $E_{деф}$.

7. Вычисляют значения модуля сдвига: $G = E/[2(1+\nu)]$ и модуля объемного сжатия $K = E/[3(1-2\nu)]$.

Задание:

1. Вычислить все указанные выше деформационные характеристики горной породы.

2. Определить удельную энергоемкость разрушения данной породы: $A_{уд} = \sigma^2/2E_{деф}$, Дж/м^3, приняв σ равным предельному значению напряжений, полученному в опыте.

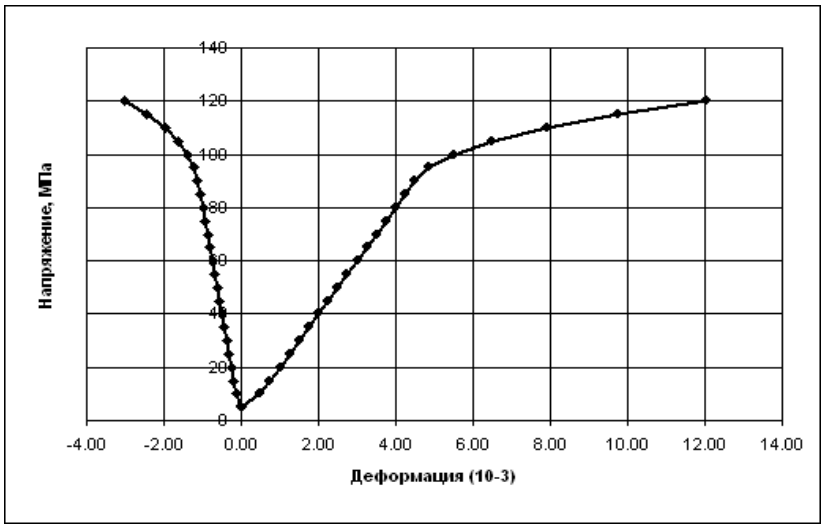
3. Определить удельную энергоемкость разрушения этой же породы в предположении ее идеальной упругости: $A_{уд}^* = \sigma^2/2E$, Дж/м^3.

4. Сравнить результаты и определить потери энергии на пластическое деформирование горной породы: $\Delta A = A_{уд} - A_{уд}^*$; выразить потери в % к $A_{уд}$.

Пример распечатки результатов

Известняк		
Напряжение, МПа	**Деформация (10^{-3})**	
	продольная	**поперечная**
5	0.000	0.000
10	0.500	-0.125
15	0.750	-0.188
20	1.000	-0.250
25	1.250	-0.313
30	1.500	-0.375
35	1.750	-0.438
40	2.000	-0.500
45	2.250	-0.563
50	2.500	-0.625
55	2.750	-0.688
60	3.000	-0.750
65	3.250	-0.813
70	3.500	-0.875
75	3.750	-0.938
80	4.000	-1.000
85	4.250	-1.063
90	4.500	-1.125
95	4.854	-1.213
100	5.503	-1.376
105	6.503	-1.626
110	7.901	-1.975
115	9.738	-2.434
120	12.053	-3.013

***Модуль упругости, ГПа*:**	20.0
Предел упругости, МПа	90.0
Модуль пластичности, ГПа	4.0
Модуль общей деформации, ГПа	10.0
Модуль сдвига, ГПа	8.0
Модуль объемного сжатия, ГПа	13.3
***Коэффициент Пуассона*:**	0.25



Контрольная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Цель работы – овладение методикой экспериментального определения масштабного эффекта в горных породах применительно к расчетам процессов горного производства.

Масштабным эффектом называется снижение прочности горных пород при увеличении их объема. Поскольку прочность пород определяется в лабораторных экспериментах на образцах заведомо малого размера, а реальные процессы охватывают значительные объемы породного массива, то учет масштабного эффекта необходим для введения соответствующих поправок в расчетные формулы технологии горного производства.

Теоретическая основа

[1] – разделы: 2.10; 5.5; 5.9;

[2] – Лабораторная работа «Построение паспорта прочности горных пород».

Методика эксперимента

1. В соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе производится определение прочности при сжатии и обработка результатов для кубических образцов двух типоразмеров со стороной 2 и 5 см.

2. Найти показатель масштабного эффекта n.

3. Записать уравнение масштабного эффекта и построить его график при изменении объема пород от 1 до 20 м^3.

Задание:

1. При проходке выработки площадью поперечного сечения 10 м^2 с помощью буровзрывных работ глубина отбойки породы (уходка за цикл) составляет 2,0 м. С учетом масштабного эффекта определить прочность данного объема исследованной Вами породы.

2. Оценить требуемое количество взрывчатого вещества (ВВ) на 1 м^3 разрушаемой породы (удельный расход ВВ) по формуле:

$$q = 0{,}015\ \sigma_{сж}[\text{МПа}],\ \text{кг/м}^3.$$

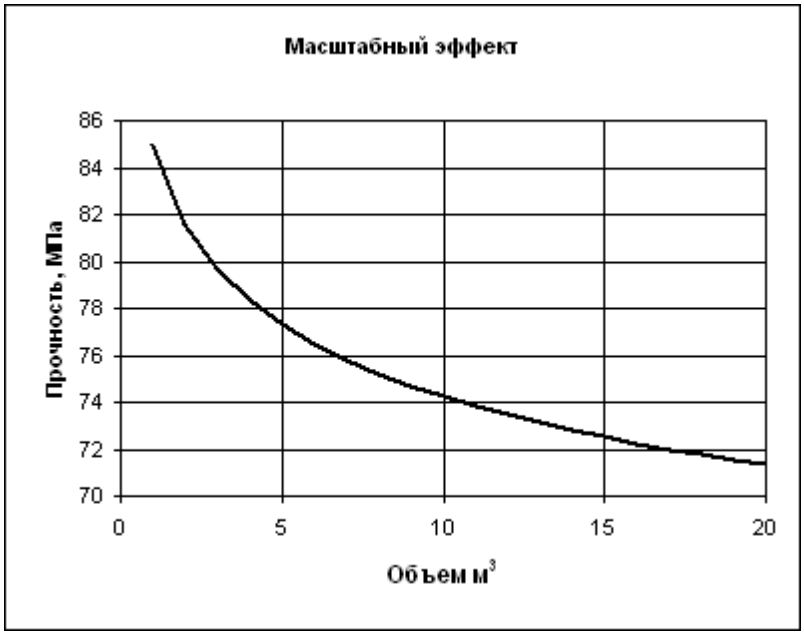
Пример распечатки результатов

ОЦЕНКА МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ГОРНЫХ ПОРОД

Студент:	***Иванов И. И.***

Задание №5

Куб со стороной 2 см			**Куб со стороной 5 см**		
Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа	Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа
4	3.81	95.2	25	18.43	73.7
4	3.16	79.1	25	13.57	54.3
4	2.91	72.8	25	16.31	65.2
4	4.09	102.3	25	18.88	75.5
4	3.20	80.1	25	14.00	56.0
4	3.14	78.4	25	20.09	80.4
4	3.57	89.4	25	20.14	80.6
4	3.73	93.1	25	19.00	76.0
4	3.34	83.5	25	18.63	74.5
4	3.05	76.3	25	18.31	73.2
Среднее		85	**Среднее**		71



Контрольная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОЙ СТРУКТУРЫ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Цель работы – отработка методов исследования и анализа трещинной структуры породных массивов применительно к оценке их прочности и устойчивости.

Трещины разбивают породный массив на отдельные блоки, образующие его иерархическую структуру. Поэтому для проектировании процессов разработки месторождений и определения устойчивости горных выработок особенности трещинной структуры массива нуждаются в количественной оценке.

Теоретическая основа

[1] – раздел 6.1.

Методика эксперимента

1. На обнажении пород (стенках или забое выработки) очерчивается площадка 1 м^2, отмывается от осевшей пыли и производится электронная фотография со вспышкой.

2. При наличии заполненных трещин из них отбираются для последующего анализа пробы материала заполнителя.

3. По полученной фотографии все трещины разбиваются на классы по размерам (желательно в логарифмическом масштабе).

4. Путем накладывания палетки соответствующих размеров ячейки подсчитывается число трещин каждого класса.

5. По полученным данным определяют сводные характеристики трещиноватости массива: концентрацию трещин, их суммарную и удельную поверхность, степень нарушенности и дисперсность.

Задание:

1. По данным задания составить расчетную таблицу и определить выше указанные параметры трещиноватости породного массива.

2. Построить гистограмму распределения трещин по размерам.

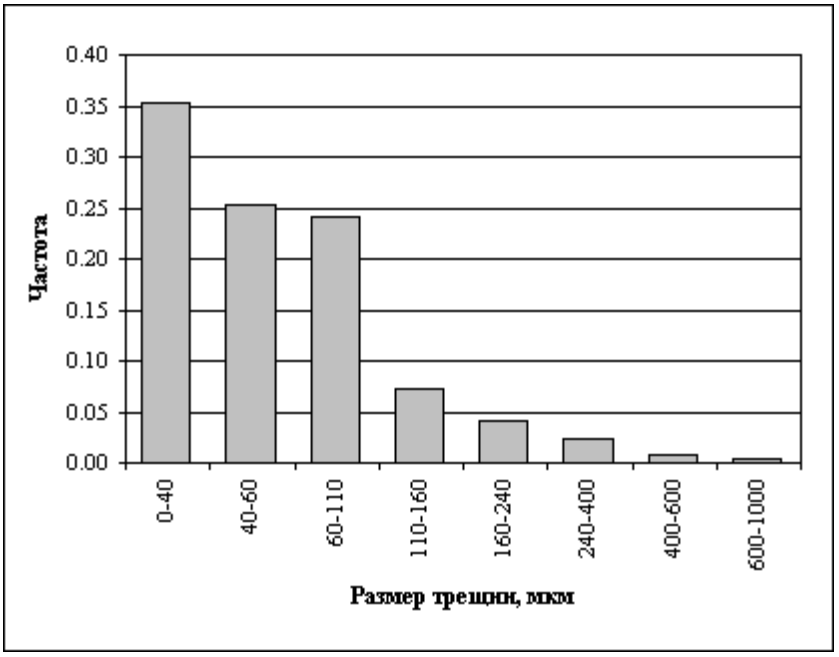
3. Выполнить анализ результатов.

Пример распечатки результатов

Исследование трещинной структуры породных массивов

Студент ***Задание №***

Интервал трещиноватости, мм	Середина интервала, мм	Число трещин	Частота n_i	*mi/li*	*2mi*li*	*mi*li*	*mi*li²*
0-40	20	97	0.444	22.2062	0.0178	0.0089	0.0002
40-60	50	53	0.243	4.8675	0.0243	0.0122	0.0006
60-110	85	44	0.202	2.3752	0.0343	0.0172	0.0015
110-160	135	12	0.056	0.4117	0.0150	0.0075	0.0010
160-240	200	7	0.030	0.1506	0.0120	0.0060	0.0012
240-400	270	4	0.017	0.0611	0.0089	0.0045	0.0012
400-600	500	1	0.005	0.0109	0.0055	0.0027	0.0014
600-1000	800	1	0.003	0.0037	0.0047	0.0024	0.0019
Сумма:		218	1.0000	30.0869	0.1226	0.0613	0.0089



Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании вычисления характеристик горных пород.

2. В соответствии с заданием определяют параметры элементов горной технологии по полученным характеристикам горной породы.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и таблиц на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формулы в общем виде, ее числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Рекомендуемая литература

1. Латышев О. Г., Казак О. О. Физика горных пород: Учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 277 с.

2. Латышев О. Г., Азанов М. А., Анохина О. О. Физика горных пород: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. -65 с.

3. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород: Учебник. –М.: Кн. дом «ЛИБЕРКОМ», 2010. – 360 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Латышев О. Г., Казак О. О.

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 6
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 7
3. Контрольные работы 25
3.1. Контрольная работа №1. Определение деформационных характеристик горных пород 25
3.2. Контрольная работа №2. Определение масштабного эффекта в горных породах 28
3.3.Контрольная работа №3. Исследование трещинной структуры породных массивов 30
4. Контрольные вопросы и упражнения (для студентов заочного обучения) 32
Рекомендуемая литература 39

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них 116 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Физика горных пород» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых лабораторных работ; подготоквка и защита контрольных работ. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС). Организация работы студентов при подготовке лабораторных и научных исследований отражена в пособии [2]. Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. В последней части пособия сформулированы контрольные вопросы и упражнения предназначенные для выполнения контрольной работы студентов заочной формы обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Физика горных пород». Она содержит названия 45 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре шахтного строительства имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения [3]. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема №1. Горные породы как объект разработки

Структура и текстура пород, их минеральный состав. Неоднородность состава и строения горных пород. Оценка изменчивости свойств пород. Типы горных массивов. (§ 1.1, С. 6-10).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как связаны состав и строение горных пород с их генезисом?
2. Что понимается под структурой и текстурой горных пород, и какие их типы можно выделить для горных пород?
3. Чем обусловлена изменчивость свойств горных пород?
4. Опишите статистические характеристики изменчивости свойств горных пород.

Тема №2. Классификация физических свойств горных пород

Физические поля, действующие на горные породы. Классы и группы свойств горных пород. (§ 1.2, С. 10-12).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные виды энергии, используемые при разработке горных пород.
2. Укажите классы физических свойств горных пород.
3. Какие группы характеристик включает класс механических свойств горных пород?

Тема №3. Силы связи и внутренняя структура горных пород

Кристаллическая решетка и анизотропия свойств горных пород. Ионные, атомные (ковалентные), металлические и молекулярные кристаллы. Взаимодействие между минеральными зернами. (§ 1.3, 1.4, С. 12-20).

Дополнительная литература: [4, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимают под анизотропией свойств горных пород?
2. Почему анизотропия свойств присуща любому типу кристаллов?
3. Какие силы удерживают частицы в узлах решетки ионного кристалла?
4. Поясните схему обменного взаимодействия атомов в ковалентном кристалле.
5. Чем обусловлено взаимодействие частиц в металлических и молекулярных кристаллах?
6. Охарактеризуйте типы взаимодействий между минеральными зернами, слагающими горную породу.

Тема №4. Дефекты кристаллической структуры

Тепловые колебания как дефекты структуры, флуктуация энергии. Точечные дефекты (вакансии, атомы внедрения), их образование и движение под действием нагрузки. Линейные дефекты – дислокации (краевая и винтовая), движение и размножение дислокаций. Поверхностные и объемные дефекты.

(§ 1.5, С. 20-24).

Дополнительная литература: [4, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Почему тепловые колебания атомов вносят искажения в кристаллическую решетку кристаллов?
2. Что понимают по термической флуктуацией энергии?
3. Как образуются вакансии и атомы внедрения в кристаллах?
4. Что представляет собой краевая и винтовая дислокации?
5. Как реагируют точечные и линейные дефекты на приложение к горной породе внешней механической нагрузки?
6. Что понимают под поверхностными и объемными дефектами горных пород?

Тема №5. Плотностные свойства горных пород

Объемная масса и объемный вес. Удельная масса (плотность) и удельный вес. Пористость, виды пористости (общая, открытая, эффективная). Трещиноватость горных пород и ее характеристики. Методы определения плотностных свойств горных пород (§ 2.1, С. 24-27).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте определения объемной и удельной массы горных пород.
2. Чем отличаются объемная масса и объемный вес горных пород?
3. Назовите и охарактеризуйте основные виды пористости горных пород.
4. Охарактеризуйте методы определения плотностных свойств горных пород.
5. Какими показателями может оцениваться трещиноватость горных пород?

Задачи: 1, 2, 11.

Тема №6. Напряжения и деформации в горных породах

Разложение сил в произвольной площадке (схема) – нормальные и касательные напряжения, их размерность. Зависимость величины напряжений от угла наклона площадки (аналитическое выражение и круг напряжений Мора). Деформации пород от действия нормальных и касательных напряжений. Графики упругой, пластичной и упруго-пластичной деформации. (§ 2.2, С. 27-30).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Изобразите схему разложения сил в произвольной площадке элементарного объема горной породы.

2. Что понимается под нормальными и касательными напряжениями? Укажите их размерность.

3. Выведите аналитические зависимости величины нормальных и касательных напряжений от угла наклона произвольной площадки.

4. Изобразите и поясните смысл круга напряжений Мора для одноосного напряженного состояния горной породы.

5. Какие по величине нормальные и касательные напряжения действуют в площадках под углом 0°, 45° и 90° к линии действия нагрузки? Покажите эти характерные точки на круге напряжений Мора.

6. Что понимается под продольной, поперечной (абсолютной и относительной) и угловой (сдвиговой) деформацией?

7. Изобразите графики упругой, пластической, упруго-пластической деформации. Охарактеризуйте их основные особенности.

Задачи: 3, 4.

Тема №7. Упругие свойства горных пород

Работа деформирования горных пород и ее графическая интерпретация. Модули упругости, сдвига и объемного сжатия. Коэффициент Пуассона. (§ 2.3, С. 30-33).

Дополнительная литература: [4. 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Выведите формулы работы упругой деформации. Дайте их интерпретацию на графике упругой деформации горных пород.

2. Запишите закон Гука для нормальных и касательных напряжений. Укажите выражения для модуля упругости (Юнга) и модуля сдвига.

3. Что понимается под модулем объемного сжатия? Укажите размерность модулей.

4. Что выражает коэффициент Пуассона горной породы?

Задачи: 6, 7, 8, 37.

Тема №8. Распространение упругих колебаний в горных породах

Классификация упругих колебаний по частоте. Продольные волны и их характеристики (деформации среды, направление колебания атомов). Условия массива и стержня. Поперечные волны и их характеристики (деформации среды, направление колебания атомов). (§ 2.4, С. 33-36).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте классификацию упругих колебаний по частоте и укажите, – по какому принципу она сформирована.

2. Как деформируется горная порода при распространении по ней продольных упругих волн?

3. Чем отличается распространение продольной волны в массиве и стержне?

4. Как деформируется горная порода при распространении по ней поперечных упругих волн?

Задачи: 18, 32, 45, 57.

Тема №9. Акустические свойства горных пород

Скорость и характеристики распространения продольных волн. Скорость и характеристики распространения поперечных волн. Акустическое сопротивление. Физика затухания упругих волн, коэффициент и логарифмический декремент затухания. (§ 2.5, С. 36-39).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите закономерности распространения продольных и поперечных упругих волн.

2. Дайте выражение акустического сопротивления (жесткости) горных пород. Укажите ее размерность.

3. В чем проявляется затухание упругих волн и какова физика этого процесса?

4. Выведите формулу коэффициента затухания амплитуды волны с расстоянием.

5. Дайте выражение логарифмического декремента затухания волны.

Задачи: 36, 53, 54.

Тема №10. Методы определения упругих свойств горных пород

Схема измерений при реализации статического метода. График деформаций и определение модуля упругости, коэффициента Пуассона, модуля сдвига и модуля объемного сжатия. Сущность динамического метода и варианты его реализации – измерение $C_м$ и $C_{ст}$ (два варианта), измерение $C_м$ и C_s, достоинства и недостатки способов. (§ 2.6, С. 39-44).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите процедуру измерения упругих свойств горных пород статическим методом. Укажите достоинства и недостатки данного метода.

2. Укажите существо динамического метода определения упругих свойств горных пород.

3. Как обеспечить условия массива и стержня при измерении в горной породе скорости продольной волны? Какой вариант предпочтительней?

4. Укажите существо и преимущества способа определения упругих свойств пород путем измерения в них скорости продольной и поперечной волны в массиве.

Задачи: 23, 27, 56.

Тема №11. Прочность горных пород. Критерии прочности

Понятие прочности, ее виды и размерность. Общая модель критериев прочности. Технические критерии прочности: наибольших нормальных напряжений; наибольших удлинений; наибольших касательных напряжений; энергетический критерий. Общее положение критерия Мора. (§ 2.7, С. 44-46).

***Дополнительная литература*:** [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется прочностью горной породы? Укажите виды прочности и их размерность.
2. Поясните смысл модели технических критериев прочности.
3. Укажите смысл и математическое выражение каждого из технических критериев прочности.

Тема №12. Теория прочности Мора

Построение и использование круга напряжений для объемного сжатия. Типичные круги предельных напряжений и их огибающая. Физический смысл огибающей кругов напряжений Мора, следствия теории прочности Мора. (§ 2.8, С. 46-48).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте теорию Мора на примере построения и использования круга напряжений для объемного сжатия.
2. Произведите построение предельных кругов напряжений при объемном и одноосном растяжении, растяжении со сжатием, одноосном и всестороннем сжатии. Поясните их расположение на графике.
3. Что характеризует огибающая предельных кругов напряжений?
4. Какими напряжениями (в соответствии с теорией прочности Мора) обусловлено разрушение горной породы?

Задачи: 34.

Тема №13. Паспорт прочности горных пород

Процедура построения паспорта прочности. Физический смысл и уравнение линейной огибающей. Сцепление и угол внутреннего трения, их физический смысл. (§ 2.9, С. 48-53).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите процедуру построения паспорта прочности горных пород.
2. Запишите уравнение линейной огибающей предельных кругов напряжений. Укажите физический смысл этой огибающей.
3. Что называется сцеплением горной породы?
4. Что характеризует угол внутреннего трения горной породы?
5. Как оценить предельные значения угла и коэффициента внутреннего трения горных пород?

Задачи: 38, 39, 42.

Тема №14. Теория хрупкого разрушения (теория трещин Гриффитса)

Модель Гриффитса – растяжение пластины с трещиной. Механизм освобождений упругой энергии при возникновении трещины. Трещинодвижущая сила. Сопротивление росту трещины. Формирование критерия прочности Гриффитса, понятие критической трещины. (§ 2.11, С. 57-61)

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Поясните механизм разрушения на примере растяжения пластины с трещиной.

2. Дайте вывод формулы упругой энергии, освобождающейся при росте трещины.

3. Что называется трещинодвижущей силой?

4. Что понимается под сопротивлением росту трещины?

4. Что характеризует удельная поверхностная энергия горной породы?

5. Запишите уравнение критерия прочности Гриффитса и поясните его смысл.

Тема №15. Кинетическая концепция прочности

Понятие и уравнение долговечности тела. Уравнение флуктуации тепловой энергии. Энергия активации процесса разрушения и ее смысл. Стадии разрушения тел в соответствии с кинетической концепцией прочности. (§ 2.12, С. 61-64)

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Запишите и дайте физическую интерпретацию уравнению долговечности тела.

2. Опишите механизм разрушения горных пород с позиций кинетической концепции прочности.

3. Что называется активационным объемом и как его величина связана с коэффициентом перенапряжений?

4. Как соотносится кинетическая концепция прочности с теорией трещин Гриффитса?

Тема №16. Пластическое деформирование и пластические свойства горных пород

Механизмы межзеренного и внутризеренного скольжения. Модули упругости, пластичности и общей деформации, их графическая интерпретация. Коэффициенты пластичности и хрупкости как соотношение работ деформирования горной породы, их графическая интерпретация. (§ 2.13, 2.14, С. 64-69).

Дополнительная литература: [4, 5, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите механизм межзеренного скольжения как основного механизма пластической деформации горных пород.

2. Чем определяется внутризеренное скольжение при пластической деформации кристаллических горных пород?

3. Что называется пределом упругости горных пород?

4. Постройте график деформации упруго-пластичной горной породы и дайте геометрическую интерпретацию модулям упругости, пластичности и общей деформации.

5. Что характеризуют коэффициенты пластичности и хрупкости? Поясните их сущность на графике деформации горных пород.

Задачи: 21, 40, 41, 43, 49, 50, 60.

Тема №17. Ползучесть горных пород

Механическая модель ползучести. Графики затухающей и незатухающей ползучести, их интерпретация. Механизмы ползучести (диффузионно-вязкое течение, движение дислокаций, межзеренное скольжение). Вывод основного уравнения реологии и его применимость к описанию ползучести, оценка затухающей ползучести. (§ 2.15, С. 69-72).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите явление ползучести горных пород с помощью механической модели Максвелла.

2. Постройте типичные графики затухающей и незатухающей ползучести горных пород. Опишите характерные этапы ползучести.

3. Охарактеризуйте механизмы ползучести горных пород. Более детально проясните механизм межзеренного скольжения.

4. Выведите основное реологическое уравнение для модели Максвелла. Укажите, какой вид ползучести оно описывает.

Тема №18. Релаксация напряжений и длительная прочность горных пород

Понятие релаксации напряжений и ее модель, физика явления (механизмы ползучести). Уравнение релаксации напряжений, период релаксации и его смысл. Понятие длительной прочности. Связь длительной прочности с ползучестью пород и метод оценки величины длительной прочности. (§ 2.15, С. 72-74).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под релаксацией напряжений и каков ее механизм?

2. Напишите уравнение релаксации напряжений и поясните смысл периода релаксации.

3. Что называется длительной прочностью горных пород?

4. Постройте график снижения прочности горных пород во времени и поясните, за счет чего происходит это снижение.

5. Как производится экспериментальное определение величины длительной прочности. Поясните на графиках ползучести горных пород.

Задачи: 12, 33.

Тема №19. Статические и динамические характеристики горных пород

Предельные случаи деформирования горных пород. Явление упругого последействия. Влияние дефектов структуры. Влияние релаксации напряжений на прочность и упругость пород. (§ 2.17, С. 81-83).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как реагирует горная порода на ее деформирование?
2. Изобразите и прокомментируйте графики изменения деформации горных пород при статическом и динамическом нагружении.
3. Как влияют дефекты структуры на прочность и упругость пород при различной скорости ее нагружения?
4. Какова роль релаксации напряжений при статическом нагружении горной породы (покажите на графике).

Тема №20. Развитие исследований по механике горных пород

Первый этап – критерии, рассматривающие горную породу как бесструктурную модель. Второй этап – теории хрупкого разрушения при наличии трещин. Третий этап – теории прочности с учетом термических флуктуаций энергии. Недостатки существующих теорий, требования к разработке обобщенной теории прочности. (§ 2.18, С. 83-92).

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какой принцип положен в основу формирования технических критериев прочности?
2. Опишите существо теории прочности Мора и диаграммы Двиденкова-Фридмана.
3. Укажите основные черты теорий хрупкого разрушения трещиноватых пород.
4. Какова роль термических флуктуаций энергии в формировании прочности горных пород?
5. Охарактеризуйте основные требования к созданию обобщенной теории прочности.

Тема №21. Тепловые свойства горных пород

Удельная и объемная теплоемкость, ее зависимость от температуры. Тепло- и температуропроводность горных пород. Тепловое расширение пород (линейное и объемное). Термические напряжения в горных породах. (Гл. 3, С. 92-102).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте выражение и размерности удельной и объемной теплоемкости.
2. Постройте график зависимости теплоемкости от температуры горных пород. Дайте интерпретацию графика.

3. Дайте формулы и размерность теплопроводности и температуропроводности горных пород.

4. Опишите фононный (решеточный) механизм распространения тепла в горных породах. Поясните, какие факторы определяют изменение теплопроводности с нагревом горных пород.

5. Что называется коэффициентом теплового линейного и объемного расширения?

6. Чем определяются и как выражаются термические напряжения в горных породах?

Задачи: 9, 46, 47, 51, 52, 55.

Тема №22. Электропроводность горных пород

Электропроводность и электрическое сопротивление горных пород. Механизм электропроводности горных пород: проводников, полупроводников и диэлектриков. Влияние температуры на электропроводность данных типов пород. Методы измерения электрического сопротивления горных пород. (§ 4.1, С. 102-106).

Дополнительная литература: [4, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Напишите формулу удельного электрического сопротивления горных пород.

2. Укажите механизм электропроводности проводников и ее зависимость от температуры горных пород.

3. Чем обусловлена электропроводность полупроводников и как она изменяется при нагреве горных пород?

4. Чем определяется электропроводность горных пород – диэлектриков и как она зависит от температуры?

5. Опишите процедуру измерения электрического сопротивления горных пород, используя схему опыта.

Тема №23. Диэлектрическая проницаемость и поляризация горных пород

Закон Кулона, диэлектрическая проницаемость и ее физический смысл. Понятие и механизмы поляризации (электронная, ионная, дипольная, макроструктурная, электрохимическая). (§ 4.2, С. 106-109).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что характеризует относительная диэлектрическая проницаемость горных пород и как она связана с силой взаимодействия зарядов (закон Кулона)?

2. Что понимается под поляризацией горной породы?

3. Опишите механизмы электронной, ионной и дипольной поляризации горных пород.

4. Как происходит (специфичная для горных пород) макроструктурная и электрохимическая поляризация?

Тема №24. Диэлектрические потери в горных породах

Зависимость поляризации от частоты электрического поля. Физика диэлектрических потерь. Эквивалентная схема горной породы и ее векторная диаграмма. Тангенс угла диэлектрических потерь и вывод уравнения удельной мощности диэлектрических потерь. (§ 4.3, С. 109-114).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется и чем обусловлены диэлектрические потери в горных породах?

2. С помощью эквивалентной схемы горной породы поясните смысл тангенса угла диэлектрических потерь.

3. Выведите формулу удельного количества теплоты, выделяемой в горной породе за счет диэлектрических потерь.

4. Опишите схему измерения диэлектрических характеристик горных пород.

Задачи: 24, 25.

Тема №25. Магнитные свойства горных пород

Магнитная проницаемость и ее смысл, связь с индукцией поля. Намагничивание горных пород диа- и парамагнетиков. Намагничивание ферромагнетиков (график), намагниченность насыщения, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила. (§ 4.4, С. 114-117).

Дополнительная литература: [4, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что характеризует магнитная проницаемость горных пород и как она связана с индукцией и напряженностью магнитного поля?

2. В чем состоит различие в процессе намагничивания горных пород диамагнетиков парамагнетиков?

3. Постройте график намагничивания горной породы-ферромагнетика и поясните смысл показателей: намагниченность насыщения, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила.

Тема №26. Гранулометрический состав разрушенных пород

Понятие гранулометрического состава, его табличное и графическое изображение (гистограмма, полигон, кумулята). Характеристики грансостава (средний размер куска, коэффициент неоднородности и степень дробления, удельная энергоемкость дробления). Коэффициент разрыхления, насыпная масса и угол естественного откоса разрушенных пород. (§ 5.2.1, С. 122-129).

Дополнительная литература: [5, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как определяется и выражается гранулометрический состав разрушенной породы?

2. Произведите построение и покажите смысл гистограммы, полигона и кумулятивной кривой распределения кусков разрушенной породы по размерам.

3. Что характеризуют и как определяются коэффициент неоднородности, степень и энергоемкость дробления?

4. Что называется коэффициентом разрыхления и как он связан с объемной и насыпной массой горных пород? Какие факторы определяют величину коэффициента разрыхления?

5. Что представляет собой угол естественного откоса разрушенной горной массы?

Задачи: 13, 14., 15, 19, 31.

Тема №27. Физико-механические свойства разрушенных пород

Понятие идеально сыпучей и реально разрушенной горной массы. Построение паспорта прочности для данных типов пород. Деформационные характеристики разрушенных пород, модули деформации и спада. (§ 5.2.2, С. 130-132).

Дополнительная литература: [5, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Чем отличаются идеально сыпучие от реально разрушенных горных пород?

2. Опишите схему экспериментального построения паспорта прочности разрушенных пород.

3. Постойте и дайте интерпретацию паспортам прочности идеально сыпучей и реально разрушенной горных пород.

4. Постройте графики деформации идеально сыпучей и реально разрушенной горной породы, охарактеризуйте модули деформации и спада.

Тема №28. Водно-физические свойства глинистых пород

Глины, суглинки и супеси. Структура воды в глинистых породах, определение влажности. Сухое, пластичное и текучее состояние глинистых пород, связь с ползучестью пород. Набухание и усадка глин, осмотическая природа набухания. Липкость глин и методы борьбы с налипанием. (§ 5.3.1, С. 132-136).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под глинистыми горными породами?

2. Какие виды воды содержатся в глинистых породах, и как определяется ее количество (влажность)?

3. Как зависит состояние глинистых пород от их влажности. Покажите типичные графики ползучести глинистых пород.

4. Что понимается под пределами пластичности и текучести глинистых пород?

5. Опишите физику явлений набухания и усадки глинистых пород. Какими показателями они характеризуются?

6. Как определяется липкость (адгезия) глинистых пород? Укажите методы борьбы с налипанием глин на рабочий инструмент.

Задачи: 22.

Тема №29. Механические свойства глинистых пород

Построение паспорта прочности глинистых пород. Деформационные характеристики глин, коэффициенты сжимаемости и компрессии, область их применения. (§ 5.3.2, С. 136-139).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите схему и процедуру построения паспорта прочности глинистых пород.

2. Опишите устройство экспериментальной установки для проведения компрессионных испытаний глинистых пород и поясните схему испытаний.

3. Как и для каких целей определяется коэффициент сжимаемости глинистых пород? Поясните на графике.

4. Что понимается под коэффициентом компрессии глинистых пород? Поясните на графике.

Задачи: 29, 30.

Тема №30. Мерзлые (криогенные) горные породы

Структура воды в горных породах и ее характеристики. Изменение объемной массы, скорости волны, теплопроводности и теплоемкости при замораживании пород. Изменение прочности скальных и разрушенных пород при замораживании. Графики деформации скальных и разрушенных пород при положительных и отрицательных температурах. (§ 5.4, С. 140-143).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под физически связанной, капиллярной и свободной водой в горных породах? Укажите их температуру замерзания.

2. Укажите характер изменения объемной массы, скорости волны, теплопроводности и теплоемкости горных пород при их замораживании.

3. Покажите на графике и охарактеризуйте основные особенности изменения прочности скальных и разрушенных пород при их замораживании.

4. Постройте и опишите графики деформации скальных пород при положительных и отрицательных температурах.

5. Постройте и опишите графики деформации разрушенных (раздельнозернистых) пород при положительных и отрицательных температурах.

Задачи: 10.

Тема №31. Особенности массива горных пород

Различие в свойствах массива и образца горных пород, факторы, определяющие это различие. Методы изучения свойств массива горных пород (натурные, косвенные, расчетные), их суть. Понятие и область применения свойств массива горных пород, горной породы в массиве, горной породы в куске (образце). (§ 5.5, С. 143-145).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие факторы определяют различие в физических свойствах горных пород в массиве и в образце?

2. Какие методы могут использоваться для определения свойств массива горных пород?

3. Чем различаются следующие понятия: «массив горных пород», «горная порода в массиве» и «горная порода в образце (куске)»?

Тема №32. Физические поля в породном массиве

Напряженно-деформированное состояние (НДС) массива и формирование горного давления. Влияние горного давления на прочность и упругость пород. Роль воды в горных породах. Влияние теплового и электромагнитного полей на свойства пород. (§ 5.6, С. 145-151).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под напряженно-деформированным состоянием породного массива?

2. Как влияет горное давление различного по величине уровня на прочностные и упругие свойства горных пород?

3. Охарактеризуйте роль воды при деформации и разрушении горных пород.

4. Как изменяются свойства горных пород при их нагреве?

Тема №33. Трещинная структура породных массивов

Выделение типов массива по слоистости. Слоистость горных пород и коэффициент анизотропии. Характеристики трещин и их особенности. Влияние трещиноватости на свойства горных пород. (§ 5.7, С. 151-153).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как разделяются породные массивы по слоистости?

2. Как оценивается анизотропия свойств слоистого массива?

3. Укажите показатели, характеризующие трещиноватость породного массива;

4. Как оценивается блочность и трещинная пустотность породного массива?

Тема №34. Гидравлические характеристики породных массивов

Классификация трещин по степени их раскрытия. Характеристики фильтрации жидкости в породный массив. Явление смачиваемости пород и капиллярное движение жидкости. Оценка водопоглощения горных пород. Коэффициент размокания горных пород. (§ 5.8, С. 153-160).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под коэффициентом фильтрации и коэффициентом проницаемости породного массива? Как они соотносятся?
2. Опишите характер движения жидкости по капиллярным трещинам массива.
3. Охарактеризуйте механизм смачиваемости пород.
4. Как определяется влагоемкость и водопоглощение горных пород?
5. Как влияет влажность пород на их прочность? Что понимается под коэффициентом размокания?

Тема №35. Масштабный эффект в горных породах

Определение и физика масштабного эффекта в горных породах. Уравнение масштабного эффекта. Физический смысл минимальной и теоретической прочности пород. Показатель масштабного эффекта и способ его определения. (§ 5.9, С. 161-162).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется и чем обусловлен масштабный эффект в горных породах?
2. Постройте график и опишите зависимость прочности горных пород от их объема.
3. Напишите уравнение масштабного эффекта и поясните смысл входящих в формулу показателей.
4. Опишите процедуру экспериментального определения показателя масштабного эффекта n.

Задачи: 17.

Тема №36. Горно-технологические характеристики пород и породных массивов

Определение горно-технологических характеристик. Крепость и шкала крепости проф. М.М.Протодьяконова. Твердость и контактная прочность горных пород. Абразивность пород и методы ее оценки. Другие горно-технологические характеристики и их определение. (§ 5.10, С. 163-167).

Дополнительная литература: [4, 5, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под горно-технологическими характеристиками пород?
2. Как определяется и в каких пределах изменяется коэффициент крепости горных пород по шкале проф. М.М.Протодьяконова?
3. Как определяется твердость и чем она отличается от контактной прочности горных пород?
4. Что характеризует и как определяется абразивность горных пород?
5. Опишите методы определения дробимости горных пород.

6. Назовите наиболее употребительные горно-технологические характеристики пород.

Задачи: 44, 48.

Тема №37. Изучение строения породных массивов

Классификация методов изучения трещиноватости породных массивов. Прямые методы и их реализация. Описание косвенных методов оценки трещиноватости (при бурении скважин, гидравлическом опробовании, по показателям производственных процессов, электрический и акустический методы). Оценка трещиноватости по извлеченному керну. Обработка результатов измерений трещиноватости. (§ 6.1, С. 168-174).

Дополнительная литература: [4, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте прямые (непосредственные) методы изучения трещиноватости массива.

2. Назовите основные направления косвенных методов оценки трещиноватости массива.

3. Какими показателями можно оценить трещиноватость массива в ходе бурения разведочных скважин?

4. Охарактеризуйте этапы исследований при изучении трещиноватости массива на обнажениях.

5. Какие параметры характеризуют системы трещин породного массива?

Тема №38. Натурные методы изучения свойств массива

Определение показателей, связанных с распространением энергии. Схема и последовательность определения прочности при сжатии и деформационных характеристик массива. Процедура построения паспорта прочности массива пород. Пенетрационные методы (определение контактной прочности). Скважинные исследования массива. (§ 6.2, С. 175-183).

Дополнительная литература: [4, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие характеристики массива пород могут определяться в производственных условиях теми же методами, что и в лабораторных условиях?

2. Опишите схему и последовательность определения прочности при сжатии и деформационных характеристик массива горных пород.

3. Опишите схему и последовательность испытаний для построения паспорта прочности массива горных пород.

4. Какие показатели определяются при пенетрационных испытаниях массива?

5. Укажите существо скважинных испытаний при оценке деформационных свойств массива.

Задачи: 16.

Тема №39. Прогноз свойств горных пород и массивов

Основы прогноза. Процедура установления взаимосвязей свойств пород. Использование взаимосвязей свойств. Достоинства и недостатки косвенного определения свойств массива. Введение поправок на действующие в массиве физические поля. (§ 6.3, 6.4, С. 183-193).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Укажите существо косвенного метода определения свойств горных пород и массивов.
2. Опишите процедуру корреляционного анализа взаимосвязей свойств горных пород.
3. Каким образом вводятся поправки в уравнения прогноза на действующие в породном массиве физические поля?
4. Укажите достоинства и недостатки методов прогноза свойств пород с помощью их взаимосвязей.

Тема №40. Геофизические методы исследования массива

Классификация геофизических методов. Процедура скважинного каротажа. Использование данных акустического каротажа. Введение поправок на действующее в массиве горное давление. (§ 6.5, С. 194-198).

Дополнительная литература: [4, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите наиболее употребительные геофизические методы исследования породного массива.
2. Как осуществляется скважинный (в частности, акустический) каротаж массива?
3. Как можно использовать данные акустического каротажа?
4. Охарактеризуйте методику косвенного определения свойств массива по данным акустического каротажа.

Тема №41. Исследование технологических параметров массива

Критерии эффективности технологических процессов. Формирование критериев буримости горных пород. Оценка взрываемости горных пород. Определение эффективности уборки породы (экскавируемости). (§ 6.6, С. 198-213).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте принципы формирования критериев эффективности процессов горного производства.
2. Укажите основные расчетные соотношения для описания процессов бурения шпуров и скважин.
3. Какие расчетные соотношения характеризуют процесс разрушения пород взрывом?
4. Как оценить эффективность погрузки горной породы?

Тема №42. Прогноз устойчивости горных пород в выработках

Общее условие устойчивости горных пород в выработке. Коэффициент структурного ослабления. Коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки. Вероятностная характеристика безопасности выработки. Вероятностный прогноз устойчивости горных пород в выработке. (§ 6.7, С. 213-219).

Дополнительная литература: [5, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Поясните физический смысл уравнения устойчивости горных пород в выработке.
2. Что характеризует и как определяется коэффициент структурного ослабления массива?
3. От каких факторов зависит коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки?
4. Поясните вероятностный смысл характеристики безопасности выработки.

Тема №43. Методы изучения напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива

Факторы, влияющие на величину горного давления. Метод разгрузки и его реализация. Скважинные методы. Метод компенсационной нагрузки. Достоинства и недостатки методов. Косвенные методы исследования НДС массива. (§ 6.7, С. 219-238).

Дополнительная литература: [5, 7, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие факторы нарушают линейное распределение давления по глубине массива?
2. Дайте схему и опишите существо метода разгрузки.
3. Каким образом реализуются скважинные методы изучения НДС массива?
4. На каком принципе основан метод компенсационной нагрузки и поясните схемой.
5. Как реализуется акустический метод исследования НДС массива?

Тема №44. Горные удары и выбросы

Понятие горных ударов и выбросов. Уравнение энергетического баланса горного удара. Математическое выражение составляющих уравнения энергетического баланса. Условие внезапных выбросов угля и газа. Запредельное деформирование горных пород и его характеристики. (§ 6.8.3, С. 252-255).

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите физику возникновения горных ударов и выбросов.
2. Запишите уравнение энергетического баланса горного удара и поясните смысл входящих в него слагаемых.

3. Изобразите график запредельного деформирования горных пород и дайте его интерпретацию.

4. Что называется дилатансией горных пород?

5. Дайте определение модуля спада.

Тема №45. Прогноз и предотвращение горных ударов

Этапы прогнозирования горных ударов. Определение5 потенциальной удароопасности горных пород. Локальный прогноз горных ударов: методы дискования керна, вдавливания пуансона и др. Методы предотвращения горных ударов. (§ 6.8.5, 6.8.6, С. 260-272).

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите последовательность прогноза горных ударов.

2. Укажите два критерия удароопасности горных пород с пояснениями на графике деформации.

3. Охарактеризуйте метод дискования керна как средство прогноза горного удара.

4. Как определяется коэффициент удароопасности при использовании метода вдавливания пуансона?

5. Опишите особенности бурения разгрузочных щелей и камуфлетного взрывания как меры борьбы с горными ударами.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании вычисления характеристик горных пород.

2. В соответствии с заданием определяют параметры элементов горной технологии по полученным характеристикам горной породы.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и таблиц на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формул в общем виде, их числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Контрольная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы – овладение методикой лабораторного определения деформационных характеристик скальных пород статическим методом применительно к расчетам процессов горного производства.

Определяемые в опыте деформационные характеристики включают: модуль упругости, модуль пластичности, модуль общей деформации, коэффициент Пуассона. По полученным результатам вычисляются модуль сдвига и модуль объемного сжатия. Указанные характеристики определяют устойчивость горных пород и энергоемкость всех процессов связанных с разработкой пород.

Теоретическая основа дается в учебнике [1]:

2.2. Напряжения и деформации в горных породах;

2.3. Упругие свойства горных пород;

2.6. Методы определения упругих свойств горных пород;

2.13. Пластическое деформирование горных пород;

2.14. Пластические свойства горных пород.

Методика эксперимента

1. На испытываемый образец в форме цилиндра (керна) или призмы с параллельными торцами устанавливаются датчики продольной и поперечной деформации (тензодатчики сопротивления или индикаторы часового типа). Измеряют высоту и площадь образца S; определяют базу измерений (в продольном направлении L и поперечном направлении d).

2. Образец устанавливают на прессе и производят его ступенчатое нагружение. Величина предельной нагрузки определяется прочностью горной породы при сжатии или назначается в зависимости от конкретно решаемой задачи.

3. На каждой ступени нагружения фиксируется значение нагрузки P_i, Н (или кгс) и показания парных датчиков продольной и поперечной деформации.

4. После проведения эксперимента вычисляют напряжения на каждой ступени нагружения $\sigma_i = P/S$; усредняют показания пар датчиков и вычисляют относительную продольную $\varepsilon_i = \Delta L/L$ и поперечную $\Delta d_i/d$ деформации.

5. Результаты заносят в таблицу и производят построение графиков продольной и поперечной деформации.

6. По линейным участкам графиков вычисляют модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν; выделяют нелинейный участок графика, характеризующий пластическую деформацию породы, и вычисляют модуль пластичности $E_{пл}$; по полной деформации определяют модуль общей деформации $E_{деф}$.

7. Вычисляют значения модуля сдвига: $G = E/ [2 (1 + \nu)]$ и модуля объемного сжатия $K = E/ [3 (1 - 2\nu)]$.

Задание:

1. Вычислить все указанные выше деформационные характеристики горной породы.

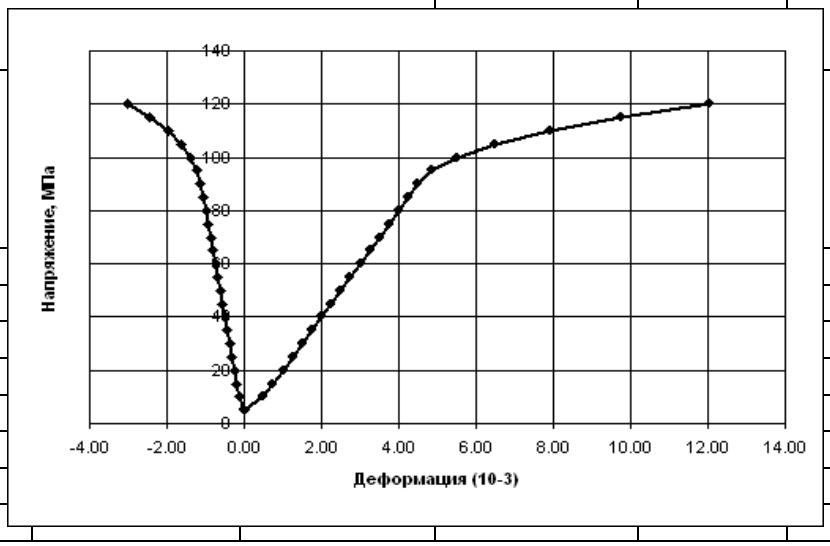
2. Определить удельную энергоемкость разрушения данной породы: $A_{уд} = \sigma^2/2E_{деф}$, Дж/м^3, приняв σ равным предельному значению напряжений, полученному в опыте.

3. Определить удельную энергоемкость разрушения этой же породы в предположении ее идеальной упругости: $A_{уд}^* = \sigma^2/2E$, Дж/м^3.

4. Сравнить результаты и определить потери энергии на пластическое деформирование горной породы: $\Delta A = A_{уд} - A_{уд}^*$; выразить потери в % к $A_{уд}$.

Пример распечатки результатов

	Известняк				
	Напряжение, МПа	**Деформация (10^{-3})**			
		продольная	**поперечная**		
	5	0.000	0.000		
	10	0.500	-0.125		
	15	0.750	-0.188		
	20	1.000	-0.250		
	25	1.250	-0.313		
	30	1.500	-0.375		
	35	1.750	-0.438		
	40	2.000	-0.500		
	45	2.250	-0.563		
	50	2.500	-0.625		
	55	2.750	-0.688		
	60	3.000	-0.750		
	65	3.250	-0.813		
	70	3.500	-0.875		
	75	3.750	-0.938		
	80	4.000	-1.000		
	85	4.250	-1.063		
	90	4.500	-1.125		
	95	4.854	-1.213		
	100	5.503	-1.376		
	105	6.503	-1.626		
	110	7.901	-1.975		
	115	9.738	-2.434		
	120	12.053	-3.013		
***Модуль упругости, ГПа*:**				20.0	
Предел упругости, МПа				90.0	
Модуль пластичности, ГПа				4.0	
Модуль общей деформации, ГПа				10.0	
Модуль сдвига, ГПа				8.0	
Модуль объемного сжатия, ГПа					
Коэффициент Пуассона					



Контрольная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Цель работы – овладение методикой экспериментального определения масштабного эффекта в горных породах применительно к расчетам процессов горного производства.

Масштабным эффектом называется снижение прочности горных пород при увеличении их объема. Поскольку прочность пород определяется в лабораторных экспериментах на образцах заведомо малого размера, а реальные процессы охватывают значительные объемы породного массива, то учет масштабного эффекта необходим для введения соответствующих поправок в расчетные формулы технологии горного производства.

Теоретическая основа

[1] – разделы: 2.10; 5.5; 5.9;

[2] – Лабораторная работа «Построение паспорта прочности горных пород».

Методика эксперимента

1. В соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе производится определение прочности при сжатии и обработка результатов для кубических образцов двух типоразмеров со стороной 2 и 5 см.

2. Найти показатель масштабного эффекта *n*.

3. Записать уравнение масштабного эффекта и построить его график при изменении объема пород от 1 до 20 м^3.

Задание:

1. При проходке выработки площадью поперечного сечения 10 м^2 с помощью буровзрывных работ глубина отбойки породы (уходка за цикл) составляет 2,0 м. С учетом масштабного эффекта определить прочность данного объема исследованной Вами породы.

2. Оценить требуемое количество взрывчатого вещества (ВВ) на 1 м^3 разрушаемой породы (удельный расход ВВ) по формуле:

$$q = 0{,}015\ \sigma_{сж}[\text{МПа}],\ \text{кг/м}^3.$$

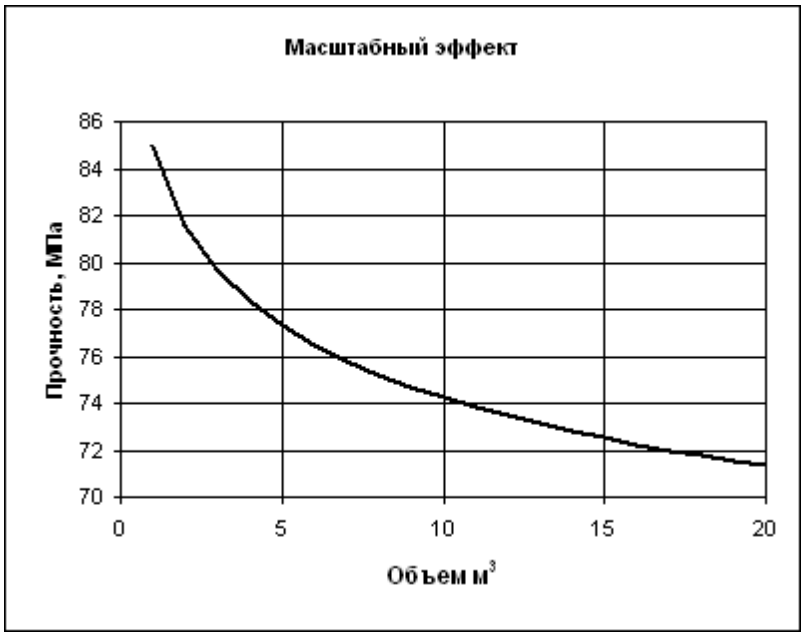
Пример распечатки результатов

ОЦЕНКА МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ГОРНЫХ ПОРОД

Студент:	***Иванов И. И.***

Задание №5

Куб со стороной 2 см			**Куб со стороной 5 см**		
Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа	Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа
4	3.81	95.2	25	18.43	73.7
4	3.16	79.1	25	13.57	54.3
4	2.91	72.8	25	16.31	65.2
4	4.09	102.3	25	18.88	75.5
4	3.20	80.1	25	14.00	56.0
4	3.14	78.4	25	20.09	80.4
4	3.57	89.4	25	20.14	80.6
4	3.73	93.1	25	19.00	76.0
4	3.34	83.5	25	18.63	74.5
4	3.05	76.3	25	18.31	73.2
Среднее		85	**Среднее**		71



Контрольная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОЙ СТРУКТУРЫ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Цель работы – отработка методов исследования и анализа трещинной структуры породных массивов применительно к оценке их прочности и устойчивости.

Трещины разбивают породный массив на отдельные блоки, образующие его иерархическую структуру. Поэтому для проектировании процессов разработки месторождений и определения устойчивости горных выработок особенности трещинной структуры массива нуждаются в количественной оценке.

Теоретическая основа

[1] – раздел 6.1.

Методика эксперимента

1. На обнажении пород (стенках или забое выработки) очерчивается площадка 1 м^2, отмывается от осевшей пыли и производится электронная фотография со вспышкой.

2. При наличии заполненных трещин из них отбираются для последующего анализа пробы материала заполнителя.

3. По полученной фотографии все трещины разбиваются на классы по размерам (желательно в логарифмическом масштабе).

4. Путем накладывания палетки соответствующих размеров ячейки подсчитывается число трещин каждого класса.

5. По полученным данным определяют сводные характеристики трещиноватости массива: концентрацию трещин, их суммарную и удельную поверхность, степень нарушенности и дисперсность.

Задание:

1. По данным задания составить расчетную таблицу и определить выше указанные параметры трещиноватости породного массива.

2. Построить гистограмму распределения трещин по размерам.

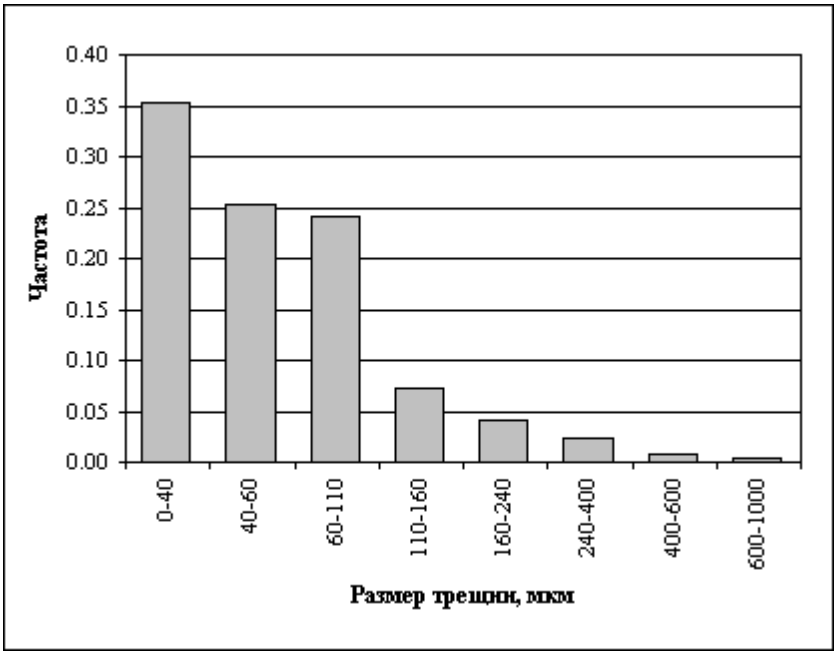
3. Выполнить анализ результатов.

Пример распечатки результатов

Исследование трещинной структуры породных массивов

Студент ***Задание №***

Интервал трещиноватости, мм	**Середина интервала, мм**	**Число трещин**	**Частота n_i**	***mi/li***	***2mi*li***	***mi*li***	***mi*li^2***
0-40	20	97	0.444	22.2062	0.0178	0.0089	0.0002
40-60	50	53	0.243	4.8675	0.0243	0.0122	0.0006
60-110	85	44	0.202	2.3752	0.0343	0.0172	0.0015
110-160	135	12	0.056	0.4117	0.0150	0.0075	0.0010
160-240	200	7	0.030	0.1506	0.0120	0.0060	0.0012
240-400	270	4	0.017	0.0611	0.0089	0.0045	0.0012
400-600	500	1	0.005	0.0109	0.0055	0.0027	0.0014
600-1000	800	1	0.003	0.0037	0.0047	0.0024	0.0019
Сумма:		218	1.0000	30.0869	0.1226	0.0613	0.0089



4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ
(для студентов заочного обучения)

1. Что понимается под структурой и текстурой горных пород и какие их типы можно выделить для горных пород? Кубический образец со стороной 5 см имеет массу 320 г. Определить объемную массу и объемный вес горной породы.

2. Как можно оценить строение массива горных пород по результатам бурения скважин? Горная порода плотностью 2,8 г/см^3 имеет общую пористость 5%. Определить ее объемную массу, удельный и объемный вес.

3. Опишите основные методы укрепления массива горных пород. На кубический образец со стороной 2 м действует сжимающая нагрузка 5 тонн. Построить круг напряжений Мора и определить нормальные и касательные напряжения в площадке, ориентированной под углом 30^0 к плоскости нагружения.

4. Опишите классификацию кристаллов по типам сил связи. Для условий предыдущей задачи (№3) определить минимальные и максимальные нормальные и касательные напряжения. Указать, каким площадкам они соответствуют.

5. Опишите основные виды дефектов структуры кристаллов. В массиве горных пород действуют главные напряжения величиной 50, 30 и 15 МПа. Построить круги напряжений, характеризующие объемное напряженное состояние горной породы и определить величину нормальных и касательных напряжений, действующих в площадке, ориентированной под углом 45^0 к соответствующим осям.

6. Какие типы дислокаций определяют линейные дефекты кристаллов? Опишите механизм их движения и размножения. Определить работу деформирования целика горной породы сечением 1,5х1,5 м и высотой 3 м, если при вертикальном напряжении 25 МПа опускание кровли выработки (деформация целика) составило 30 мм.

7. Какие показатели характеризуют плотностные свойства горных пород? Определить модуль упругости горной породы для условий предыдущей задачи (№6).

8. Опишите различные виды пористости горных пород. Модуль упругости горной породы составляет 35 ГПа и коэффициент Пуассона – 0,25. Вычислить модуль сдвига и модуль объемного сжатия горной породы в Паскалях и кгс/см^2.

9. Охарактеризуйте взаимосвязь нормальных и касательных напряжений в горной породе. Кубический образец горной породы со стороной 5 м при нагревании на 40^0 расширился во всех направлениях на 20 мм. Вычислить коэффициенты теплового линейного и объемного расширения данной породы.

10. Какие деформации соответствуют нормальным и касательным напряжениям в горной породе? Кубический образец горной породы со стороной 5 см имеет прочность при сжатии 120 МПа. После 25 циклов замораживания и отта-

ивания образец разрушился при нагрузке 22 тонны. Является ли данная порода морозостойкой?

11. Как разделяются горные породы по характеру их деформирования? Покажите типичные графики деформации. Определить объем пор в кубическом образце горной породы, если ее общая пористость составляет 4 %, а сторона куба 5 см.

12. Опишите физические основы действия поверхностно-активных веществ на горные породы. Целик высотой 3 м, поддерживающий кровлю выработки, под действием вертикального давления в 30 МПа перешел в стадию незатухающей ползучести. Определить, на сколько миллиметров опустится кровля выработки за первые сутки, если модуль упругости породы – 4 ГПа, период релаксации - $5 \cdot 10^4$с.

13. Как определить работу деформирования горных пород? При разрушении горных пород взрывом получен следующий гранулометрический состав разрушенной породы

Размер кусков, см	0 - 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Масса фракции, т	2	5	15	12	4	2

Построить гистограмму и полигон распределения кусков по размерам.

14. Опишите упругие свойства горных пород и их взаимосвязь. По данным задачи №13 построить кумулятивную кривую грансостава разрушенной породы, определить средний размер куска, коэффициент неоднородности дробления и степень дробления, если объемная масса взорванной породы составляет 2,8 г/см^3.

15. Как распределяются напряжения в горных породах вокруг выработки? Покажите эпюры напряжений. Транспортировка руды осуществляется думпкарами вместимостью 20 м^3. Какова должна быть их минимальная грузоподъемность, если объемная масса руды 3,5 г/см^3 и коэффициент разрыхления – 1,8?

16. Укажите зависимость скорости распространения продольных и поперечных волн от упругих свойств горных пород и размеров образца. При испытаниях горной породы на срез со сжатием в шахтных условиях получены следующие результаты: при углах среза 60; 45; 30 градусов прочность на срез составила, соответственно, 10; 25; 35 МПа. Построить паспорт прочности и определить величину сцепления массива горных пород.

17. Чем определяется и как оценивается затухание упругих колебаний в горных породах? Определить показатель масштабного эффекта, если при испытании кубических образцов горной породы размерами 2 и 4 см их прочность составила соответственно 54 и 38 МПа.

18. Опишите физическую сущность горных ударов и выбросов пород. Определить динамический модуль сдвига горной породы с объемной массой 2,7 г/см^3, если скорость распространения в ней поперечных упругих волн составляет 3800 м/с.

19. Дайте сравнительную оценку статического и динамического методов определения упругих свойств горных пород. При проходке горной выработки сечением 8 $м^2$ продвигание забоя за цикл составляет 2 м. Сколько вагонеток вместимостью 1,5 $м^3$ потребуется для уборки взорванной породы, если ее коэффициент разрыхления – 1,8?

20. Как влияет скорость приложения нагрузки на упругие свойства горных пород и чем определяется различие в величине статических и динамических показателей? Определить величину вертикальных и горизонтальных напряжений в массиве на глубине 800 м, если средний объемный вес пород составляет 2,5 $гс/см^3$ и коэффициент Пуассона – 0,25.

21. Укажите основные критерии прочности горных пород и условия их применения. Построить график деформации упруго-пластичной породы, если ее прочность при сжатии составляет 150 МПа, предел упругости – 100 МПа, а упругая продольная деформация – 0,002 составляет половину от полной (разрушающей). Показать на графике и вычислить величины модуля упругости, модуля пластичности и модуля полной деформации.

22. Опишите существо теории прочности Мора и укажите физическую сущность огибающей предельных кругов напряжений. Глинистая порода с массой минерального скелета 2 кг переходит в пластичное состояние при увлажнении до увеличения массы в 2,3 кг и в текучее – до 2,8 кг. Определить пределы пластичности, текучести и число пластичности данной породы.

23. Опишите процедуру построения паспорта прочности горных пород с его графической иллюстрацией. Вычислить величину основных упругих характеристик горной породы (модули упругости, сдвига, объемного сжатия, коэффициент Пуассона), если известны скорость распространения продольной – 5000 м/м и поперечной – 2800 м/с волны в массиве; объемная масса породы – 2,8 $г/см^3$.

24. Что называется сцеплением и углом внутреннего трения горных пород? Укажите их положение на графике паспорта прочности. Определить количество теплоты, которое выделится в образце породы размерами 50х50х50 см в переменном электрическом поле напряженностью 2000 В/м и частотой 1 МГц, если относительная диэлектрическая проницаемость горной породы – 3,5 и тангенс угла потерь – 0,25.

25. Опишите механизмы пластичности горных пород. Какое количество тепла выделится в кубическом образце горной породы со стороной 20 см в переменном электрическом поле напряженностью 5000 В/м и частотой 15 кГц, если относительная диэлектрическая проницаемость пород составляет 5,6 и тангенс угла диэлектрических потерь – 0,3?

26. Дайте определение предела упругости и модулей упругости, пластичности, полной деформации. Укажите их положение на графике деформации. Вычислить электрическое сопротивление кубического образца горной породы со стороной 20 см, если ее удельное электросопротивление составляет 600 Ом·м.

27. Что называется коэффициентом пластичности и коэффициентом хрупкости, как они связаны с работой разрушения горных пород? Определить максимальный размер горной породы, при котором еще выполняется условие стержня, если скорость продольной волны в ней составляет 4500 м/с и частота колебаний 25 кГц.

28. На основании модели упруго-пластичного тела (модель Максвелла) опишите характерные этапы затухающей и незатухающей ползучести горных пород. Определить величину напряжений на контуре горной выработки, пройденной на глубине 420 м, если средний объемный вес вышележащих пород составляет 2,8 гс/см^3, коэффициент Пуассона – 0,3 и коэффициент концентрации напряжений – 2,2.

29. Дайте вывод основного уравнения реологии и укажите его применимость к процессу ползучести горных пород. При испытании глинистой породы на срез со сжатием при нормальных сжимающих напряжениях σ = 0; 5; 10; 15 МПа получены следующие значения прочности породы на срез, соответственно, τ_C = 3; 10; 15; 16 МПа. Построить паспорт прочности глинистой породы.

30. Что называется релаксацией напряжений и чем она обусловлена в горных породах? При компрессионных испытаниях кубического образца глинистой породы размером 5 см получены следующие данные: при напряжениях 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 кгс/см^2 образец показал продольную деформацию, соответственно, 2; 4; 8; 16 мм. Построить график деформации и определить величину коэффициента сжимаемости глинистой породы.

31. Что понимается под длительной прочностью горных пород? Как она соотносится с ползучестью? Определить нагрузку на прицепное устройство скипа вместимостью 11 м^3 при подъеме полезного ископаемого с объемной массой 3,2 г/см^3, если коэффициент разрыхления составляет 1,8 и собственная масса скипа 11 тонн.

32. Опишите основные горнотехнологические характеристики пород. При динамическом нагружении горной породы ее относительная продольная деформация в 4 раза превышает поперечную. Во сколько раз скорость продольной волны в массиве этих пород больше скорости поперечной волны?

33. Охарактеризуйте методы локального прогноза горных ударов. До какого значения снизятся за двое суток напряжения на контуре жестко закрепленной горной выработки, если начальной напряжение составляет 80 МПа, период релаксации - $4 \cdot 10^5$с.

34. Дайте определение теплоемкости горных пород. Как она зависит от температуры и влажности пород? Разрушение кубического образца горной породы со стороной 5 см произошло при вертикальной нагрузке 8 тонн и боковой – 5 тонн. Определить предельное касательное напряжение, действовавшее в площадке под углом 30^0 к горизонтальной плоскости.

34. Охарактеризуйте механизм передачи тепла в горных породах, дайте определения теплопроводности и температуропроводности. Определить критическую глубину разработки, на которой возникает возможность горных ударов, если прочность при растяжении горных пород составляет 25 МПа, коэффици-

ент структурного ослабления – 0,8, коэффициент концентрации напряжений – 1,8, средний объемный вес пород – 2,5 гс/см^3, а тектонические напряжения в массиве пренебрежимо малы.

36. Опишите тепловое расширение и возникновение термических напряжений в горных породах. На расстоянии 20 м от источника энергия (амплитуда) упругой волны уменьшилась в 5 раз. Определить коэффициент затухания волны для данных условий.

37. Опишите механизм электропроводности горных пород проводников, полупроводников и диэлектриков. Определить удельную работу хрупкого разрушения горной породы, если ее прочность составляет 150 МПа, а модуль упругости – 60 ГПа.

38. Что называется относительной диэлектрической проницаемостью? Как она характеризует поляризацию горных пород? Определить прочность горной породы при одноосном растяжении, если огибающая кругов предельных напряжений принята в виде прямой с углом внутреннего трения 35^0 и величиной сцепления – 40 МПа. Построить паспорт прочности.

39. Опишите основные механизмы поляризации горных пород. Прочность горной породы при одноосном растяжении составила 25 МПа, при одноосном сжатии – 150 МПа. Построить паспорт прочности и определить величину сцепления и угла внутреннего трения данной породы.

40. Что представляют собой диэлектрические потери в горных породах? Модуль пластичности горной породы составляет 25 ГПа, предел упругости – 40 МПа. Определить прочность при сжатии данной породы, если при ее разрушении общая относительная продольная деформация составила 0,0015, а упругая – 0,0005. Построить график деформации.

41. Выведите формулу для расчета процесса нагревания горных пород в переменном электрическом поле. Определить удельную работу разрушения горной породы, если ее прочность составляет 60 МПа, модуль упругости – 4 ГПа, коэффициент пластичности – 2,2.

42. Укажите особенности намагничивания горных пород диа-, пара- и ферромагнетиков. Определить величину сцепления горной породы при линейной огибающей кругов напряжений Мора, если угол внутреннего трения породы 45^0 и разрушение произошло при нормальных и касательных напряжениях, соответственно, 25 и 60 МПа. Построить паспорт прочности.

43. Что называется гранулометрическим составом разрушенных горных пород? Дайте графическое изображение гистограммы и полигона распределения кусков горной породы по размерам. Определить предел упругости горной породы, если ее разрушение произошло при напряжении 35 МПа и относительной пластической деформации 0,002. Модуль пластичности горной породы – 5 ГПа.

44. Укажите основные характеристики гранулометрического состава разрушенных пород. Построить графики зависимости коэффициентов крепости (основного и модернизированного) от прочности горных пород при сжатии в

интервале от 0 до 400 МПа. Оценить разницу в коэффициентах при $\sigma_{сж}$ = 50 и 150 МПа.

45. Что называется коэффициентом разрыхления горных пород, от каких факторов зависит его величина? Рассчитать и показать на графике изменение отношения скоростей продольной и поперечной волн ($C_м/C_S$) при изменении коэффициента Пуассона от 0,1 до 0,5, если все прочие показатели остаются неизменными.

46. Опишите процедуру построения паспорта прочности разрушенных горных пород. Какое количество тепла получит кубический образец горной породы со стороной 4 см нагретый на 20^0, если объемная теплоемкость породы 1,8 кДж/м^{3}К?

47. Как определяются деформационные характеристики разрушенных пород? Какое количество тепла проходит через стержень горной породы сечением 10х10 см за 5 минут при градиенте температур 3 град/м, если коэффициент теплопроводности породы составляет 5 Вт/м·К?

48. Укажите основные принципы и методы борьбы с горными ударами и выбросами. Определить контактную прочность горной породы, если при внедрении штампа диаметром 3 мм разрушающая нагрузка составила 8 кН.

49. Как изменяется состояние глинистых пород в зависимости от их влажности? Вычислить коэффициент хрупкости горной породы с модулем упругости 50 ГПа, если ее общая работа разрушения составила 20 кДж/м^3, а предел упругости – 30 МПа.

50. Опишите механизмы набухания и липкости (адгезии) глинистых пород. Целик горной породы высотой 2,5 м разрушился при напряжении 150 МПа и продольной деформации 8 мм. Вычислить модуль общей (полной) деформации горной породы.

51. Опишите процедуру построения паспорта прочности глинистых пород. Определить объемную теплоемкость горной породы, если на цилиндрическом образце диаметром 6 см, высотой 15 см и массой 1,2 кг определена удельная теплоемкость 700 Дж/кг·К.

52. Укажите существо компрессионных испытаний глинистых пород и деформационные характеристики глин. Определить удельный тепловой поток в горной породе, если перепад температур на 1 м составляет 5^0 и коэффициент теплопроводности – 1,5 Вт/м·К.

53. Как изменяются деформационные характеристики скальных и раздельнозернистых пород при замораживании? Построить график зависимости коэффициента Пуассона от отношения скоростей распространения в горной породе продольной волны в массиве и стержне ($C_м/C_{ст}$) в диапазоне от 1 до 3.

54. Как изменяется прочность влажных горных пород в области отрицательных температур? Определить скорость распространения в массиве пород поперечной волны, если скорость продольной волны составляет 5500 м/с и коэффициент Пуассона – 0,3.

55. Почему свойства массива отличаются от свойств слагающих его горных пород (в образце)? На сколько градусов следует нагреть горную породу

для ее разрушения, если прочность ее составляет 25 МПа, модуль упругости – 40 ГПа и коэффициент теплового линейного расширения - $5 \cdot 10^{-5}$ 1/К?

56. Опишите процедуру построения паспорта прочности массива горных пород по результатам натурных испытаний. Продольная упругая волна в тонком стержне длиной 25 см распространяется за $4 \cdot 10^{-5}$ с. Вычислить динамический модуль упругости горной породы, если ее плотность – 2,5 г/см^3.

57. Что называется масштабным эффектом? Чем он обусловлен в горных породах? Объемная масса горной породы 2,7 г/см^3, модуль упругости – 50ГПа, коэффициент Пуассона – 0,25. Вычислить скорость распространения продольной волны в массиве и стержне данной породы. На образцах какого размера могут быть получены эти данные, если частота упругих колебаний составляет 60 кГц?

58. Укажите общие принципы косвенных методов оценки свойств массива горных пород. Вычислить электрическую емкость 1 м^3 горной породы, если ее относительная диэлектрическая проницаемость составляет 4,5.

59. Как влияет горное давление и влажность на свойства горных пород? При нагружении горной породы до 80% ее прочности ($\sigma_{сж}$ = 150 МПа) относительная продольная деформация составила 0,005. Является ли данная порода потенциально удароопасной, если ее модуль упругости – 40 ГПа и предел упругости – 70 МПа? Проиллюстрировать вывод графиком деформации горной породы.

60. Как оценивается трещиноватость массива горных пород? Горная порода с модулем упругости 16 ГПа разрушилась при напряжении 50 МПа. Определить удельную работу разрушения породы, если ее коэффициент пластичности составляет 1,8.

При выполнении контрольной работы следует выбирать вариант, соответствующий последней цифре номера зачетной книжки.

Вариант	Номера контрольных вопросов и заданий					
0	1	3	10	23	47	50
1	2	17	35	37	49	55
2	16	19	34	36	40	51
3	4	15	20	32	33	48
4	5	21	38	39	52	56
5	6	14	22	27	31	58
6	7	13	25	41	46	57
7	8	12	26	29	42	53
8	9	11	18	28	43	45
9	24	30	44	54	59	60

При оформлении контрольной работы ответы следует располагать в порядке номеров, указанных в задании, переписывая полностью сам вопрос.

Рекомендуемая литература

1. Латышев О. Г., Казак О. О. Физика горных пород: Учебник. – Екатеринбург, Изд УГГУ, 2014. – 277 с.

2. Латышев О. Г., Анохина О. О., Азанов М.А. Физика горных пород. Учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов всех специальностей направления 130400 «Горное дело». – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2010. – 60 с.

3. Латышев О. Г. Физика горных пород. Мультимедийные средства обучения: Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей направления 130400 «Горное дело». – Екатеринбург: УГГУ, 2010.

4. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: Учебник. – М.: Кн. дом «ЛИБЕРКОМ», 2010. – 360 с.

5. Латышев О. Г. Разрушение горных пород. – М.: Теплотехник, 2007. – 672 с.

6. Бушманов Б. Н., Хромов Ю. А. Физика твердого тела. –М.: Высшая школа, 1971. –224с.

7. Баклашов И. В. Геомеханика: - Т.1. Основы геомеханики. –М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 208 с.

8. Барон Л. И. Горнотехнологическое породоведение. Предмет и способы исследований. -М.: Наука, 1977. –324 с.

9. Панюков П. Н. Инженерная геология. – М.: Недра, 1978. – 296 с.

10. Ямщиков В. С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. – М.: Недра, 1982. – 296 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ЗАДАНИЯ

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

№4 Маркшейдерское дело

Форма обучения: очная,
заочная год набора: 2020

Автор(ы) Цейтлин Е.М., доцент, к.г.м.н.,
Студенок Г.А.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Инженерной экологии	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Хохряков А.В.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 17.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения дисциплины «Горнопромышленная экология» студенты должны изучить теоретический материал, выполнить контрольную работу и другие, предусмотренные рабочей программой дисциплины, самостоятельные задания. По окончании изучения дисциплины предусмотрен экзамен.

Занятия по дисциплине «Горнопромышленная экология» проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий.

Цель лекции – формирование основы для последующего усвоения учебного материала.

Цель практических и семинарских занятий – оказание помощи студентам в изучении наиболее важных вопросов учебного курса, углубление и закрепление, систематизация соответствующих знаний студентов по предмету.

При изучении дисциплины «Горнопромышленная экология» важную роль играет самостоятельная работа студентов, которая заключается в организации систематического изучения учебной дисциплины, закреплении и углублении полученных знаний и навыков, подготовке к предстоящим занятиям, а также в формировании культуры умственного труда и самостоятельном поиске новых знаний.

Для успешного изучения дисциплины и приобретения компетенций (см. программу дисциплины) студенты должны посетить аудиторные занятия, повторить материалы лекций, провести подготовку к практическим и семинарским занятиям, самостоятельно прочитать рекомендуемую основную и дополнительную литературу, подобрать и ознакомиться с понятийным аппаратом.

Выбор литературы для изучения делается обычно по программе дисциплины либо путем самостоятельного отбора.

Во время изучения литературы необходимо конспектировать и делать записи прочитанного. Такие записи способствуют лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебниках зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение изменения в законодательстве и тенденции практики. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

Перечень вопросов, подлежащий изучению, приведен в программе курса.

Теоретические знания, полученные в ходе прослушивания лекций, изучения основной и дополнительной литературы, участие в семинарских и практических занятиях позволяют студентам формировать всю полноту и объективность знаний.

Выполняя контрольную работу, другие письменные задания, студент учится самостоятельно работать с основной и дополнительной литературой, выявлять наиболее важные аспекты, углубленно и более детально изучать материалы по дисциплине и расширять свой кругозор.

Практические задачи, составляющие содержание практических занятий, контрольной работы и других письменных заданий, помогут выработать умения и навыки применения теоретических знаний.

Кроме того, студентам предлагается выполнить тест для самопроверки и самоконтроля, ответ на который после изучения отдельных тем курса и курса в целом позволят студенту проверить полученные знания.

При постоянном, последовательном изучении всех тем дисциплины, активной работе на лекциях и практических (семинарских) занятиях студенту удается полностью освоить изучаемый предмет.

Степень и качество освоения курса будет зависеть от самодисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ВИДАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студента состоит из следующих видов работ:

- повторение материалов лекций;
- самостоятельное изучение отдельных тем курса;
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к устному опросу;
- подготовка к докладу;
- работа с порталом электронных образовательных ресурсов;
- работа с литературой и интернет-ресурсами;
- тестирование.

Повторение материалов лекций предполагает их прочтение, запоминание основных терминов и определений, разбор смысла и содержания основных понятий, подготовку (запись) вопросов, которые остались неясными, непонятными. Поскольку не все важные вопросы достаточно полно раскрываются в лекциях, студент должен самостоятельно работать с учебными пособиями, дополняя конспект лекций.

Самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины предполагает чтение основной и дополнительной литературы по соответствующей теме, изучение научных статей и материалов, подготовку конспекта.

Ответы на вопросы для самопроверки и для подготовки к устному опросу позволяют оценить объем теоретических знаний. Ответы на все вопросы позволяют перейти к материалам для практических и семинарских занятий. Если ответить на вопрос затруднительно, следует повторить теоретический материал и найти ответ в лекциях, дополнительной литературе.

Работа с порталом электронных образовательных ресурсов предполагает регулярное использование студентом различных учебно-методических материалов, размещенных на портале.

Работа с литературой и интернет-ресурсами дополняет учебную работу на лекциях и практических (семинарских) занятиях. Для начала рекомендуется изучение тех источников, которые указаны преподавателем, при необходимости следует расширить круг изучаемых источников. Работа с информацией - поиск информации в библиотеке, Интернете, отбор информации для решения конкретной учебной задачи. При работе с интернет-ресурсами следует иметь в виду, что качество некоторых материалов может быть не соответствующим необходимому уровню.

Тестирование позволяет провести проверку знаний отдельных тем курса и всей дисциплины в целом.

Выполнение домашних заданий предусмотрено в следующей форме:

Подготовка к докладу – подготовка доклада на определенную тему, включающего обзор соответствующих литературных и других источников или краткое изложение книги, научной работы, статьи, исследования;

Конкретные виды заданий по дисциплине «Горнопромышленная экология» указаны далее.

Важнейшее требование для всех письменных работ - самостоятельность их выполнения.

Добросовестное выполнение данных методических указаний будет способствовать усвоению знаний, приобретению навыков практической деятельности, формированию указанных в программе учебной дисциплины компетенций.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет **126** часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					95
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1,75 х 36 = 63	63
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	1,5 х 8 = 12	12
3	Подготовка к докладу, сообщению, аналитическому обзору	1 занятие	1,0-2,5	2,2 х 9= 20	20
Другие виды самостоятельной работы					31
4	Тестирование	1 тест по теме	0,1-0,5	0,5 х 8 = 4	4
5	Подготовка к экзамену	1 экзамен		27	27
	Итого:				**126**

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет **168** час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	4 х 8 = 32	32
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-15	8 х 15 = 120	120
3	Подготовка к докладу, сообщению, аналитическому обзору	1 занятие	1,0-3,0	2 х 1,5 = 3	3
Другие виды самостоятельной работы					
4	Тестирование	1 тест по теме	0,1-0,5	0,5 х 8 = 4	4
5	Подготовка к экзамену	1 экзамен		9	9
	Итого:				**168**

Тема 1. Воздействие антропогенных факторов горного производства на подсистемы биосферы.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 1 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 1 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое безотходные технологии?
2. В чём заключается загрязнение окружающей среды от горнопромышленных производств?
3. Какие существуют компоненты земной атмосферы?
4. Назовите основные пути решения экологических проблем.

Задания для тестирования:

*Инструкция***.** Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Как правильно оценивается эффективность экологической охраны окружающей среды?

- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения чистоты продуктивности природной среды, являющейся индикатором здоровья людей и продолжительность их жизни;
- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения и рационального использования природных ресурсов и естественных условий;
- как показатель эколого–социально–экономической прибыли, понимаемый как конечный результат природоохранных мероприятий.

2. Какую роль в управлении и экономическом регулировании экологической охраны природы и окружающей среды играют кадастры и реестры природных ресурсов?

- введение стимулирующих льготных налогов, цен на экологически чистую продукцию;
- дифференцирование взимания платы за пользование природными ресурсами с учетом ренты;
- установление нормативных налоговых и других видов платежей, штрафных санкций за загрязнение окружающей среды.

3. Расставьте по степени снижения их вредного воздействия на окружающую среду виды транспорта:

- ракетно-космический;
- водный;
- авиационный;
- железнодорожный;
- автомобильный;
- трубопроводный.

4. Расставьте в последовательности увеличения экологической нагрузки на окружающую среду объекты топливно-энергетического комплекса:

- ТЭС, сжигающие уголь и горючие сланцы;
- геотермальные электростанции;
- ТЭС, сжигающие нефтепродукты;
- ТЭС, сжигающие газ;
- АЭС, при их безаварийной работе.

5. Что такое экологический фактор?

6. Что представляют собой абиотические факторы?

7. Антропогенные факторы это…

8. Каким геологическим процессам подвергаются отвалы техногенных пород?

а) выветривания;

б) испарению;

в) водной и ветровой эрозии.

9. Какие геохимические изменения природы вод происходят в результате разработки сульфидных месторождений?

а) накопление тяжёлых металлов;

б) условия миграции химических элементов;

в) рассеяние тяжёлых металлов.

10. К каким изменениям приводит разработка месторождений нефти на шельфе?

Тема 2. Взаимодействие природных и техногенных процессов, преобразование вещества и энергии в горном производстве.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 2 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 2 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. *Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:*

1. Как промышленное производство воздействует на окружающую среду?
2. Назовите принципы нормирования техногенного воздействия промышленности на окружающую среду.
3. Какие существуют требования к технологическим процессам горного производства?
4. Какие существуют требования к аппаратному оформлению, сырью, энергоресурсам и готовой продукции?

Задания для тестирования:

*Инструкция***.** Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Выветривание горных пород, связанное с круговоротом воды, называется..

2. Основные горные породы земли и металлы, слагающие земную кору- это..

3. Наибольшую опасность представляет нарушение герметичности сосуда хранения жидкостей 1 и 2 категории (правильный ответ):

А. выше уровня жидкости; Б. ниже уровня жидкости;

В. отказ предохранительного клапана.

4. Взрывом называют:

А. Внезапное высвобождение энергии, сопровождающееся быстрым увеличением давления в ограниченном пространстве;

Б. Внезапное высвобождение энергии, сопровождающееся изменением состояния вещества;

В. Сильный и шумный хлопок, связанный с нагнетанием и сбросом давления.

5.Что из нижеперечисленного является основным поражающим фактором при взрыве?

А. Тепловая энергия;

Б. Ударная волна;

В. Звуковая волна.

6. Какие виды взрывов бывают? (согласно классификации)

7. К легко воспламеняющимся жидкостям относятся …

8. Взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости происходит при(выберите правильный ответ):

А. Разгерметизации сосуда под давлением;

Б. Нахождении сосуда под давлением в зоне пожара;

В. Разлитии воспламеняющегося вещества

9. Физические характеристики токсичных веществ (выберите неправильный ответ):

А. Способность к рассеиванию;

Б. Стойкость;

В. Гидрофильность.

Тема 3. Оценка воздействия на окружающую среду горных предприятий. Разделы ООС и ОВОС в проектной документации.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 3 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

- ознакомиться со следующими нормативно-правовыми документами:

Закон «Об охране окружающей природной среды»	Верховный Совет РФ с изменениями на 27 декабря 2018 года
Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации	Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 N 372. Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.07.2000 N 2302
Закон «Об экологической экспертизе»	Законодательное Собрание РФ

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Что такое оценка воздействия на окружающую среду?
2. В чём заключается государственная экологическая экспертиза?
3. Сколько этапов в себя включает ОВОС?
4. В чём заключается экологическая экспертиза и экологический аудит? В чём их различие?

Задания для тестирования:

*Инструкция***.** Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Что первоначально проводится при проведении ОВОС?

1. Собрание ГЭЭ.
2. Рекогносцировочная оценка.
3. Предварительная проверка.
4. Оценка по проведению ОВОС.

2. Что готовит заказчик/инвестор на любой стадии разработки проектной документации?

1. Информацию о состоянии ОПС.
2. Участников процесса ОВОС
3. Техническое задание.
4. Оценку доходов на предприятии.

3. Что включает в себя предварительная оценка воздействия на окружающую среду?

1. Анализ, проверка, выявление и прогноз.
2. Описание, анализ и характеристика.
3. Характеристика и оценка.
4. Анализ и меры по снижению воздействия

4. Какие разделы предусматриваются в проекте ТЕО?

5. Описание, анализ, характеристика, оценка и меры мы можем отнести к…

6. Сколько этапов содержит, согласно "Положению об ОВОС в РФ", данная процедура?

1.три

2. четыре
3. пять

7. Какой итоговый документ первого этапа ОВОС выдается, согласно "Положению об ОВОС в РФ"?

1. Сводка воздействий на ОС
2. Техническое задание на проведение ОВОС
3. Разрешение на проведение ОВОС

8. Является ли обязательным информирование общественности на первом этапе ОВОС?

1. Да
2. Нет

9. Итогом третьего этапа ОВОС, согласно "Положению об ОВОС в РФ", является…

10. Что не должны содержать материалы ОВОС проектов новых технологий и техники?

1. Характеристику технологического процесса
2. Бизнес-план применения данной технологии
3. Оценку методического подхода к определению и расчёту выбросов (сбросов)
4. Алгоритмы расчёта удельных количеств ЗВ, поступающих в ОС

Тема 4. Охрана атмосферного воздуха в горном производстве, причины, источники и нормирование воздействия, методы очистки.

Тема 5. Охрана поверхностных и подземных вод в горном производстве, причины, источники и нормирование воздействия, методы очистки.

Тема 6. Охрана и рациональное использование недр и земной поверхности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, шахт и карьеров.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 4,5,7 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главы 4,5 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Какие существуют нормативы качества атмосферного воздуха?
2. Перечислите основные источники загрязнения атмосферы от горных проивзодств.
3. Какие существуют инженерные методы защиты воздуха от загрязнений?
4. Что такое рециркуляция газов?
5. В чем заключается смысл создания замкнутых водооборотных систем?
6. Как нормируется качество воды?
7. Какие существуют мероприятия по охране водных ресурсов?
8. Перечислите инженерные методы очистки сточных вод.
9. В чём заключается антропогенное воздействие на ландшафты от горных производств?
10. Что такое почвы? В чём проявляются её свойства?
11. Какие существуют мероприятия по охране земельных ресурсов?

Задания для тестирования:

*Инструкция***.** Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Что не относится к мерам по предотвращению загрязнения воздуха?

а) разбавление метана свежим атмосферным воздухом за счёт общешахтной нагнетательной вентиляции и местной всасывающей;

б) изоляция выработанного пространства;

в) средства индивидуальной защиты шахтёра («самоспасатель»);

в) контроль за состоянием и качеством проветривания;

г) опережающая дегазация пластов;

д) дегазация выработанного пространства;

е) применение горного оборудования во взрывобезопасном исполнении.

2. Что не относится к способам борьбы с рудничной пылью?

а) применение очистных и проходческих комбайнов с крупным срезом стружки;

б) предварительное нагнетание в пласт воды;

в) применение взрывной отбойки патронированными ВВ;

г) орошение забоя;

д) сухое пылеулавливание;

е) связывание пыли полимерами;

ж) применение средств индивидуальной защиты (респиратор).

3. Что не относится к защите гидросферы от загрязнений?

а) механическая очистка сточных и шахтных вод;

б) бурение шпуров и скважин с промывкой;

в) использование коагулянтов и сорбентов;

г) хлорирование;

е) утилизация жидких промышленных отходов;

ж) создание пневмобарьера.

4. Что не относится к защите литосферы?

а) технологии по утилизации и обезвреживанию промышленных отходов;

б) сжигание токсичных отходов;

в) ликвидация воронок обрушения;

г) переработка отходов в шлаковом расплаве;

д) рекультивация карьера и промплощадки рудника (шахты);

е) обеззараживание загрязнённых территорий;

ж) противоэрозионные мероприятия.

5. Какие мероприятия не относятся к изоляции и захоронению отходов?

а) хранение отходов в специальных наземных, слабоуглубленных и подземных сооружениях;

б) размещение отходов в глубоких океанических впадинах с застойными режимами перемещения вод;

в) закладка выработанного пространства;

г) размещение отходов в мощных толщах материковых льдов;

д) преобразование отходов в нейтральное вещество;

е) сжигание, переработка отходов.

6. Что не относится к экологическому воздействию?

а) вентиляция шахт и карьеров;

б) водоотлив и водозабор;

в) осушение месторождений;

г) сооружение отвалов, хвостохранилищ;

д) шум, сейсмика взрывов;

ж) отчуждение и изъятие земель;

з) оформление земельного и горного отвода;

и) добычные работы.

7. Какие техногенные загрязнения окружающей среды могут вызвать «региональную экологическую катастрофу?

8. Наибольший объём среди отходов бурения составляют:

- буровые сточные воды;
- хозяйственно-бытовые отходы;
- буровой шлам.

9. Основой стратегии создания экологически безопасной технологии бурения является:

- безопасный сброс буровых сточных вод в объекты природной среды;
- утилизация отходов бурения;
- применение оборотного водоснабжения.

10. В каких зонах морей самоочищение нефти происходит быстрее:

- в холодных водах;
- в тёплых водах;
- в арктических водах.

11. Что не является конструктивной частью бунового заграждения:

- плавучая часть;
- нефтесборщики;
- экранирующая и балластная части.

12. Наиболее надёжными методами ликвидации нефтяного загрязнения в морях являются:

- биологические методы;
- механические;
- химические.

13. При бурении и эксплуатации геотехнологических скважин наибольшее загрязнение оказывает:

- подземное растворение солей;
- подземное выщелачивание металлов;
- подземная выплавка серы.

14. Какие наиболее дисперсные загрязнители содержатся в буровых сточных водах:

- взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий;
- растворимые минеральные соли;
- коллоидные и высокомолекулярные соединения.

15. К механическим методам очистки буровых сточных вод не относятся:

- центрифугирование;
- адсорбция;
- отстаивание.

16. Для обезвреживания и утилизации отработанного бурового раствора и шлама не применяется следующий метод:

- отверждение;
- электрокоагуляция;
- физико-химическая нейтрализация.

17. Когда должны разрабатываться профилактические мероприятия по минимизации вредного воздействия объектов недропользования на окружающую среду?

1. – в процессе строительства и эксплуатации объекта

2.- при проектировании объекта

3. – после завершения эксплуатации объекта

18. Что контролирует, учитывает и прогнозирует горно-геологический мониторинг на объектах недропользования?

1. – климатические изменения

2. – загрязнение воздушного и водного бассейнов

3. – изменение ландшафта

4. - движение разведанных запасов полезных ископаемых, их погашение, потери и разубоживание.

19. Назовите один из приоритетных принципов геоэкологической экспертизы.

1.– производственная необходимость

2. – экономическая целесообразность

3.- соблюдение технологических норм проектирования и экологии недропользования

4.– корпоративные интересы недропользователей

20.Укажите супертоксичную геохимическую группу элементов:

1.– Cu, Zn, S, Bi, Ag

2. - Ti, Na, K, Ta, Rb, Ca, Si, Nb

3.– Hg, Cd, Tl, Be, U, Rn, радионуклиды Sr и др.

4. – Pb, Se, Te, As, Sb

21. Какая взаимозависимость (корреляции) между величинами потерь и разубоживания?

1. – прямая

2. – обратная

3. – неопределенная

22. Какими показателями выражается регламентация санитарно – защитных зон предприятий при добыче полезных ископаемых?

1. – расстояние, м

2. – площадь, м2

3. – объем, м3

23. Укажите группу минерального сырья с наибольшим размером платежа на ее добычу.

1. – горно-химическое сырье

2.– радиоактивное сырье

3. – нефть, природный газ

4. – черные металлы

5. – цветные и редкие металлы

24. Укажите загрязняющее вещество за сброс, которого в поверхностные и подземные воды плата наиболее высокая:

1. – нефть и нефтепродукты

2. – ртуть

3. – железо

25. Соотнести группы нормативов качества атмосферного воздуха с определениями:

1.	(ПДКр.з.)	А.	Среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия в условиях неопределенного долгого круглосуточного вдыхания
2.	(ПДКс.с.)	Б.	Временный гигиенический норматив сроком на три года, по истечении которого он должен быть пересмотрен или заменен значениями ПДК
3.	(ПДКм.р.)	В.	Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны, которая не должна вызывать у работающего при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования

			непосредственно в процессе работы или в отдельные сроки
	ОБУВ	Г.	Максимальная разовая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест, которая не должна вызывать в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека

26. Дайте определение санитарно-защитной зоне (СЗЗ)….

27. При введении предприятия в эксплуатацию требуются расчеты ПДВ:

а) Для всех компонентов выбросов, входящих в выброс

б) Для веществ, составляющих основную часть выброса

в) Для веществ, опасность которых для жизни и здоровья человека не установлена

г) Верно все

д) Верно б, в.

28. В целях определения критериев безопасности и (или) безвредности воздействия химических, физических и биологических факторов на людей, растения, животных и т.д., а также в целях оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются:

а) Гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха;
б) Экологические нормативы качества атмосферного воздуха
в) Предельно допустимые уровни физических воздействий
г) Временно согласованные сбросы
д) Качественные показатели сбросов

29. В соответствии с федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" под нормированием в области охраны окружающей среды понимается:

а) установление нормативов на эксплуатацию природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот

б) установление нормативов качества окружающей среды

в) установление нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности

г) разработка нормативных правовых документов в области охраны окружающей среды

30. В соответствии с федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" под мониторингом окружающей среды (экологическим мониторингом) понимается:

а) независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований в области охраны окружающей среды

б) система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушений законодательства в области охраны окружающей среды

в) вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности

г) комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Тема 7. Горное производство как источник образования отходов, экологические аспекты обращения с отходами, учёт и отчетность при обращении с отходами.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 6 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 6 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва: БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Какие существуют источники образования и виды деятельности с отходами производства и потребления?
2. Какие основные отходы образуются в результате горного производства?
3. Какие предъявляются требования к обеспечению экологической безопасности при обращении с опасными отходами?
4. Какие существуют классы опасности отходов?
5. Что такое нормативы образования отходов и лимиты на их размещение?

Задания для тестирования:

*Инструкция***.** Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1.Отходы, которые после соответствующей обработки могут быть снова использованы в производстве, называются:

1. Возобновимыми ресурсами.
2. Вторичными ресурсами.
3. Невозобновимыми ресурсами.
4. Оборотными ресурсами.
5. Сбереженными ресурсами.

2. Показатель качества окружающей среды, определяющий максимально допустимое содержание вредного вещества, которое на протяжении длительного времени не оказывает отрицательного влияния на здоровье организма и его потомства, называется:

1. Государственный стандартом.
2. ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия).
3. ГОСТом.
4. ПДК.
5. Нет верного ответа.

3. Разновидность малоотходных процессов - это... , при котором использованная в производстве вода очищается, охлаждается и снова пускается на производственные нужды.

1. Оборотное водоснабжение.
2. Реутилизация.
3. Экономичное водоснабжение.
4. Минимальное водоснабжение.
5. Оптимальное водоснабжение.

4. Какой из источников вносит наибольший вклад в антропогенное повышение в атмосфере концентрации углекислого газа?

1. Извержение вулканов.
2. ТЭЦ.
3. Автотранспорт.
4. Разложение органических веществ почвы.
5. Котельные жилых домов.

5. Ресурсосберегающие технологии – это:

1. Строго фиксированная оплата труда.
2. Использование новых технологических разработок.

3. Минимальные затраты труда и энергии.
4. Строго фиксированные ежемесячные затраты.
5. Нет верного ответа.

6. Сероулавливающие установки в крупных городах позволяют использовать до 90% сернистого газа для производства серной кислоты. Какой принцип учтен в таком производстве?

1. Принцип сверхточных технологий.
2. Принцип исключения.
3. Принцип взаимоприспособляемости.
4. Принцип рециклизации.
5. Принцип неопределенности.

7. Остатки сырья, материалов, полуфабрикатов химических соединений, образующиеся при производстве продукции или выполнении работ, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства:

а) основные отходы;
б) вторичные материальные отходы;
в) отходы потребления;
г) отходы производства;
д) отходы предприятия

8. Складирование твёрдых отходов горного производства осуществляется в качестве:

А) потенциального минерально-сырьевого ресурса
Б) отходов предприятия

9. Рециркуляция, это…

10. Системы классификации отходов подразделены:

а) по отраслевому принципу;
б) по агрегатному состоянию;
в) направлениям использования;
г) все перечисленное

Тема 8. Экономические аспекты воздействия горного производства на окружающую среду.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 9 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главы 10,12,13, 15 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва: БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Как рассчитывается плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу?
2. Что входит в плату за сброс загрязняющих веществ в водные объекты?
3. Какие экологические проблемы проявляются от горного производства?
4. Как рассчитывается плата за размещение отходов?

Задания для тестирования:

*Инструкция***.** Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный может быть один или несколько.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Как соотносятся экология и экономика по затратным статьям:

- прямая корреляционная связь;
- обратная корреляционная связь;
- отсутствие связи (взаимозависимости).

2. Куда поступает плата за пользование недрами?

- на производственные нужды предприятия – недропользователя;
- в бюджет административных управленческих структур;
- на статью соцкультбыта населения.

3. Какое структурное подразделение выдает лицензию на право недропользования, на выбросы, сбросы и размещение твердых отходов?

- Министерство сельского хозяйства РФ;
- Росгортехнадзор;
- Министерство природных ресурсов РФ;
- Министерство образования и науки РФ.

4. С каким понятием связано случайное вредное воздействие на окружающую среду объектами недропользования?

- «парникового эффекта»;
- технического риска;
- роялти.

5. Какие причины конфликтов между бизнесом и охраной окружающей среды?

6. Для чего создается система экологических отходов?

7. Государственное управление в области промышленной безопасности осуществляется через:

А. Лицензирование деятельности;

Б. Платежи за эксплуатацию технических систем повышенной опасности;

В. Систему административной и уголовной ответственности за нарушение правил эксплуатации опасных технологий

8. Декларация безопасности промышленного объекта должна включать следующие сведения (выберите неправильный ответ):

А. Основные характеристики технологических процессов;

Б. Перечень мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

В. Перечень мероприятий по предупреждению и ликвидации экологических последствий чрезвычайных ситуаций;

Г. Сведения о природно-климатических особенностях района размещения объекта.

9. Экологическая экспертиза устанавливает соответствие между:

а) намечаемой хозяйственной деятельностью и экологическими требованиями;

б) существующей деятельностью человека и экологическими требованиями;

в) результатами деятельности человека и экологическими требованиями

10. Как называется предельное количество вещества, разрешаемое к выбросу от данного источника, которое не создает приземную атмосферную концентрацию, опасную для людей, растительного и животного мира?

Для проведения контроля самостоятельной работы студентов применяются: доклад, тестирование; экзамен.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ
(уровень творческой деятельности)

Написать Доклад – подготовить доклад на определенную тему.

Доклад должен включать 3 раздела: 1 - проблемный - практический (анализ, обзор, творческое изложение статей ученых на выбранную тему в научных журналах за два года (текущий и предшествующий), 2 - собственное мнение на выделенную проблему; 3 - список научной литературы по выбранной теме.

Выбор темы осуществляется студентом самостоятельно.

1. Экологические факторы и их действие
2. Экосистемы: структура и динамика
3. Круговорот веществ в биосфере
4. Законы экологии
5. Источники воздействия на природную среду на горнодобывающих предприятиях.
6. Характеристика источников загрязнения литосферы, гидросферы, воздушного бассейна
7. Задачи органов управления охраной и регулированием использования природных ресурсов
8. Технико-эколого-экономическая оценка эффективности использования и охраны минеральных ресурсов при разработке месторождений полезных ископаемых
9. Оценка эффективности использования и охраны земель при добыче и переработке полезных ископаемых
10. Охрана и рациональное использование земель при добыче и переработке полезных ископаемых
11. Рекультивация карьерных выемок, мульд сдвижения и зон обрушения.
12. Водоснабжение горных предприятий. Водопотребление при добыче и переработке полезных ископаемых. Способы подачи воды.
13. Охрана воздушного бассейна от пылегазовых выбросов предприятий. Планирование достижений предельно допустимых выбросов.
14. Утилизация отходов производства.
15. Использование подземного пространства земных недр.
16. Технология экологически замкнутого производства.
17. Принципы утилизации и использования шахтного метана.
18. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выброса.
19. Способы складирования углесодержащих и радиоактивных горных пород.
20. Влияние газопылеобразных отходов на биосферу и климат планеты. 25.Извлечение металлов и других полезных соединений из отходов.

Объем Доклада не более 25 листов. Оформление работы должно отвечать общим требованиям, установленным в университете.

Результат работы представляется на практическом (семинарском) занятии по соответствующей теме.

Требования к докладу на практическом (семинарском) занятии

Студенту предоставляется время для выступления на практическом (семинарском) занятии продолжительностью не более 15 минут: 10 минут - доклад, 5 минут - ответы на вопросы.

Студент представляет доклад в форме компьютерной презентации, выполненной в MS PowerPoint.

Презентация должна иметь:

слайд, содержащий полное название доклада, ФИО автора;

слайд, содержащий четко сформулированную решаемую задачу;

несколько слайдов, описывающих решение задачи;

слайд, содержащий краткие выводы из работы.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оформление самостоятельной работы студента должно отвечать общим требованиям, установленным в университете Положением о требованиях к оформлению Докладов, отчетов по практике, контрольных, курсовых, дипломных работ и магистерских диссертаций.

ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Критерии оценки Доклада – новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста - актуальность темы Доклада; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, нормативными правовыми актами, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений.

Степень раскрытия сущности вопроса - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (привлечены ли наиболее известные работы по теме доклада статистические данные, справки и т.д.).

Соблюдение требований к оформлению - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; соблюдение требований к объёму доклада.

Критерии оценки публичного выступления (защита Доклада) - логичность построения выступления; грамотность речи; глубина выводов; умение отвечать на вопросы; оригинальность формы представления результата; поведение при защите работы *(*манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.).

Критерии оценки презентации - эстетическое оформление; использование эффектов анимации.

Выполнение Доклада и доклад его результатов на занятии оценивается по четырёхбалльной шкале: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Оценка *«отлично»* **-** Доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка «*хорошо*» - Доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка *«удовлетворительно*» - Доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка *«неудовлетворительно*» - Доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

АЭРОЛОГИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4
«Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

Автор: ст. преподаватель Мухин Д.В.

Одобрена на заседании кафедры
Безопасности горного производства
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Елохин В.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 16.03.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико- ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П.

Маркшейдерское дело

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

МАРКШЕЙЕРСКОЕ ДЕЛО

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерское дело: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П.Голубко; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы обучающихся специальность 21.05.04 Горное дело по дисциплине «Маркшейдерское дело».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол №19

© Голубко Б.П.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы обучающегося 6
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 7
2.1. Содержание курса 7
2.2. Контрольная вопросы и задачи 8
Рекомендуемая литература 11

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 252 часов или 7 зачетных единиц. Из них 97 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерское дело» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; решение и защита типовых маркшейдерских задач по отдельным темам курса. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерское дело». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется учебные пособия для решения типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом [2]. Эта учебное пособие программа может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] изучите каждую тему дисциплины,

используйте указанную дополнительную литературу [2]. Консультацию можете получить у преподавателя.

3. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные задачи. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

4. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

5. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в конце каждого раздела учебного пособия [2]. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание курса

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

3. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. РПД общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и

их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служит опрос.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

2.2. Контрольные вопросы и задачи

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Основные задачи маркшейдерского дела.
2. Основная цель маркшейдерских работ.
3. Какие особенности ведения маркшейдерских работ?
4. Какие разделы геодезии необходимо знать для изучения дисциплины?
5. Основные исторические этапы развития маркшейдерии.
6. Какова структура маркшейдерских отделов?

Тема 2: Опорные маркшейдерские сети на карьерах

1. Опорные маркшейдерские сети – цель и задачи.
2. Что является главной геометрической основой всех видов съемки горного предприятия?
3. Назовите исходные пункты для построения маркшейдерских опорных сетей.
4. Кем создаются маркшейдерские опорные сети?
5. Какие основные методы создания опорных сетей?

6. Как закрепляются центры опорных сетей?
7. Какой класс точности координат центров опорных сетей?

Тема 3: Создание съемочных маркшейдерских сетей на карьерах

1. Каковы цель и задачи съемочных маркшейдерских сетей?
2. Кем создаются съемочные сети на карьерах?
3. Назовите основные требования к созданию и реконструкции съемочных сетей?
4. Как подразделяются съемочные маркшейдерские сети?
5. От чего зависит выбор способа создания съемочных сетей?
6. Как закрепляются пункты съемочных сетей?
7. Назовите классические способы создания съемочных сетей.

Тема 4: Маркшейдерская съемка карьеров и отвалов

1. Назовите цель и задачи маркшейдерской съемки на карьерах и отвалах.
2. Какие способы съемки на карьерах и отвалах?
3. Какова периодичность съемки на карьерах и отвалах?
4. В каких масштабах выполняется маркшейдерская съемка на карьерах?
5. Каковы особенности и перспективы аэрофотограмметрической съемки карьеров?
6. Каковы особенности и перспективы наземной фотограмметрической съемки карьеров?
7. Каковы особенности и перспективы маркшейдерской съемки с использованием лазерного сканирования?

Тема 5: Маркшейдерские работы при обеспечении буровзрывных работ

1. Каковы цель и задачи маркшейдерских работ при обеспечении буровзрывных работ?
2. Назовите маркшейдерские работы до производства буровзрывных работ.
3. Какие маркшейдерские работы при производстве бурения взрывных скважин?
4. Назовите маркшейдерские работы после производства взрывных работ в карьере.
5. Какие основные задачи маркшейдера при составлении плана – проекта на буровзрывные работы?
6. Какие способы выноса в натуру взрывных скважин в карьере?
7. Какие способы маркшейдерского контроля глубины и сетки взрывных скважин?

Тема 6: Маркшейдерские работы при проходке траншей

1. Главная цель и задачи маркшейдера при проходке траншей.
2. Какие горно-графические материалы составляются для проходки траншей?
3. Методика расчета элементов параметра траншеи.
4. Способы привязки и выноса в натуру параметров траншеи.
5. Способы задания направления оси и параметров траншеи.
6. Методика расчета уклона трассы траншеи.
7. Маркшейдерский контроль проходки оси и параметров траншеи.

Тема 7: Маркшейдерские работы при дражном и гидравлическом способах разработки

1. Какими методами создаются опорные и съемочные сети на полигонах?
2. Как контролируется процесс строительства драги?
3. Как контролируется процесс добычи песков?
4. Какие способы измерения глубины черпанья драги?
5. Какие способы маркшейдерской съемки на полигонах?
6. Маркшейдерский контроль объемов добычи дражных полигонов.
7. Маркшейдерский контроль объемов добычи гидравлических полигонов.

Тема 8: Применение спутниковой геодезии на карьерах

1. Назовите основной принцип спутниковой геодезии.
2. Какие основные спутниковые системы применяются в маркшейдерии?
3. Какие в области спутниковых технологий маркшейдерских работ существуют схемы?
4. Дайте краткую характеристику навигационных спутников.
5. Что такое сегмент наземного контроля к управлению спутниковой системы?
6. Что такое технология дифференциальной GPS для определения точных координат пунктов?
7. Назовите схемы создания опорных, съемочных сетей и маркшейдерской съемки с использованием спутниковой геодезии.

Тема 9: Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горных предприятиях

1. Основные задачи маркшейдерской службы при рекультивационных работах.
2. Методы планового съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
3. Методы высотного съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
4. Методы прогнозирования нарушенности земной поверхности и планирования работ.
5. Маркшейдерские работы при засыпке отработанных карьеров.
6. Маркшейдерские работы по реализации агрохимического плана.
7. Маркшейдерские работы при рекультивации породных отвалов.

Рекомендуемая литература

1. Голубко Б.П. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2010. –212 с.

2.Голубко Б.П. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2018. – 71с.

Маркшейдерское дело: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П. Голубко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Автор

Голубко Борис Павлович

Корректура кафедры маркшейдерского дела

Подписано к печати

Формат бумаги 60х84 1/16

Печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена С

Лаборатория множительной техники УГГГА

620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Гордеев В.А., Яковлев В.Н.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 6
2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ 10
2.1. Государственный надзор за использованием и охраной недр 10
2.2. Оформление представления горного и земельного отводов 15
3. ОПОРНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 18
4. СЪЕМОЧНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ 25
4.1. Классические способы создания съемочных сетей 27
4.1.1. Плановое съемочное обоснование 27
4.1.2. Высотное съемочное обоснование 45
4.2. Применение спутниковой геодезии на карьерах и разрезах 48
4.2.1. Основные положения спутниковой геодезии 48
4.2.2. Технологии съемок комплексами глобальных спутниковых систем 68
4.2.3. Приборное и программное обеспечение спутниковых съёмок 80
4.2.4. Создание и реконструкция маркшейдерского опорного обоснования 86
4.3. Анализ точности и проектирование маркшейдерских сетей на карьерах 98
4.3.1. Общие положения 98
4.3.2. Накопление ошибок в линейно-угловых ходах 101
4.3.3. Накопление ошибок в высотных ходах 111
4.3.4. Оценка точности геодезических засечек 119
4.3.5. Точность спутниковых геодезических технологий 136
4.3.6. Проектирование и уравнивание маркшейдерских сетей 142
5. СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ 150
5.1. Способ перпендикуляров (ординарный способ съемки) 151
5.2. Тахеометрическая съемка 152
5.3. Стереофотограмметрическая съемка 156
5.3.1. Аэрофотограмметрическая съемка карьеров (аэросъемка) . . . 158
5.3.2. Наземная фотограмметрическая съемка 163
5.4. Лазерное сканирование в карьерах и разрезах 175
5.4.1. Основные положения и технология лазерного сканирования 175
5.4.2. Приборное обеспечение технологии лазерного сканирования 183
5.4.3. Практическое применение систем лазерного сканирования . 196
6. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ 201
6.1. Основные положения 201

6.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов . 206
6.3. Маркшейдерские работы при проходке траншей 210
6.4. Маркшейдерские работы при разбивке и съемке транспортных путей 215
6.5. Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ 217
6.6. Маркшейдерские работы при рекультивации нарушенных земель .222
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 225
Библиографический список 231

ВВЕДЕНИЕ

Открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых по сравнению с подземным имеет преимущества, которые обусловлены специфическими условиями производства. К их числу относятся: системы разработки, позволяющие одновременно проводить горные работы на больших площадях с перемещением значительных объемов горной массы; высокая степень механизации трудоемких работ с использованием высокопроизводительного оборудования; интенсивное подвигание горных выработок; высокая производительность и безопасность труда; низкая себестоимость добычи.

В связи с этим, маркшейдерские работы на карьерах имеют свои особенности. Прежде всего, становится возможным применять высокоэффективные современные методы съемки с использованием геодезических спутниковых систем, проводить съемку при естественном освещении. В то же время, все виды съемок находятся в зависимости от внешних факторов – рельефа местности, метеоусловий. При выборе методики маркшейдерских работ на карьере указанные факторы имеют существенное, а иногда и основополагающее значение.

Маркшейдерские работы на карьере по значимости, трудоемкости и характеру работ подразделяются на три вида: капитальные, основные и текущие. К капитальным относятся крупные работы разового характера, например, создание или реконструкция опорной сети. К основным относятся систематически повторяющиеся работы: построение съемочных сетей; наблюдения за устойчивостью откосов уступов и бортов карьера. К текущим относятся постоянно выполняемые работы: съемка горных выработок (уступов), буровзрывных работ и транспортных путей; определение и учет объемов вскрыши и полезного ископаемого; обеспечение направления проходки траншей; контроль за выполнением плана ведения горных работ.

Маркшейдерские опорные сети на карьерах являются маркшейдерским обоснованием, т. е. геометрической основой, обеспечивающей все виды съемки на территории карьерного поля. По мере строительства и эксплуатации карьера пункты маркшейдерского обоснования утрачиваются из-за нарушения види-

мости между смежными знаками или уничтожения их горными разработками. Работы по созданию, реконструкции и пополнению утраченных пунктов опорных сетей проводятся по техническому проекту, в котором определяется их количество, схема расположения, методика измерений и вычислений. Известно, что данный вид работ требует тщательного анализа фактического состояния маркшейдерских сетей, знания существующих способов их создания применительно к условиям карьера, соответствующего технического и финансового обеспечения.

Данные работы выполняются маркшейдерами предприятия, или по их заданию для выполнения работ привлекаются специализированные организации. Маркшейдер должен овладеть теорией и практикой ведения этих работ, используя учебную и справочную литературу.

Маркшейдерские съемки на карьерах включает определение положения горных выработок и инженерных сооружений относительно пунктов опорных и съемочных сетей с целью нанесения их на план горных работ с точностью и подробностью, обусловленной масштабом съемки.

В предлагаемом учебном пособии обобщен основной материал по организации и выполнению работ, связанных с маркшейдерско-геодезическим обоснованием и производством маркшейдерской съемки при разработке месторождений открытым способом.

Изложены требования, предъявляемые к опорным съемочным сетям и маркшейдерским съемкам, даны схемы, методика измерений и вычислений, а также новые методы спутниковой геодезии. Спутниковые системы находят все большее применение в отечественном геодезическом и маркшейдерском производстве и требуют постоянного информационного и методического обеспечения.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Открытый способ разработки месторождений в России сохраняется как генеральное направление горнодобывающей промышленности для обеспечения топливом и минеральным сырьем потребностей энергетики, металлургии, строительства, сельского хозяйства и др.

Развитие открытых горных работ на основе их интенсификации и повышения производительности осуществляется при создании проектов уникальных карьеров с глубиной разработки до 800 м.

Горные работы в карьерах характеризуются определенным порядком выемки и последующего перемещения полезного ископаемого, вскрышных и вмещающих пород, что определяет конфигурацию и размеры карьерного поля.

Карьер (рис. 1.1) – совокупность открытых горных выработок, посредством которых производят разработку месторождения, одновременно это административно-хозяйственное производственное подразделение, производящее добычу полезного ископаемого открытым способом.

Разрез – название открытых горных работ при разработке угольных месторождений.

Геометрическими элементами карьера (разреза) являются:

уступы - слой толщи пустых пород или руды, разрабатываемый самостоятельными техническими средствами отбойки, погрузки и транспорта;

траншея (капитальная, разрезная) - открытая горная выработка трапецеидального поперечного сечения, обеспечивающая доступ с поверхности к рабочим горизонтам (капитальная), с горизонта на горизонт (разрезная);

откос уступа - наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства;

угол откоса уступа – угол наклона поверхности уступа в плоскости, нормальной к простиранию уступа;

бровка уступа (верхняя и нижняя) – линии пересечения откоса уступа с верхней и нижней площадками (бермами) уступа;

борт карьера - боковая поверхность, ограничивающая выработанное пространство карьера. Различают борта рабочие и постоянные, поставленные в предельное (проектное) положение.

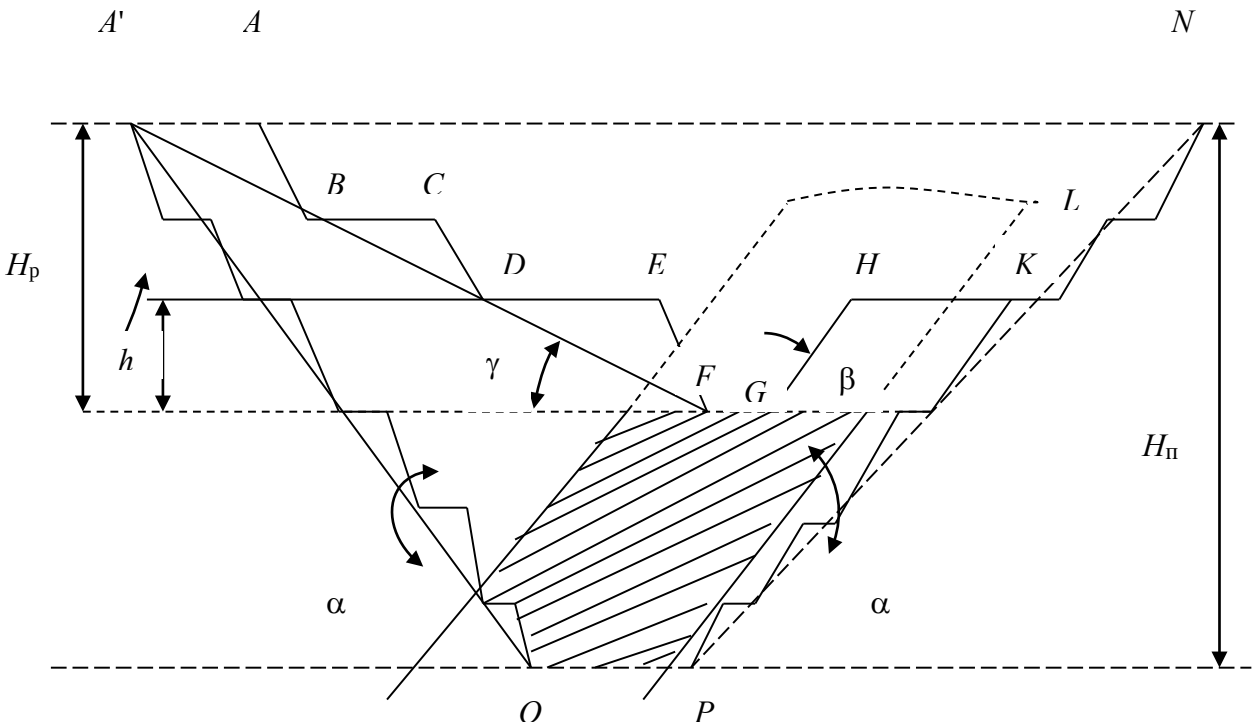


Рис. 1.1. Карьер и его элементы:
A'ABC, BCDE, DEFG – уступы; *EFGH* – разрезная траншея;
AB, CD, EF – откосы уступов; β - угол откоса уступа; *A, B, C, D* – бровки уступов; *BC, DE* – рабочие горизонты; *L* – предохранительная берма;
A'O и *NP* – борта карьера; γ - угол разгона или угол эксплуатации;
α - угол погашения бортов карьера; *h* – высота уступа;
$H_р$ – рабочая глубина карьера; $H_п$ – предельная глубина карьера

Показателем оценки пригодности месторождения к разработке открытым способом, определения экономически целесообразной глубины и планирования горных работ, расчета себестоимости полезного ископаемого служит коэффициент вскрыши.

Под коэффициентом вскрыши понимают количество вскрышных пород, исчисляемое на единицу полезного ископаемого. Коэффициент вскрыши называют "весовым" (т/т) и "объемным" ($м^3/м^3$). Различают следующие виды коэффициента вскрыши: граничный - максимально допустимый по условию экономичности открытых разработок; средний - в пределах конечных контуров карьера или его участка; контурный - в пределах прирезаемого к карьеру одного слоя при увеличении его глубины; текущий - по месяцам, кварталам и годам; слоевой - в границах горизонтального слоя; эксплуатационный - за определенный период эксплуатационных работ в карьере; первоначальный - отношение объема вскрыши за период строительства карьера к

общему объему полезного ископаемого в конечных контурах; текущий (стоимостной) - при текущем планировании объемов вскрыши и производственной себестоимости.

Вскрытие карьерного поля и разработка месторождения - два взаимосвязанных процесса. В зависимости от инженерно-геологических и горнотехнических условий вскрытие карьерного поля осуществляется проведением открытых или подземных горных выработок (табл. 1.1, 1.2).

Таблица 1.1

Элементы системы горных выработок для вскрытия карьерных полей

Горная выработка	Назначение
1	2
Наклонная траншея (внешняя траншея)	Обеспечение связи горизонтов в рабочей зоне карьера с поверхностью или нижележащим горизонтом
Горизонтальная траншея (разрезная траншея)	Создание фронта горных работ на горизонте
Наклонная транспортная берма (внутренняя траншея, съезд, насыпь)	Обеспечение связи между горизонтами внутри эксплуатационного пространства карьера
1	2
Горизонтальная транспортная берма	Связь в пределах горизонта, размещение пунктов примыкания к наклонной трассе транспортных коммуникаций рабочих горизонтов, тупиков и петлевых соединений транспортных путей
Крутая траншея	Связь концентрационного горизонта с поверхностью
Ствол	Связь рабочей зоны глубоких карьеров с поверхностью
Штольня	Связь эксплуатационного пространства нагорных карьеров с поверхностью, на равнинах - со стволом
Рудоспуск	Гравитационная доставка полезного ископаемого на рабочей зоне карьера на транспортный горизонт

Окончание таблицы 1.1

Рудоскат	Гравитационная доставка полезного ископаемого из рабочей зоны карьера к пункту погрузки

Таблица 1.2

Связи систем разработки с вскрытием карьерных полей

Система разработки	Система вскрытия основных горных выработок
Бестранспортная, транспортно-отвальная	Наклонные траншеи и горизонтальные бермы для грузопотоков полезного ископаемого
Экскаватор-карьер	Вскрывающие выработки не требуются
Транспортная: с перевозкой вскрышных пород в выработанное пространство с перевозкой вскрышных пород на внешние отвалы	Наклонные траншеи и горизонтальные бермы для грузопотоков полезного ископаемого, горизонтальные транспортные бермы и насыпи для грузопотоков вскрышных пород Наклонные траншеи и наклонные бермы для грузопотоков вскрышных пород и полезного ископаемого
Комбинированная	Наклонные траншеи, горизонтальные и наклонные бермы для грузопотока вскрышных пород и полезного ископаемого

На карьере может быть два - вскрышной и добычной - или несколько технологических потоков, которые отличаются между собой числом забоев в разрабатываемой зоне карьера и количеством пунктов приема горной массы, а также по их связи между собой.

Главными параметрами карьера являются: границы открытых разработок (геометрические размеры карьера - длина, ширина, глубина); производительность карьера; схема вскрытия карьера; система разработки; геомеханика карьерного поля (устойчивость откосов уступов, бортов карьера, отвалов).

Основным критерием при определении границ открытых разработок является граничный коэффициент вскрыши, на основе сравнения которого с другими видами коэффициента вскрыши определяется предельная глубина и производится оконтуривание карьерного поля.

2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

2.1. Государственный надзор за использованием и охраной недр

Маркшейдерская служба горного предприятия является одной из ведущих структур, обеспечивающих эффективную и безопасную работу по добыче полезного ископаемого. На каждом горном предприятии маркшейдерские работы ведутся в строгом исполнении действующих федеральных законов, инструкций, приказов и правил, на базе которых дополнительно разрабатываются и вводятся внутренние распорядительные документы. Нормативно-правовое маркшейдерское обеспечение недропользования основано на новом законодательстве Российской Федерации, в котором сформулированы основные права и обязанности пользователей недр, требования по рациональному использованию и охране недр, безопасному ведению работ, связанных с пользованием недрами [1, 2].

В основном Законе нашего государства Конституции РФ (статья 9) указано, что «земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории». Недра, среди природных ресурсов, занимают главенствующее место. Недра обладают огромным количеством ценных и весьма ценных ресурсов.

В законе РФ «О недрах», под недрами понимается «часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водостоков, и простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения». Ресурсы недр (гидроресурсы) – это твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые, энергоресурсы и полости естественного и техногенного происхождения в массиве горных пород. Недропользование – это деятельность человека по изучению, использованию и охране ресурсов недр.

В соответствии с общеправовым классификатором отраслей законодательства РФ законодательство о недрах выделено в

самостоятельную отрасль, с включением в ее состав следующих разделов [1]:

общие вопросы охраны и использования недр;

управление в области использования и охраны недр, контроль за охраной и использованием недр;

государственный фонд недр, государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых;

собственность на недра;

пользование недрами, виды пользования недрами, основные права и обязанности пользователей недр, плата при пользовании недрами, конкурсы и аукционы на пользование недрами;

охрана недр;

государственная экспертиза запасов полезных ископаемых;

ответственность за нарушение законодательства о недрах.

Законодательство о недрах основывается на Конституции РФ и состоит из федеральных законов «О недрах» (1992 г.); «О континентальном шельфе» (1995 г); «О соглашениях о разделе продукции» (1995 г.); «О государственном регулировании в области добычи и использовании угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности» (1996 г.), а также Положения о порядке лицензирования пользования недрами (1992 г.).

Дополнительно к этому имеется большое число подзаконных нормативных правовых актов исполнительной власти субъектов РФ. Для выполнения требований указанных выше законов и актов с целью эффективного и безопасного недропользования необходимо обеспечить [1]:

государственный контроль и надзор за рациональным использованием и охраной недр;

государственный контроль и надзор за промышленной безопасностью недропользования;

государственный контроль и надзор за экологической безопасностью недропользования;

правовое регулирование условий предоставления геологического, горного и земельного отводов.

На маркшейдерскую службу горного предприятия возлагаются ответственные государственные задачи:

строгое соблюдение государственных интересов при пользовании недрами, предупреждение всякого рода проявлений хищнического подхода к использованию недр. В соответствии с законодательством РФ недра и содержащие в них ресурсы являются государственной собственностью;

высококачественное и своевременное выполнение маркшейдерских работ, обеспечивающих полное и комплексное освоение месторождений на всех этапах его развития от поиска и разведки до ликвидации (консервации) горного предприятия, а также эффективного и безопасного ведения горных работ.

Уже более 30 лет существует Международное общество по маркшейдерскому делу (ИСМ), которое является объединением специалистов маркшейдеров в рамках негосударственной организации ЮНЕСКО и постоянным членом Всемирного горного конгресса, осуществляющее свою деятельность, как самостоятельная международная организация в соответствии с утвержденным Уставом ИСМ. В Уставе ИСМ дано определение понятия «маркшейдерское дело» как отрасль горной науки и техники, занимающаяся комплексом измерений, вычислений и геометрических построений всех видов для сбора и документирования данных, выполненных на всех стадиях поиска, разведки МПИ, их добычи открытым и подземным способами, а также строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых. На современном уровне развития горного производства маркшейдерию следует считать главной составляющей системы недропользования, при этом развитие непосредственно маркшейдерии как науки следует рассматривать в двух направлениях:

качественное изменение в технике и методике производства маркшейдерских работ с внедрением новейших приборов, оборудования и ГИС технологий;

разработка и внедрение нормативных правовых и инструктивных документов, обеспечивающих эффективную деятельность маркшейдерской службы горных предприятий.

Все это должно обеспечить полное и комплексное использование недр, промышленную и экологическую безопасность недропользования.

Правовое положение маркшейдерской службы в Российской Федерации (права, обязанности, ответственность) определено Законами РФ «О недрах», «О лицензировании отдельных видов деятельности» (2001 г.), «Положением о лицензировании Деятельности по производству», утвержденным постановлением Правительства РФ от 04.06.2002 № 382 и «Правилами охраны недр» ПБ 07-601-03 (2003 г.), утвержденными Госгортехнадзором России, введенными с 29.06.2003. Постановлением Госгортехнадзора России от 22 мая 2001 г. № 18 утверждено «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр» (РД 07-408-01).

В этом положении определены:

требования к осуществлению маркшейдерского обеспечения промышленной безопасности и охраны недр;

функции служб главного маркшейдера;

требования к составлению положений о маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр.

Производство маркшейдерских работ и раньше, и в настоящее время регламентируется Инструкцией по производству маркшейдерских работ, утвержденной постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.03 г. № 73, к введенной в действие с 29.06.03 г.

Инструкция является обязательной для всех организаций, независимо от их организационно – правовых форм и форм собственности, индивидуальных предпринимателей, осуществляющих проектирование, строительство, эксплуатацию, консервацию и ликвидацию объектов по добыче и переработке полезных ископаемых, а также объектов пользования недрами в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, на территории Российской федерации и в пределах ее континентального шельфа и исключительной экономической зоны Российской федерации [3].

В инструкции изложены технические требования и указания:

по производству маркшейдерских работ на земной поверхности (на территории производственно – хозяйственной деятельности предприятия);

при открытом и подземном способах разработки месторождений;

при разработке месторождений углеводородного сырья;

при строительстве горных предприятий;

по составлению и ведению маркшейдерской документации.

Составление и ведение маркшейдерской документации регламентируется Федеральными законами: «О недрах» и «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (2006 г.). По первому закону пользователь обязан обеспечить ведение маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность; по второму – маркшейдерская документация является информационным ресурсом. В Законе указано, что информационные ресурсы могут быть государственными и негосударственными и как элемент состава имущества находится в собственности граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и общественных объединений. Этот Закон способствует значительному повышению ценности маркшейдерской документации, придавая ей в определенных условиях статус товара [1].

Все вышесказанное раскрывает нормативно – правовую основу маркшейдерского обеспечения недропользования и рационального использования недр. В тоже время рациональное использование недр это комплексная проблема и ее решение возможно в совместном изучении следующих направлений: геологического, горнотехнологического, экономического, экологического и организационного.

Законом РФ «О недрах» (раздел V) предусмотрено платное пользование ресурсами недр. Порядок и условия взимания платежей за пользование недрами с учетом вида полезного ископаемого, количества и качества запасов, природно-географических, горно-технологических и экономических условий освоения месторождения устанавливаются Правительством РФ.

Для горнодобывающего предприятия окончательные размеры этих платежей устанавливаются при предоставлении лицензии на пользование недрами.

В Законе РЭ «О недрах» (ст. 51) указан ряд правовых норм, предусматривающих уголовную и административную ответственность за нарушение законодательства и возмещения вреда,

причиненного пользователю недр или государству в процессу недропользования. Возмещение вреда подлежит за счет собственных средств пользователя недрами.

2.2. Оформление представления горного и земельного отводов

В соответствии с лицензией на право добычи полезных ископаемых на основании Закона РФ «О недрах» горному предприятию предоставляется участок недр в виде горного отвода.

Министерством природных ресурсов РФ (07.02.1998) и Госгортехнадзором РФ (31.12.1997) утверждена «Инструкция по оформлению горных отводов для разработки месторождений полезных ископаемых». Субъекты РФ могут устанавливать иной порядок предоставления горных отводов для разработки общераспространенных полезных ископаемых. Порядок предоставления горных отводов нефтегазовых месторождений устанавливается «Инструкцией о порядке предоставления горных отводов для разработки газовых и нефтяных месторождений» утвержденной Госгортехнадзором РФ 11.09.1996 г.

Согласно закону РФ «О недрах» под горным отводом понимается участок недр, представленный в виде геометризированного блока недр в соответствии с лицензией для добычи полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых и образования особо охраняемых геологических объектов.

При получении лицензии на пользовании недрами устанавливаются предварительные границы горного отвода. После разработки технического проекта, согласования его с органами государственного горного надзора, охраны окружающей среды документы, определяющие уточненные границы горного отвода с ведомостью координат угловых точек, включаются в лицензию в качестве неотъемлемой составной части.

Проекты горного отвода для разработки месторождений полезных ископаемых составляют организации, имеющие лицензию на проектирование горных производств. Проект горного отвода включается в состав технического проекта разработки ме-

сторождения специальным разделом «Обоснование границ горного отвода».

Проект горного отвода и прилагаемые к нему документы подписывает руководитель, главный маркшейдер и главный геолог горного предприятия, испрашивающий горный отвод, главный инженер проекта и руководитель проектной организации. Органы государственного надзора пользования недр рассматривают проект горного отвода и выносят соответствующее решение. При положительном решении границы горного отвода считаются уточненными.

В состав документов, подтверждающих уточненные границы горного отвода входят: горно-отводной акт и графическая документация, включающая топографический план с ведомостью координат угловых точек границы горного отвода, структурные карты и разрезы.

Лицензии на пользование недрами представляются только после получения предварительного согласования органа управления земельными ресурсами, либо собственника земли на отвод соответствующего земельного участка для целей недропользования.

Получение земельных участков во временное пользование или их изъятие осуществляется в соответствии с земельным законодательством РФ и республик в состав РФ, а также правовыми актами краев, областей, автономных образований.

Под земельным отводам понимается земельный участок, предоставляемый после получения горного отвода для проведения работ, связанных с пользованием недрами.

Для получения земельного отвода горное предприятие обращается в органы исполнительной власти, в чьем ведении находится данный земельный участок. Величина земельного отвода может изменяться как в сторону увеличения при получении в пользование новых земель в период эксплуатации и реконструкции предприятия, так и в сторону уменьшения при возвращении неиспользованных и рекультивированных земель.

В общей площади земельного отвода выделяют группы участков земли в зависимости от их предназначения (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Подразделение участков земли в зависимости от их предназначения

Предназначение участка земли	Форма пользования земельным участком
Производство горных работ	временное
Внешние отвалы, хвостохранилища	долгосрочное
Размещение основных технологических и вспомогательных промсооружений: водозаборных, складов ВВ, внутриплощадных коммуникаций и т. д.	постоянное или временное долгосрочное
Строительство поселков горных предприятий, зданий и сооружений для нужд горных предприятий	постоянное
Размещение различных коммуникаций линейного типа: железных и автомобильных дорог, линий электропередач, связи, водопроводов, канализации, отопления и др.	постоянное или временное в зависимости от сроков эксплуатации

3. ОПОРНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Геометрической основой для производства всех видов съемки (маркшейдерской, геологической, геодезической и топографической) на земной поверхности и в карьере служат: государственные геодезические сети (триангуляция, полигонометрия, трилатерация 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов); сети сгущения (триангуляция, полигонометрия 1-го и 2-го разрядов) и высотные сети I, II, III и IV классов [3].

Государственная геодезическая сеть обеспечивает распределение координат на территории государства и является исходной для построения других сетей.

Работы по созданию маркшейдерских опорных геодезических сетей на карьере выполняются по согласованию и разреше-

нию Госгеонадзора. В качестве исходных пунктов для построения опорных сетей служат пункты государственной геодезической сети и сети сгущения.

Координаты и высоты всех видов опорных сетей вычисляются в принятых в стране системах координат в проекции Гаусса и в Балтийской системе высот.

Наибольшее распространение на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия в качестве опорных сетей находят сети 4-го класса, сети сгущения 1-го и 2-го разрядов и нивелирование III и IV классов, создаваемые на основе пунктов государственной геодезической сети путем перехода от общего к частному (от высшего разряда к низшему). В табл. 3.1 приведены характеристики опорных сетей 4-го класса и сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов.

В случаях, когда привязка ходов полигонометрии к пунктам государственной геодезической сети выполняется с использованием светодальномеров, длины примычных сторон хода могут быть увеличены на 30 %.

Таблица 3.1

Характеристики опорных сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов

Элементы характеристики	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
1	2	3	4
Триангуляция			
Длина стороны треугольника, км, не более	5	5	3
Минимально допустимая величина угла, град:	20	20	20
- в сплошной сети			
- связующего в цепочке треугольников	-	30	30
- во вставке	-	30	20
Число треугольников между исходными сторонами или исходным пунктом и исходной стороной, не более	-	10	10
Минимальная длина исходной стороны, км			

	-	1	1
Средняя квадратическая погрешность измерения углов, вычисленная по невязкам треугольников, с	2	5	1
Предельная невязка в треугольнике, с	8	20	40
Относительная погрешность исходной (базисной) стороны, не более	1:200000	1:50000	1:20000
Относительная средняя квадратическая погрешность определения длины стороны в наиболее слабом месте, не более	-	1:20000	1:10000
Полигонометрия			
Предельная длина хода, км:	10	5	3
- относительного			
- между исходной и узловой точками	7	3	2
- между узловыми точками	5	2	1,5
Предельный периметр хода, км	30	15	9
Длина сторон хода, км			
- наибольшая	2	0,8	0,35
- наименьшая	0,25	0,12	0,08
- средняя расчетная	0,50	0,30	0,20
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Предельная относительная невязка хода	1:25000	1:10000	1:5000
Средняя квадратическая погрешность измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах), с	2	5	10

Окончание табл. 3.1

Угловая невязка хода или полигона, не более, с, где n – число углов в ходе или полигоне	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Полигонометрия с использованием электронных тахеометров и светодальномеров			
Предельная длина отдельных полигонометрических ходов в зависимости от числа сторон (n) в ходе, км:	8 при n=30 10 при n=20 12 при n=15 15 при n=10 20 при n=6	10 при n=50 12 при n=40 15 при n=25 20 при n=15 25 при n=10	6 при n=30 8 при n=20 10 при n=10 12 при n=8 14 при n=6
Наименьшая длина сторон хода, км:	0,25	0,12	0,08

Средняя квадратическая погрешность измерения длины стороны	До 500 м-2 см от 500 до 1000 м – 3 см свыше 1000 м 1:40000	До 1000–3 см свыше 1000 м 1:3000	До 1000 м – 5 см

Число угловых и линейных невязок, близких к предельным во всех видах сетей, не должно превышать 10 %. Допускается увеличение длин ходов полигонометрии 1-го и 2-го разрядов на 30 % при условии определения дирекционных углов сторон хода с точностью 5 - 7" не реже чем через 15 сторон и не реже чем через 3 км.

Расстояние между пунктами параллельных полигонометрических ходов 1-го разряда, по длине близких к предельным, не должно быть менее 1,5 км. При меньших расстояниях ближайшие пункты связываются ходом того же разряда.

Предельная длина хода для всех сетей, прокладываемых с использованием электронных тахеометров и светодальномеров, должна быть равна:

для ходов между исходным и узловым пунктами 2/3 отдельного хода, определенного от числа сторон (*n*);

для ходов между узловыми пунктами 1/2 отдельного хода;

при уменьшении числа сторон (*n*) отдельного хода соответственно 2/3 и 1/2.

Предельная длина сторон при измерении электронными тахеометрами и светодальномерами не устанавливается, но необходимо избегать перехода от наименьших сторон к максимальным.

Опорные сети обеспечивают распространение геометрической основы на территории карьерного поля и являются исходными для построения съемочных сетей и маркшейдерской съемки всех видов работ на земной поверхности и в карьере.

Плотность опорных сетей определяется количеством пунктов на 1 км^2 и должна быть доведена сетями сгущения не менее чем до 4-х пунктов на застроенных территориях, а на незастроенных - до 1 пункта. Исходными пунктами для сетей сгущения 1-

го разряда служат пункты государственной геодезической сети 1-4-го классов, а для сетей 2-го разряда - пункты 1-4-го классов и сети сгущения 1-го разряда (рис.3.1).

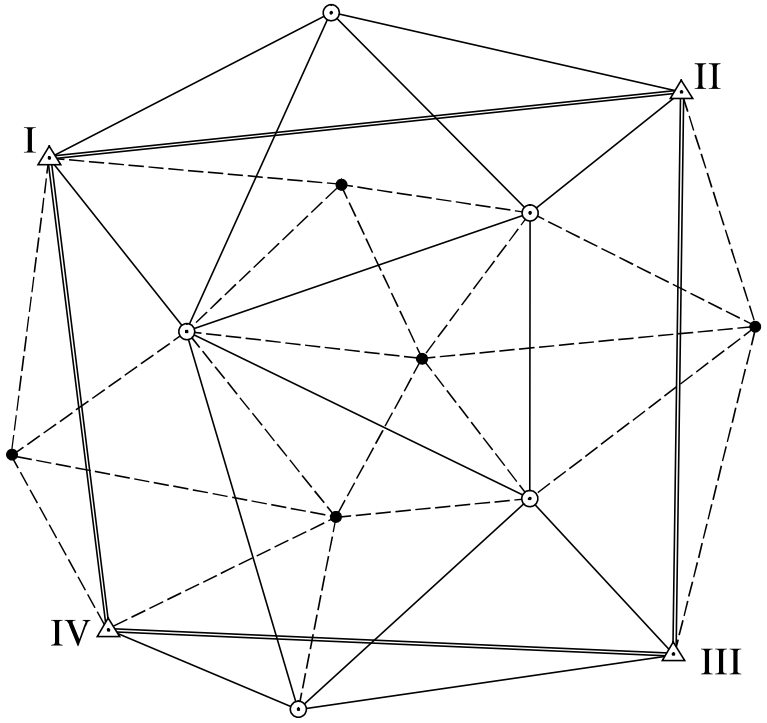


Рис. 3.1. Схема опорных сетей на карьере:

△ - пункты государственной геодезической сети 1-4-го классов,
⊙ - пункты опорных сетей 1-го разряда,
● - пункты опорных сетей 2-го разряда

Порядок и производство работ сетей 4-го класса изложены в инструкции по их производству. Измерение углов в триангуляции 1-го и 2-го разрядов производится круговыми приемами теодолитами класса Т2, Т5 с соблюдением допусков, приведенных в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Допуски измерения углов в триангуляции 1-го и 2-го разрядов

Показатели	Теодолит Т2		Теодолит Т5	
	1-й разряд	2-й разряд	1-й разряд	2-й разряд
Число приемов	3	2	4	3
Предельная невязка при замыкании горизонта, сек	8	8	12	12
Предельная невязка в направ-				

лениях из разных приемов, сек	8	8	12	12

Опорные сети, создаваемые методом полигонометрии, строятся в виде замкнутых, разомкнутых и висячих, а по форме вытянутых и ломаных ходов, опирающихся на исходные пункты (пункты с известными координатами). Группа ходов одного разряда точности, пересекающихся в узловых точках и уравниваемых совместно, называется системой. Система замкнутых ходов называется системой полигонов: свободной при наличии одного исходного пункта и одной исходной стороны и несвободной при наличии нескольких исходных пунктов и сторон. Система незамкнутых ходов называется системой с узловыми точками (пунктами) с одной, двумя и большим числом узловых точек.

Полигонометрия 4-го класса определяется относительно пунктов сетей высших классов в виде одиночных ходов или систем с узловыми точками. Сети 4-го класса как самостоятельные строятся для обоснования на застроенных территориях площадью 5-50 км^2. Сети 1-го и 2-го разрядов строятся в виде сетей сгущения относительно пунктов 1-4-го классов (отдельные ходы и системы с узловыми точками) и самостоятельно на застроенных территориях площадью 2,5-5 км^2.

Пункты опорных сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разряда закрепляются долговременными и частично временными знаками. Долговременные знаки закрепляются на отдельных участках группами не менее трех подряд и в местах узловых точек. Временные пункты в виде железных труб и стержней длиной 0,5-1,0 м забиваются в твердый грунт и окапываются канавкой. На пунктах 4-го класса и 1-го разряда устанавливаются наружные геодезические знаки в виде простых пирамид и сигналов. На пунктах 2-го разряда допускается устанавливать вехи. Конструкции наиболее распространенных центров и знаков приведены в справочной литературе и представляют собой, как правило, забетонированный металлический штырь диаметром 25-30 мм, зазубренный или загнутый в нижней части в виде крючка. В головке штыря высверливается отверстие, наносится керн или крестообразная насечка, фиксирующие центр пункта. Допускается керн зачеканивать медной проволокой.

С учетом разнообразия маркшейдерских работ на карьере и их объемов на территории каждого из них, в зависимости от размеров и глубины разработки, должно быть не менее двух пунктов опорной сети, а на крупных - трех пунктов.

Создание опорных сетей проводится на стадиях разведки месторождения, проектирования и строительства карьера. В период эксплуатации, по мере развития горных работ, часть пунктов уничтожается и требуется периодическое пополнение опорной сети.

При построении опорных сетей, при планировании работ по ее пополнению и реконструкции руководствуются следующими требованиями:

пункты должны располагаться в таких местах, откуда видна большая часть территории, на которой ведутся горные работы;

число пунктов должно обеспечивать определение в любом месте карьера пунктов съемочной сети;

место заложения пунктов выбирается с учетом наиболее длительного срока их сохранности, наиболее близкого расположения от неподвижных бортов, перспектив развития горных работ и рекультивации земель;

наружные знаки пунктов, как правило, не должны иметь редукций, чтобы не вводить поправки в измеренные направления.

Высотные опорные сети на карьерах, как было сказано выше, создаются нивелированием III и IV классов, отметки которых определяются от сетей I и II классов соответственно в единой Балтийской системе высот на всей территории страны [2].

Сети нивелирования III и IV классов прокладываются для высотного обеспечения маркшейдерских съемок и решения инженерных задач внутри полигонов высшего класса в виде отдельных ходов или полигонов, опирающихся на исходные реперы, или в виде систем (линий) с узловыми пунктами.

Нивелирование III класса выполняется в прямом и обратном направлениях. Нивелирование IV класса производится в одном направлении. Программа и порядок наблюдений на станции проводится с соблюдением требований инструкции по нивелиро-

ванию данного класса. Основные показатели нивелирования III и IV классов приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Характеристика высотных опорных сетей, нивелирование III и IV классов

Показатели	III класс	IV класс
Периметр полигона, длина линий, не более, км	150	50
Допустимая невязка в полигонах и по линиям, мм	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$
Увеличение трубы нивелира, не менее, крат	30	25
Тип нивелира	Н3, Н3К	Н3, Н3К
Тип рейки	Штриховые, шашечные 3-метровые двухсторонние	Шашечные, 3-метровые, двухсторонние
Длина визирного луча, м	75 - 100	100 - 150
Допустимое неравенство плечей визирных лучей, м	2	5
Высота визирного луча над земной поверхностью, не менее, м	0,3	0,2
Допустимое расхождение превышений $\alpha_{доп} \le h_{пр} - \eta_{обр}$, мм, где α - периметр полигона или длина линии, км.	$10\sqrt{\alpha}$	$20\sqrt{\alpha}$

При решении инженерных задач на промышленных и строительных площадках нивелирование III и IV классов проводится по особой программе. В этом случае уменьшается длина хода и увеличивается частота установки знаков. Длина линий нивелирования III класса не должна превышать 10 км на застроенных и 15 км на незастроенных участках. Длина линий нивелирования IV класса не должна превышать 4 км между пунктами высшего класса и 2 км - между узловыми точками. Периметры полигонов в сетях нивелирования IV класса в этом случае не должны превышать 12 км. Линии нивелирования закрепляются на местности постоянными знаками (грунтовыми, скальными и стенными реперами), конструкции которых выбираются в соответствии с требованиями инструкции по нивелированию. В качестве временных знаков нивелирования могут быть включены пункты плановой сети.

Опорные сети на карьерах (плановое и высотное обоснование) следует выполнять так, чтобы их результаты могли быть использованы по возможности на всех стадиях разработки месторождения. Целесообразно для выполнения этих работ привлекать специализированные организации или подразделения. Работы по созданию и реконструкции опорных сетей ведутся в соответствии с проектом, который составляется на картах масштабов 1:10000 - 1:25000. Проект на эти работы согласовывается с главным маркшейдером предприятия - заказчика, который осуществляет приемку работ. Заказчику передается каталог координат и высот пунктов. Маркшейдерская служба карьера обязана вести журнал учета состояния опорной сети. Контроль за своевременным выполнением и качеством работ возлагается на маркшейдерскую службу вышестоящей организации. Государственный надзор осуществляют органы Ростехнадзора.

4. СЪЕМОЧНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ

Съемочными маркшейдерскими сетями на карьерах называют сети пунктов, равномерно расположенных на поверхности и внутри карьера, используемых для съемки горных выработок и решения различных горнотехнических задач. Съемочные сети создают на основе пунктов опорных сетей. Число пунктов съемочных сетей состоит из основных пунктов и определяемых в дополнение к ним съемочных точек. Определение пунктов и точек съемочного обоснования в пространстве включает расчет плановых координат и высотных отметок. Как правило, решение этих двух независимых задач осуществляется одновременно.

Выбор способа и схемы расположения пунктов и точек съемочного обоснования зависит от размеров, конфигурации, глубины карьера, системы разработки и рельефа местности. Количество пунктов съемочного обоснования, включая и пункты опорных сетей, на карьере может быть различным, и число их определяется исходя из методов и масштаба съемки. Количество основных пунктов определяется в процессе рекогносцировки, съемочных точек в процессе съемки, в зависимости от способа и масштаба съемки и сложности контуров, но во всех случаях

должно быть обеспечено соблюдение оптимальных параметров применяемого метода съемки, например, удаленность прибора до снимаемого объекта (пикета) при тахеометрическом методе съемки.

Средние квадратические погрешности положения пунктов съемочного обоснования относительно ближайших пунктов опорных сетей не должны превышать 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки при определении плановых координат и 0,2 м по высоте [3].

Съемочная сеть на карьерах закрепляется постоянными и временными центрами. Постоянные центры (основные пункты) закрепляются в местах, обеспечивающих длительную их сохранность для многократной съемки. К таким местам относятся нерабочие уступы, старые устоявшиеся внутренние и внешние отвалы. Временные центры (съемочные точки) закрепляются в границах рабочей части карьера, в том числе на рабочих уступах и на новых отвалах, и используются для небольшого количества съемок. Конструкция постоянных знаков представляет собой металлический центр (труба, рельс, стержень), забетонированный в скважину или в котлован на глубину, превышающую глубину промерзания на 0,5 м, но не менее 1 м. Центры временных знаков - забивные из металла или деревянных кольев - в зависимости от крепости пород забиваются вровень с поверхностью земли на глубину 0,2 - 0,5 м.

4.1. Классические способы создания съемочных сетей

4.1.1. Плановое съемочное обоснование

Для определения плановых координат постоянных и временных центров съемочного обоснования на карьерах существует несколько способов, которые можно разделить на две группы. Первая - широко распространенные способы, применяемые практически для любых горнотехнических условий: аналитические сети (в виде цепочки треугольников триангуляции, трилатерации), теодолитные ходы, геодезические засечки, полярный способ. Вторая группа для специфических условий, применение которых ограничено рельефом местности, геометрическими разме-

рами и формой карьера: разбивка прямоугольной сетки и профильных линий, аналитическая пространственная фототриангуляция. В ряде случаев применяют комбинацию из нескольких способов.

Аналитические сети при использовании методов триангуляции, трилатерации представляют или цепочку треугольников (рис. 4.1 пункты: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), опирающихся на пункты маркшейдерской опорной сети 1 и 2, или построение центральных систем, геодезических четырехугольников, вставок в углы, в треугольники и других типовых фигур.

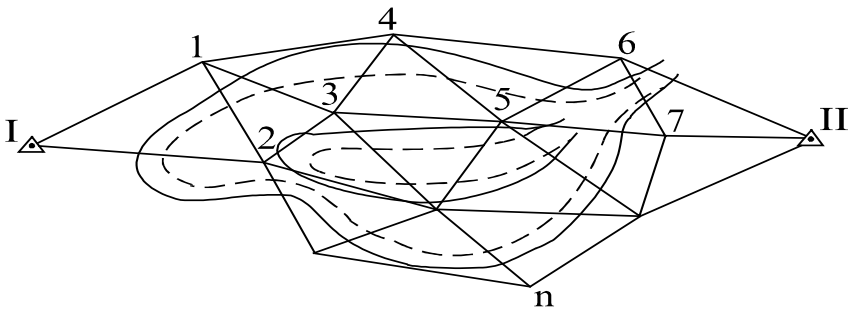


Рис. 4.1. Схема аналитической сети съемочного обоснования:
I, II – пункты опорных сетей; 1, 2,…, *n* – пункты съемочного обоснования

Предельная длина цепочки треугольников между исходными пунктами не должна превышать 1,5; 3,6 и 6,0 км при съемке в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000 соответственно [3]. В цепочках треугольников допускается определять не более 7 пунктов, сторона треугольника принимается не более 1000 м.

Треугольники должны быть по возможности равносторонними с углами не менее 30° и не более 150°, длиной сторон от 150 до 1000 м.

Углы в треугольниках измеряются теодолитами Т30 двумя круговыми приемами, Т5 - одним круговым приемом. Допустимая угловая невязка в треугольниках 1′. Длина базисной стороны измеряется с относительной ошибкой 1:40000. При трилатерационном способе построения длины сторон измеряют с относительной ошибкой 1:10000. Уравнивание результатов измерений допускается упрощенными способами.

В целях упрощения уравнивания рекомендуется производить измерение углов с повышенной точностью, используя высокоточные инструменты или увеличивая число приемов. В этом случае, вследствие незначительных по величине невязок, уравнивание можно свести к распределению их в каждом треугольнике поровну на каждый угол. Невязки в координатах, вычисленных по предварительно уравненным углам, распределяют пропорционально длинам сторон.

Решение аналитических сетей проводится по способам триангуляции и трилатерации, описанным в курсе геодезии.

Теодолитные ходы прокладывают от пунктов опорных сетей в виде замкнутых полигонов или между пунктами в виде разомкнутых ходов (рис. 4.2).

В необходимых случаях допускается определять положение одного пункта висячим ходом из одной стороны длиной не более 400 м. На исходных пунктах измеряют примычные углы на два направления опорной сети. Их сумма не должна отличаться от значения жесткого угла больше чем на 1'.

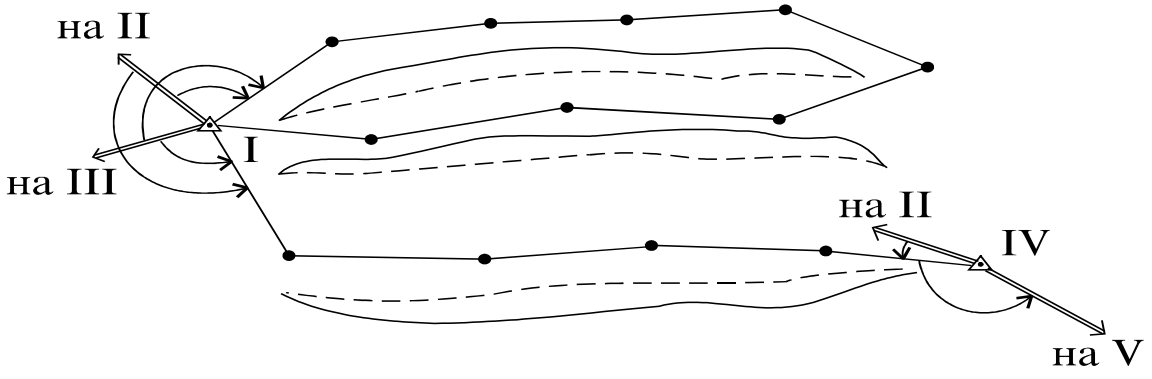


Рис. 4.2. Схема теодолитных ходов съемочного обоснования

Предельная угловая невязка теодолитного хода $45''\sqrt{n}$, где n - число измеренных углов в ходе.

Длины сторон теодолитного хода выбираются, как правило, не менее 100 м и не более 400 м. Длина теодолитного хода в целом не должна быть более 1,8; 2,5 и 6,0 км при съемке в масштабе 1:1000; 1:2000; 1:5000 [2]. Стороны измеряются дважды с

относительной ошибкой 1:1500. Допустимая линейная невязка всего хода 1:3000.

При необходимости длины сторон теодолитного хода разрешается определять косвенно или аналитически.

Данный способ определения длин линий при прокладке теодолитного хода удобен, когда применение рулетки затруднительно, а порой и невозможно при наличии на участке механизмов, транспортных средств, навалов пород и т. п. Использование светодальномеров для решения частных задач не всегда рационально, или просто они отсутствуют.

Применение этого способа сводится к измерению только углов, что на практике не вызывает затруднений. Известны два варианта прокладки теодолитных ходов.

Первый вариант. Теодолитный ход прокладывается между сторонами опорной сети в виде разомкнутого полигона (рис. 4.3).

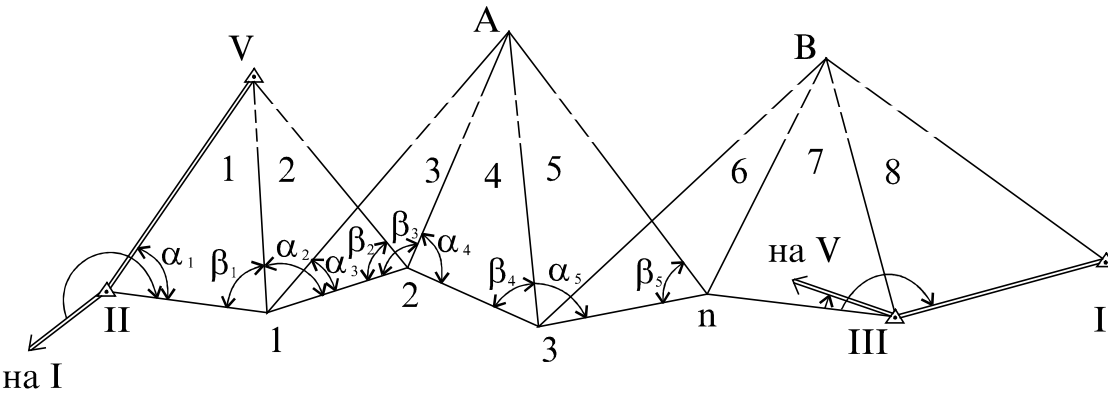


Рис. 4.3. Схема теодолитного хода с определением длин линий косвенным способом

На поверхности карьера (на нерабочем борту карьера) выбирают ориентиры (мачты ЛЭП, шпили труб и т. п.). В точках теодолитного хода начиная от пункта II до пункта III кроме измерения горизонтальных углов, необходимых для расчета дирекционных углов сторон, в каждом треугольнике измеряются углы (α_1, β_1, α_2, β_2, ...) на выбранные ориентиры (*V*, *A*, *B*).

Вычисление длин сторон теодолитного хода производится по формуле синусов. Для расчета стороны $l_{\text{II–1}}$ первый треугольник выбирается с включением известной стороны $l_{\text{II–V}}$:

$$l_{II-1} = l_{II-V} \frac{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}{\sin\beta_1}.$$

Для вычисления второй стороны l_{1-2} определяют длину смежной стороны 1-го и 2-го треугольников:

$$l_{V-1} = l_{II-V} \frac{\sin\alpha_1}{\sin\beta_1};$$

$$l_{1-2} = l_{V-1} \frac{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\sin\beta_2} \quad \text{и т. д.,}$$

переходя от одного треугольника к другому и заканчивая стороной l_{III-IV}. Поскольку значение этой стороны известно и длина ее вычислена аналитически, то представляется возможным определить линейную невязку и проконтролировать результаты измерений и вычислений.

Второй вариант. Измерение углов теодолитного хода может вестись по азимутальной схеме. В точке II установлен теодолит, на лимбе которого ставится отсчет, равный обратному дирекционному углу исходной стороны α_{II-V}. Визируем на точку 1, сделав отсчет, получим дирекционный угол α_{II-1} при одном положении вертикального круга теодолита. Измерения повторяются при втором положении вертикального круга, получаем $\alpha_{1\text{-}II}$ и при соответствующем допуске между полуприемами вычисляем среднее значение α_{II-1}.

Таким же образом определяют дирекционные углы всех сторон теодолитного хода, заканчивая измерения в пункте III, определив известный угол α_{III-IY} и вычислив угловую невязку:

$f_\beta = \alpha_{III-IV,изм} - \alpha_{III-IV,изв}$.

Одновременно с измерением основных углов теодолитного хода ведется по этой же схеме определение дирекционных углов α_{1-V}, α_{I-A}, α_{2-V}, α_{2-A} и т. д. По разности дирекционных углов в треугольниках определяют горизонтальные углы в треугольниках α_1, β_1, α_2, β_2, и т.д. между всеми направлениями и по формуле синусов вычисляют горизонтальные длины сторон.

Недостатком способа является большой объем вычислений, но они однотипны. Этот недостаток легко устраним при использовании вычислительной техники.

При прокладке ходов необходимо следить за тем, чтобы углы в треугольниках были не менее 30° и не более 150°.

Геодезические засечки - способ определения координат отдельных пунктов по необходимому числу измеренных угловых и линейных величин [4, 5, 6].

Основными элементами вычисления засечек является решение треугольника. В зависимости от методики измерений и вычислений геодезические засечки называются: прямая, обратная (задача Потенота), обратная по известным пунктам и вспомогательной точке (задача Ганзена), линейная.

Расчет координат определяемых пунктов ведется из двух треугольников в прямой засечке и из двух вариантов в обратной засечке. За окончательные координаты принимаются средние их значения. Допустимое расхождение из двух решений не должно превышать 0,6 мм на плане в масштабе съемки. Углы между линиями при определяемом пункте на исходные не должны быть менее 30° и более 150°.

Расстояния между исходными пунктами и определяемым не должны превышать 1, 2, 3 км соответственно для масштабов съемки 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Для решения прямой геодезической засечки необходимо в карьере на исходных пунктах *A, B* и *C* (рис. 4.4) измерить два угла- α_1, β_1 в одном треугольнике и два угла α_2, β_2 - во втором.

Сущность способа заключается в том, что для определения координат пункта Р прямой засечкой достаточно решения одного треугольника по известной стороне *AB* (X_A, Y_A, X_B, Y_B - известны) и двум углам - α_1, β_1. Решение второго треугольника по известной стороне *BC* и двум углам - α_2, β_2 необходимо для контроля.

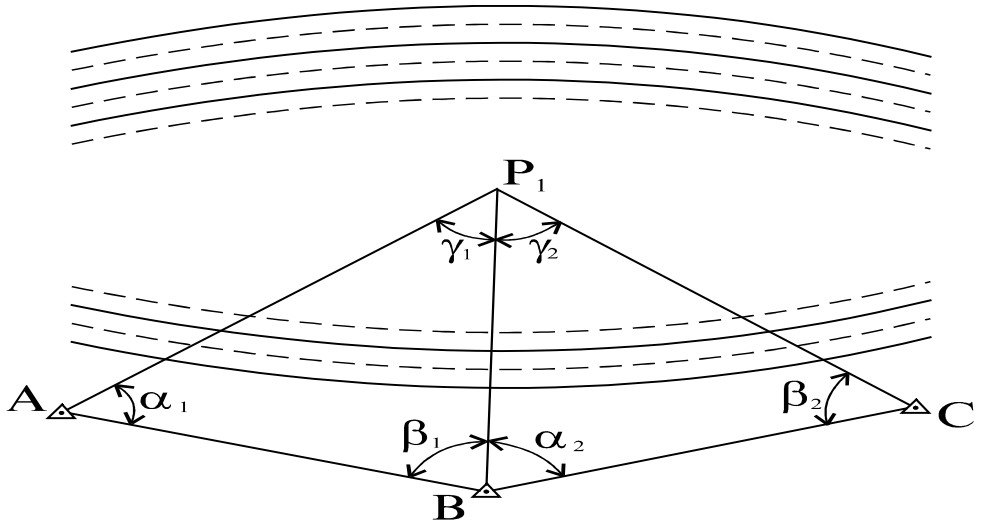


Рис. 4.4. Прямая геодезическая засечка

Для повышения точности вычисления координат пункта *P* дополнительно могут быть измерены углы γ_1 и γ_2 . В этом случае имеем

$$\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ = f_\beta,$$

где f_β - угловая невязка треугольника, которая при равноточном измерении углов распределяется на все три угла с обратным знаком. Тогда средняя квадратическая погрешность угла уравненного треугольника

$$m_\alpha = m_\beta = m_\gamma = m_\beta \sqrt{\frac{2}{3}} = 0{,}82\, m_\beta.$$

Известны несколько способов решения прямой засечки. Наиболее распространенные из них два.

Первый способ решения прямой засечки по формулам тангенсов дирекционных углов. Исходные данные (см. рис. 4.4) X_A, Y_A, X_B, Y_B - координаты исходных точек; α_1, β_1 - измеренные углы. По известным координатам и измеренным углам определяются:

$$\mathrm{tg}\alpha_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\ ;\ \alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \alpha_1;\ \alpha_{BP} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ;$$

$$\gamma_1 = 180^\circ - \alpha_1 + \beta_1 \text{ или } \gamma_1 = \alpha_{PA} - \alpha_{PB};$$

$$X_P = \frac{X_A \cdot \operatorname{tg}\alpha_A - X_B \operatorname{tg}\alpha_B + Y_B - Y_A}{\operatorname{tg}\alpha_A - \operatorname{tg}\alpha_B};$$

$$Y_p = Y_A + (\tilde{O}_o - \tilde{O}_A)\operatorname{tg}\alpha_A .$$

Контроль:

$$X_A = \frac{X_B \cdot \operatorname{tg}\alpha_B - X_P \operatorname{tg}\alpha_P + Y_o - Y_a}{\operatorname{tg}\alpha_a - \operatorname{tg}\alpha_P};$$

$$Y_A = Y_B + (\tilde{O}_A - \tilde{O}_B)\operatorname{tg}\alpha_B .$$

Аналогичное решение осуществляется по второму треугольнику.

Второй способ решения прямой засечки по формулам котангенсов измеренных углов (см. рис. 4.4).

$$X_P = \frac{X_A \cdot \operatorname{ctg}\beta_1 + X_B \operatorname{ctg}\alpha_1 + Y_a - Y_A}{\operatorname{ctg}\alpha_1 - \operatorname{ctg}\beta_1};$$

$$Y_P = \frac{Y_A \cdot \operatorname{ctg}\beta_1 + Y_B \operatorname{ctg}\alpha_1 - X_a + X_A}{\operatorname{ctg}\alpha_1 + \operatorname{ctg}\beta_1}.$$

Контроль:

$$X_A = \frac{X_B \cdot \operatorname{ctg}\gamma_1 - X_P \operatorname{ctg}\beta_1 + Y_P - Y_B}{\operatorname{ctg}\beta_1 - \operatorname{ctg}\gamma_1};$$

$$Y_A = \frac{Y_B \cdot \operatorname{ctg}\gamma_1 + Y_P \operatorname{ctg}\beta_1 - X_P + X_B}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\gamma_1}.$$

Окончательный контроль при любом способе решения проводится сравнением координат точки *P*, полученных из двух треугольников. Допустимое расхождение, как было указано вы-

ше, из двух решений не должно превышать 0,6 мм на плане в масштабе съемки.

Азимутальная засечка как вариант решения прямой засечки в случае, если есть возможность с определяемого пункта *P* вычислить азимут (дирекционный угол) направлений на исходные точки (рис. 4.5)

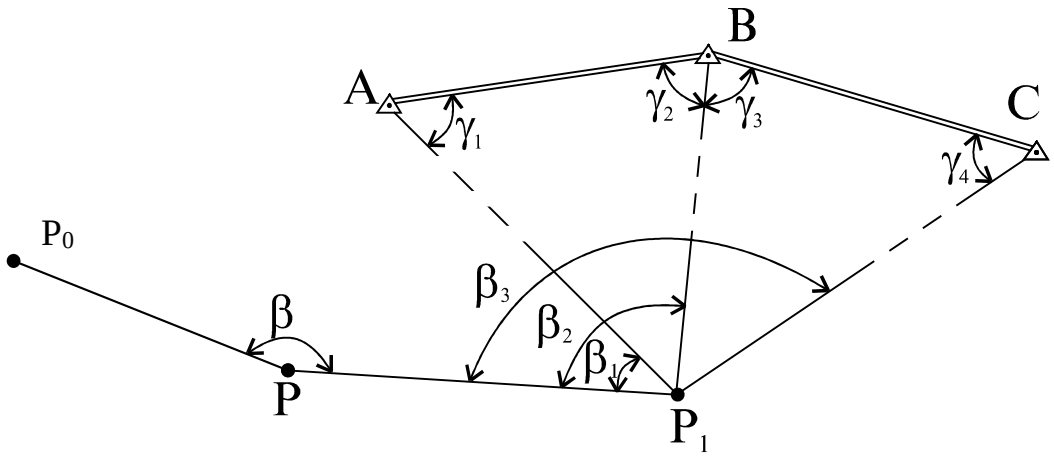


Рис. 4.5. Азимутальная засечка

С ранее определенного пункта съемочного обоснования P_1 передается дирекционный угол на направление P_1P, (α_{P_1P}):

$$\alpha_{P_1P} = \alpha_{P_0P_1} + \beta - 1 \quad 8$$

В пункте P_1 измеряются горизонтальные углы β_1, β_2, β_3 на известные точки *A*, *B*, *C* и вычисляются дирекционные углы:

$$\alpha_{PA} = \alpha_{P_1P} + \beta_1 - 1 \quad 8;$$

$$\alpha_{PB} = \alpha_{P_1P} + \beta_2 - 1 \quad 8;$$

$$\alpha_{Pc} = \alpha_{P_1P} + \beta_3 - 1 \quad 8.$$

По разности дирекционных углов вычисляются:

$$\gamma_1 = \alpha_{AP} - \alpha_{AB};$$

$$\gamma_2 = \alpha_{BA} - \alpha_{BP};$$

$$\gamma_3 = \alpha_{BP} - \alpha_{BC};$$

$$\gamma_4 = \alpha_{CB} - \alpha_{CP}$$

Определение координат $X_P\,\acute{O}_P$ выполняют, решая прямую засечку из двух треугольников.

Измерение углов в точке *P* может быть выполнено и по азимутальной схеме, описанной выше.

Обратная засечка - способ определения координат пункта съемочного обоснования $\tilde{O}_P;\acute{O}_P$ по трем исходным пунктам (задача Потенота) (рис. 4.6).

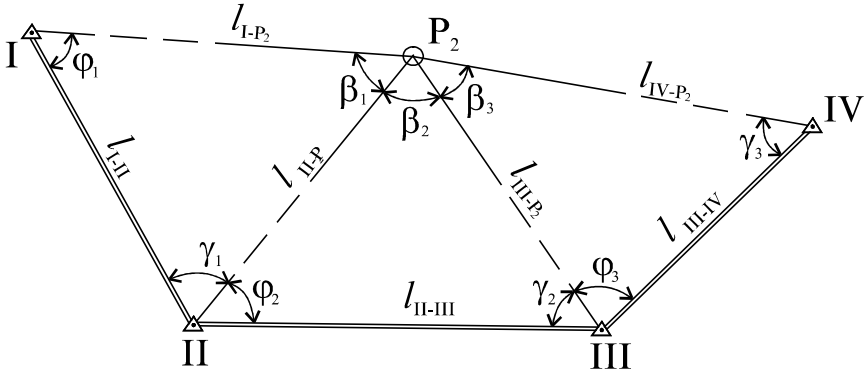


Рис. 4.6. Обратная геодезическая засечка

Обратная засечка значительно сокращает объем полевых работ по сравнению с прямой, т. к. измерение углов β_1, β_2, β_3 проводится непосредственно в определяемом пункте *P* на исходные I, II, III, IV.

Расчет обратной засечки начинается с определения средней квадратической погрешности положения пункта *P* относительно исходных [3] с целью выбора наиболее выгодной формы треугольников. Для этого используют сводный план карьера в наиболее мелком масштабе, например 1:5000. На плане отмечают предполагаемое положение определяемого пункта *P* и проводят направления на исходные опорные пункты, видимые с определяемого.

Из всех возможных вариантов предполагаемых треугольников обратных засечек выбирают те, у которых сумма углов $\varphi + \gamma$ отличается от 0° или 180° не менее чем на 30°.

По каждому варианту засечки, включающему три исходных пункта (два треугольника), среднюю квадратическую по-

грешность положения определяемого пункта вычисляют по формуле, м

$$M_{P2} = \frac{m_\beta \cdot l_{I-P}}{2 \cdot \sin(\varphi_1 + \gamma_2)} \sqrt{\left(\frac{l_{I-P}}{l_{I-I}}\right)^2 + \left(\frac{l_{I-P}}{l_{I-II}}\right)^2} \quad ,$$

где m_β - средняя квадратическая погрешность измерения углов β, $(m_\beta \le 1'5)$; l - длины соответствующих сторон, км.

Формула составлена для первого варианта из двух треугольников, включающих пункты I, II, III.

Значение углов φ_1, γ_2 берется с плана с точностью до 1°, длины сторон - до 0,1 км.

Вычисление координат пункта *P* проводится по двум вариантам засечек, имеющих M_P не более 0,3 мм на плане.

Для схемы, приведенной на рис. 4.6, может быть составлено четыре варианта засечек: 1-й - на пункты I, II, III, 2-й - на пункты II, III, IV, 3-й - на пункты I, II, IV, 4-й на пункты I, III, IV.

Решение обратной засечки может быть выполнено двумя вариантами. Ниже приводится пример для треугольников I P II и II P III.

Первый вариант:

$$\operatorname{tg}Q = \frac{(Y_{II} - Y_I)\operatorname{ctg}\beta_1 - (Y_{III} - Y_{II})\operatorname{ctg}\beta_2 + X_I - X_{III}}{(X_{II} - X_I)\operatorname{ctg}\beta_1 - (X_{III} - X_{II})\operatorname{ctg}\beta_2 - Y_I + Y_{III}};$$

$$N_1 = (Y_{II} - Y_I)(\operatorname{ctg}\beta_1 - \operatorname{tg}Q) - (X_{II} - X_I)(1 + \operatorname{ctg}\beta_1\operatorname{tg}Q);$$

$$N_2 = (Y_{III} - Y_{II})(\operatorname{ctg}\beta_2 + \operatorname{tg}Q) + (X_{III} - X_{II})(1 - \operatorname{ctg}\beta_1\operatorname{tg}Q);$$

$$N_1 = N_2 = N;$$

$$\Delta X_{II} = \frac{N}{1 + \operatorname{tg}^2 Q}; \quad X_P = X_{II} + \Delta X_{II};$$

$$\Delta Y_{II} = \Delta X_{II} \cdot \operatorname{tg}Q; \quad Y_P = Y_{II} + \Delta Y_{II};$$

$$(X_{II} - X_I) + (X_{III} - X_{II}) + (X_I - X_{III}) = 0;$$

$$(Y_{II} - Y_I) + (Y_{III} - Y_{II}) + (Y_I - Y_{III}) = 0.$$

Второй вариант:

$$\varepsilon_1 = 180^\circ - 0\frac{\beta_1 + \beta_2 + (\gamma_1 + \varphi_2)}{2}; \eta = \operatorname{arc}\operatorname{tg}\left(\frac{l_{I-III}\sin\beta_1}{l_{I-II}\sin\beta_2}\right)$$

$$\varepsilon_2 = \operatorname{arc}(\operatorname{tg}\operatorname{ctg}(45^\circ + \eta)); \gamma_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2; \varphi_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2;$$

$$l_{I-P} = l_{I-III}\frac{\sin\gamma_2}{\sin\beta_2} = l_{I-II}\frac{\sin\varphi_1}{\sin\beta_1};$$

$$\alpha_{I-P} = \alpha_{I-I} - \varphi_1 - \beta_1 \pm 180^\circ; \alpha_{I-P} = \alpha_{I-III} + \gamma_2 + \beta_2 \pm 180^\circ;$$

$$X_P = X_{II} + l_{I-P}\cos\alpha_{I-P}; Y_P = Y_{II} + l_{I-P}\sin\alpha_{I-P}.$$

Третий вариант (М.В. Пащенков):

$$K = \frac{l_{I-III}\cdot\sin\beta_1}{l_{I-II}\sin\beta_2};$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\sin(\alpha_{I-II} - \alpha_{I-III} - \beta_1)K_I \cdot \sin\beta_2}{K \cdot \cos\beta_2 - \cos(\alpha_{I-II} - \alpha_{I-III} - \beta_1)};$$

$$l_{P-I} = \frac{l_{I-II}\sin(\beta_2 + \gamma)}{\sin\beta_2};$$

$$\alpha_{I\text{–}P} = \alpha_{I\text{–}II} + \varphi_2;$$

$$\Delta X = l_{P-I}\cos\alpha_{I\text{–}P};\quad X_P = X_I + \Delta X$$

$$\Delta Y = l_{P-I}\sin\alpha_{I\text{–}P};\quad Y_P = Y_I + \Delta Y$$

Значение угла ($\gamma_1 + \varphi_2$) вычисляют по разности дирекционных углов известных сторон $\alpha_{II–III} + \alpha_{II–I}$, длины сторон $l_{I–II}$, $l_{II–III}$ определяют, решив обратную геодезическую задачу.

Что касается аналитического обоснования решения прямой и обратной геодезических засечек, то существует несколько способов их решения. В качестве примера получим для прямой засечки формулы котангенсов.

Из рис. 4.7 имеем

$$X_P - X_A = l_{AP}\cos\alpha_{AP} = l_{AP}\cos(\alpha_{AB} - \alpha) =$$

$$= l_{AP}\cos\alpha_{AB}\cos\alpha + l_{AP}\sin\alpha_{AB}\sin\alpha,$$

$$\cos\alpha_{AB} = \frac{X_B - X_A}{l_{AB}};\ \sin\alpha_{AB} = \frac{Y_e - Y_A}{l_{Ae}}.$$

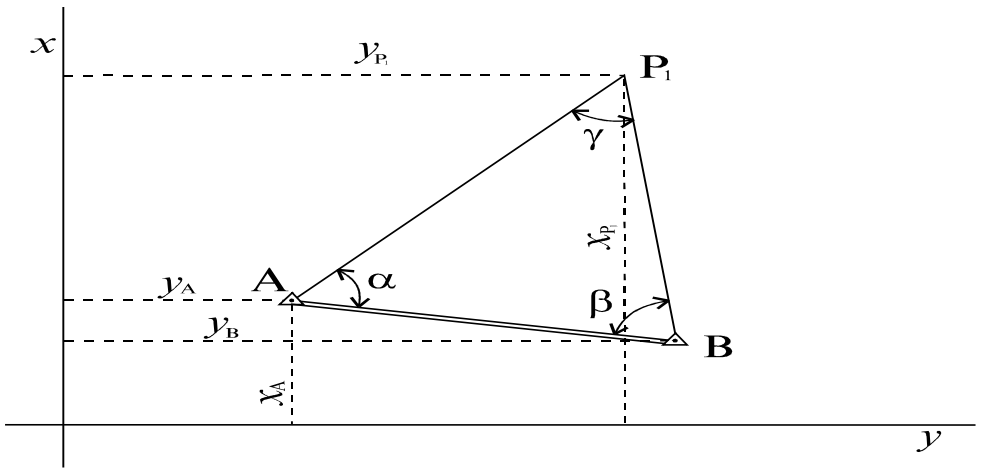


Рис. 4.7. Решение прямой геодезической засечки

ние получаем:

$$X_P - X_A = \frac{l_{AP}}{l_{AB}}(X_B - X_A)\cos\alpha + \frac{l_{AP}}{l_{AB}}(Y_B - Y_A)\sin\alpha =$$

$$= \frac{l_{AP}}{l_{AB}}\left((X_B - X_A)\operatorname{ctg}\alpha + (Y_B - Y_A)\right)\sin\alpha;$$

$$\frac{l_{AP}}{l_{AB}} = \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)};\ \frac{l_{AP}}{l_{AB}}\sin\alpha = \frac{\sin\beta\cdot\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta};$$

$$X_P - X_A = \frac{(X_B - X_A)\operatorname{ctg}\alpha + (Y_B - Y_A)}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta};\ X_P = \frac{X_A\operatorname{ctg}\beta + X_B\operatorname{ctg}\alpha + Y_B - Y_A}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}.$$

Аналогично

$$Y_P - Y_A = \frac{(Y_B - Y_A)\operatorname{ctg}\alpha - (X_B - X_A)}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta};$$

$$Y_P = \frac{Y_A\operatorname{ctg}\beta + Y_B\operatorname{ctg}\alpha - X_B + X_A}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}.$$

Решение обратной геодезической засечки состоит в определении четвертой точки по трем известным. При определяемой точке измеряются все направления, в том числе и замыкающее. Измеренные направления уравниваются.

Схемы обратной геодезической засечки не равнозначны. Наилучшим вариантом являются так называемые образцовые засечки с углами 120°, 60°, 45° при определяемом пункте и относительно равных расстояниях до исходных пунктов.

Точность определения координат пункта съемочного обоснования в этом случае зависит от точности измерения углов, расположения пунктов (формы треугольника) и расстояний от определяемого пункта до исходных. Обратная засечка не имеет решения, когда определяемый пункт лежит на одной окружности с тремя исходными пунктами.

Линейная засечка - способ определения координат пункта съемочного обоснования по известным координатам двух пунктов опорных сетей и измеренным расстояниям от исходных пунктов до определяемого (рис. 4.8).

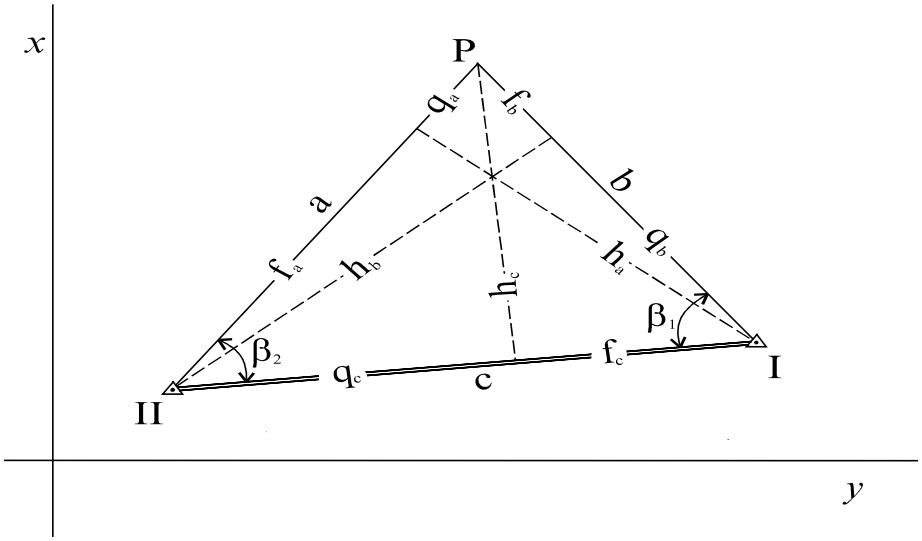


Рис. 4.8. Линейная засечка

Принятые обозначения: *a*, *b* – измеренные расстояния; *c* – известная (исходная) сторона треугольника; *h* - высота треугольника; *f* и *q* - проекции двух сторон треугольника на третью сторону; p - полусумма квадратов длин сторон

($p = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2}$).

Вычисление координат определяемого пункта может проводиться в двух вариантах.

Первый вариант: решают линейный треугольник, определяя углы: $\beta_1 = \frac{p - a^2}{b \cdot c}$; $\beta_2 = \frac{p - b^2}{a \cdot c}$; затем вычисляют координаты пункта *P*, решая прямую засечку.

Второй вариант: координаты пункта *P* вычисляют:

исходя из пункта I

$$X_P = X_I + f_c \cos \alpha_{I-II} - h_c \sin \alpha_{I-II};$$
$$Y_P = Y_I + f_c \sin \alpha_{I-II} + h_c \cos \alpha_{I-II};$$

исходя из пункта II

$$X_P = X_{II} - q_c \cos\alpha_{I-II} - h_c \sin\alpha_{I-II};$$

$$Y_P = Y_{II} - q_c \sin\alpha_{I-II} + h_c \cos\alpha_{I-II};$$

$$f_c = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}; q_c = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2c} = c - f_c;$$

$$h_c = \sqrt{b^2 - f_c^2} = \sqrt{a^2 - q_c^2};$$

$$\sin\alpha_{I-II} = \frac{Y_{II} - Y_I}{c}; \cos\alpha_{I-II} = \frac{X_{II} - X_I}{c}.$$

Высота треугольника h_C принимается с соответствующим знаком: знак плюс, если точка P расположена справа по отношению к линии I–II, и знак минус, - если слева.

Полярный способ определения координат пункта съемочного обоснования по измеренным горизонтальным углам (β_1, β_2), вертикальному углу δ_1 и расстоянию l_1 от исходного опорного пункта I до определяемого P_1 (рис. 4.9). Способ достаточно эффективный на карьерах со значительным удалением участков ведения горных работ от пунктов опорных сетей.

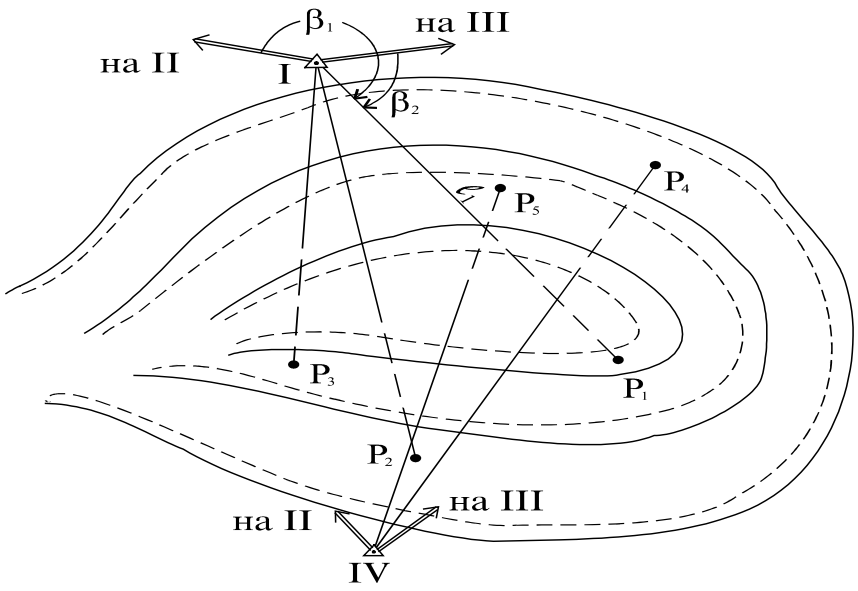


Рис. 4.9. Полярный способ определения координат

Для производства работ на нерабочих бортах карьера закладывается необходимое количество опорных пунктов, обеспечивающих видимость на все рабочие участки карьера.

Горизонтальные и вертикальные углы измеряются теодолитами класса Т1, Т2, наклонные расстояния - светодальномерами, соблюдая следующие требования [3]: расстояние до определяемого пункта не должно превышать 3 км, средняя квадратичная погрешность измеренного расстояния не более 0,1 м, горизонтальные углы измеряются круговыми приемами не менее чем от двух исходных направлений с расхождением в дирекционных углах от каждого направления на определяемый пункт не более 45".

Необходимо стремиться, чтобы длины исходных направлений превышали длины направлений до определяемых пунктов съемочного обоснования.

Координаты определяемого пункта вычисляют по формулам:

$$X_{P_1} = X_I + d_1 \cos \alpha_{I-P_1}; \quad Y_{P_1} = Y_I + d_1 \sin \alpha_{I-P_1},$$

где $d_1 = l_1 \cdot \cos \delta_1$; $\alpha_{I-P_1} = \alpha_I \pm \beta_1 \mp 180° = \alpha_I \pm \beta_2 \mp 180°$.

Погрешность положения определяемого пункта вычисляют по формуле

$$M_{P_1} = \sqrt{\left(\frac{m_\alpha \cdot l}{\rho''}\right)^2 + m_l^2},$$

где m_α - погрешность определения дирекционного угла из двух направлений; m_l - погрешность измерения расстояния.

Прямоугольные (эксплуатационные) сетки как способ съемочного обоснования представляют собой условную систему прямоугольных координат. Съемочными пунктами являются точки пересечения сторон квадратов, закрепляемых постоянными и временными знаками по всей поверхности карьера (рис. 4.10).

Применение данного способа целесообразно в условиях относительно ровного рельефа поверхности карьерного поля, небольшой глубины карьера, но при значительных площадях разработки (как правило, при горизонтальном залегании пластовых месторождений).

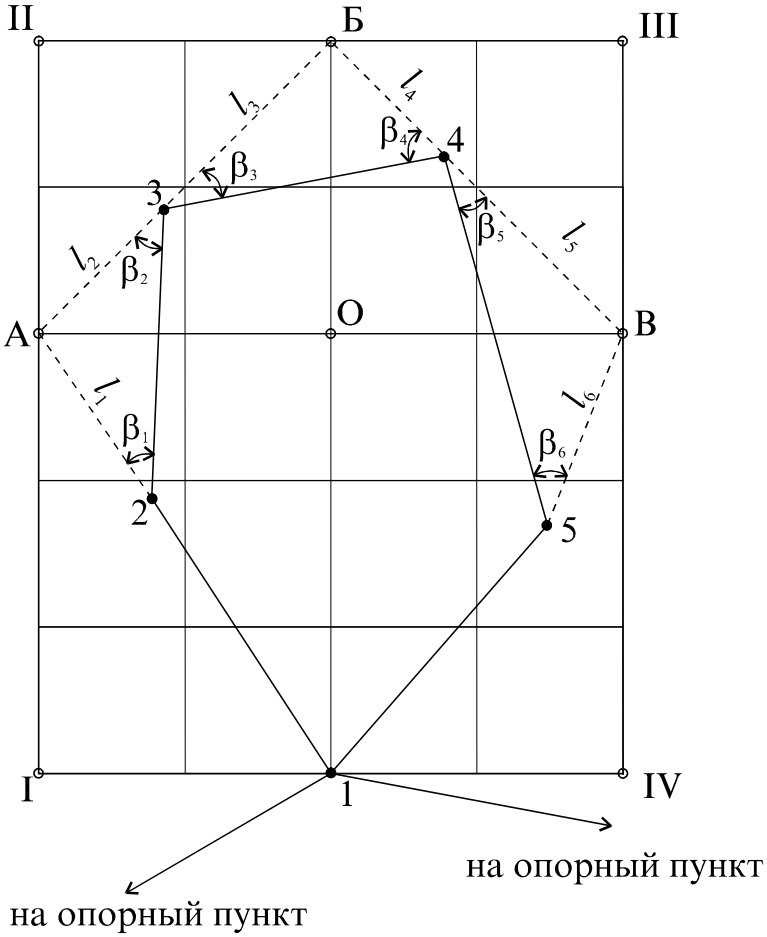


Рис. 4.10. Прямоугольные (эксплуатационные) сетки

Линии сетки ориентируют по направлению фронта горных работ (или совпадающими с направлениями сетки координат). На поверхности карьерного поля вершины основных прямоугольников сетки определяют от пунктов опорной сети и закрепляют постоянными знаками. Дальнейшее сгущение сетки до прямоугольников с проектными размерами сторон проводят методом створов. Максимальная длина визирного луча не должна превышать 800 м. Прямоугольность разбивки проверяют контрольным провешиванием диагоналей. Длины сторон отдельных квадратов принимают от 50 до 200 м в зависимости от масштаба съемки и скорости подвигания горных работ.

Для разбивки сетки на местности, на топографическом плане составляется ее проект расположения и привязки к пунктам опорной сети. В пределах проектного контура карьера проходят теодолитный ход, включая одну из вершин квадрата. Теодолитный ход наносится на топографический план, и с плана

определяются разбивочные элементы β_1, β_2, ... , β_6, l_1, l_2, ... , l_6 основных вершин сетки *А*, *Б*, *В*.

Аналитическая фототриангуляция как способ создания съемочного обоснования используется в случаях применения фотограмметрической съемки на карьере. Координаты и высоты пунктов съемочной сети вычисляются на ЭВМ по специальным программам, предусматривающим уравнивание и оценку точности положения пунктов. Погрешности координат определяемых пунктов не должны превышать основных требований, предъявляемых к съемочным сетям [3]. Масштаб снимков, высоту фотографирования, местоположение и количество опорных пунктов на снимке определяют также с учетом выполнения основных требований по точности определения пунктов съемочного обоснования. Методика выполнения полевых работ и вычислений изучается в курсе фотограмметрии.

При применении на карьере наземной стереофотограмметрической съемки положение съемочных пунктов может быть определено графическим способом - решением фотограмметрической прямой засечки непосредственно на плане. Для этого используют стереопары фотоснимков, снятые с двух или трех базисов фотографирования (рис. 4.11). Базисы $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$ выбираются таким образом, чтобы соответствующие направления от левых концов каждого из них (H_1, H_2, H_3) на определяемые пункты пересекались под углом от 30 до 120°.

В качестве определяемых пунктов P_1, P_2, P_3 могут быть использованы любые неподвижные, хорошо видимые на снимках предметы или специально установленные в нужных местах сигналы.

На стереоавтограф устанавливают поочередно стереопару каждого базиса. Каждую из них ориентируют обычным порядком, вводят базис фотографирования, устанавливают высотную отметку станции (левого конца базиса) и ориентируют планшет. Ориентирование планшета может проводиться по 2-3 точкам, по одной удаленной точке с известными координатами, по известному направлению или дирекционному углу нормальной оптической оси фотокамеры.

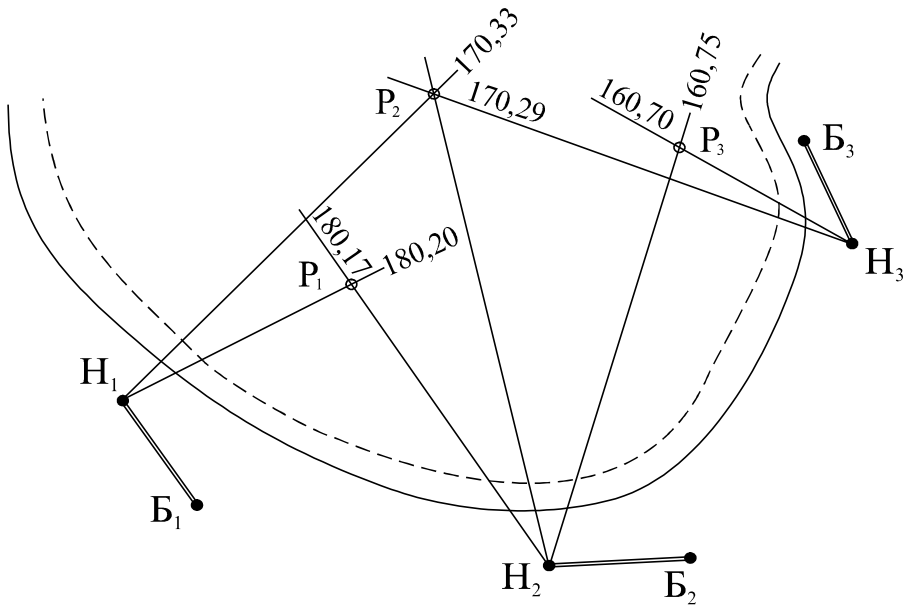


Рис. 4.11. Схема прямой фотограмметрической засечки

Затем с каждого базиса, наводя марку бинокуляра стереоавтографа на определяемые пункты (сигналы), на планшете карандашом координатографа прочерчивают направления на соответствующие пункты, записывают их высотные отметки, снятые со счетчика высот прибора. Точки пересечения, полученные по соответствующим направлениям из двух или трех базисов на плане, определяют координаты и высотные отметки новых пунктов.

4.1.2. Высотное съемочное обоснование

Высотное обоснование маркшейдерских съемок в карьере создается одновременно с плановым. Исходными пунктами по определению высотных отметок пунктов съемочного обоснования являются пункты опорных высотных сетей III, IV классов.

Высотные отметки пунктов съемочного обоснования в карьере определяются геометрическим нивелированием IV класса, техническим нивелированием или тригонометрическим способом.

Для технического нивелирования применяются нивелиры класса точности Н10 и выше. Нивелирные ходы прокладываются между исходными пунктами в одном направлении, висячие ходы - от исходного пункта в прямом и обратном направлениях. Расстояния до реек на связующих точках по возможности должны

быть равными и не превышать 150 м. Допустимая разность в превышениях, определенных при двух горизонтах инструмента или по черной и красной сторонам рейки - 5 мм. Предельная высотная невязка хода $f_h \le 50\sqrt{L}$, мм или $10\sqrt{n}$, мм при числе станций более 25 на 1 км хода, где L - длина хода в км, n - число станций в ходе [3].

Производство тригонометрического нивелирования включает измерение вертикального угла δ, наклонного расстояния l, высоты инструмента i, высоты сигнала ν (рис. 4.12).

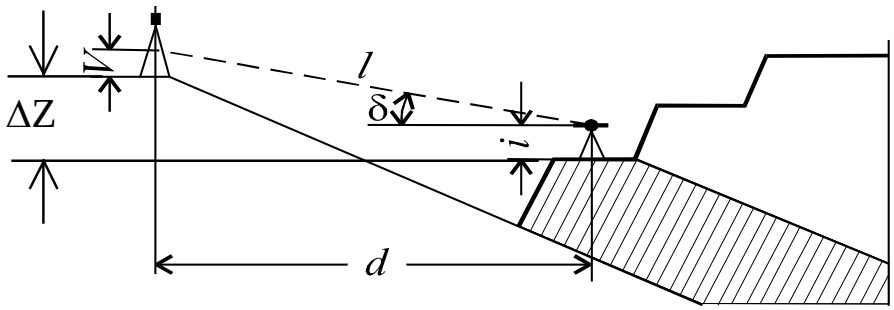


Рис. 4.12. Тригонометрическое нивелирование в карьере

Превышение определяется по формуле

$$\Delta Z = d \operatorname{tg} \delta + i - \nu = l \sin \delta + i - \nu,$$

где d - горизонтальное, l - наклонное расстояния между пунктами, м.

$$f = k + r,$$

где $k = \dfrac{d^2}{2R}$ - поправка за кривизну Земли; $r = -k\dfrac{d^2}{2R}$ - поправка за рефракцию; R = 6370 км - средний радиус Земли; r - коэффициент вертикальной рефракции.

По результатам исследований известно, что в течение дня коэффициент рефракции изменяется от -0,22 перед восходом и до -0,10 перед заходом Солнца. Для сравнительно коротких расстояний (до 3 км) среднее значение $k_{ср}$ = -0,16. Тогда суммарная по-

правка за кривизну Земли и рефракцию $f = k + r = \frac{d^2}{2R} - 0{,}1\ \frac{d^2}{2R} = 0{,}4\ \frac{d^2}{R}$.

В табл. 4.1 приведены суммарные поправки *f* для различных расстояний.

Таблица 4.1

Суммарные поправки *f*

d, м	*f*, м	*d*, м	*f*, м	*d*, м	*f*, м
100	0,001	1100	0,080	2100	0,291
200	0,003	1200	0,095	2200	0,319
300	0,006	1300	0,111	2300	0,349
400	0,010	1400	0,129	2400	0,380
500	0,016	1500	0,148	2500	0,412
600	0,024	1600	0,169	2600	0,446
700	0,039	1700	0,191	2700	0,480
800	0,042	1800	0,214	2800	0,517
900	0,053	1900	0,238	2900	0,554
1000	0,066	2000	0,264	3000	0,594

Рабочая формула для вычисления превышения с учетом поправки *f* примет вид:

$$\Delta = d\operatorname{tg}\delta + 0{,}4\ \frac{d^2}{R} + i - v = l\sin\delta + 0{,}4\ \frac{d^2}{R} + i - v.$$

Вертикальные углы измеряются теодолитом класса точности Т30 двумя приемами, Т15 и выше - одним приемом. Высота инструмента и сигнала определяется рулеткой с округлением до миллиметров, длины - светодальномером. Ходы тригонометрического нивелирования опираются на пункты опорных сетей не ниже IV класса общей протяженностью не более 2,5 км.

Превышение для каждой стороны определяется дважды в прямом и обратном направлениях. Допустимое расхождение в превышениях 0,04*l*, см, всего хода - 0,004 $L/\sqrt{n}$, где *l* - наклонная длина стороны, м; *L* - длина хода, м; *n* - число сторон.

4.2. Применение спутниковой геодезии на карьерах и разре-

зах

4.2.1. Основные положения спутниковой геодезии

Появление искусственных спутников Земли произвело переворот в методах геодезии и значительно повысило точность навигации и определения положения точек и объектов на поверхности Земли.

С созданием радиолокационных станций стало возможным измерять параметры движения и относительное местоположение спутника по отражённому от его поверхности лучу радиолокатора. Появилась возможность измерения параметров движения спутника по излучаемому сигналу. В 1957 году в СССР группа учёных под руководством В.А. Котельникова экспериментально подтвердила возможность определения параметров движения искусственного спутника Земли (ИСЗ) по результатам измерений доплеровского сдвига частоты сигнала, излучаемого этим спутником. При этом была установлена возможность решения обратной задачи – нахождения координат приёмника по измеренному доплеровскому сдвигу сигнала, излучаемого с ИСЗ, если параметры движения и координаты этого спутника известны.

Эффект Доплера заключается в том, что при относительном перемещении приёмника или передатчика частота принимаемого сигнала изменяется [7]:

$$f_D = f(1 \pm v_b / c)\sqrt{1 - \frac{v_b^2}{c^2}},$$

где v_b - относительная скорость перемещения; c - средняя скорость электромагнитных волн.

При измерении разностей расстояний на основе эффекта Доплера по разностной частоте определяется относительная скорость v_b, которая интегрируется по времени, в результате находят пройденный путь.

Появление атомных часов в 1960 году позволило создать для целей навигации сеть точно синхронизированных передатчиков, предающих кодированные сигналы. Координаты приёмника определялись по временным задержкам сигнала.

В 1964 году в США началось исследование возможностей использования для целей местоопределения широкополосных сигналов, модулированных псевдослучайными шумовыми кодами, что на основе корреляционного разделения таких сигналов давало возможность использования несколькими передатчиками одной несущей частоты.

Основной принцип спутниковой геодезии – это использование трилатерации, т. е. измеряются расстояния до спутников, являющихся точками отсчёта для вычисления координат на Земле. Для определения местоположения на земной поверхности измеряют расстояние между наземным пунктом и спутником, а также скорость изменения этого расстояния при прохождении спутника. Расстояния рассчитывают, исходя из времени, которое затрачивает электромагнитный сигнал (лазерная вспышка или радиоимпульс) на прохождение пути от спутника до принимаемой станции при условии, что скорость распространения сигнала известна. Скорость изменения расстояния между спутником и принимающей станцией определяется по величине наблюдаемого доплеровского сдвига частоты – изменения частоты сигнала, поступающего со спутника. Вводятся поправки за атмосферную задержку сигнала и рефракцию [7].

В настоящее время наиболее прогрессивными средствами навигационно-геодезического обеспечения являются глобальные навигационные спутниковые системы **(ГНСС)** среднеорбитального типа **ГЛОНАСС** (Россия) и **GPS NAVSTAR** (США). Основные сравнительные характеристики ГЛОНАСС и GPS приведены в табл. 4.2 [8] .

В дополнение к ГНСС ГЛОНАСС (Россия) и GPS NAVSTAR (США) Европейский Союз с 1999 г. приступил к разработке спутниковой радионавигационной системы Galileo (ЕС). Опытное использование системы Galileo было начато в 2005 г. запуском космического аппарата GIOVE-A (Galileo In-Orbit Validation Element). Проектное число спутников составляет 30 (из них 3 в резерве), расположенных на высоте 23200 км в трёх орбитальных плоскостях, наклонённых на 56^0 к плоскости экватора. С учётом спутников ГЛОНАСС и GPS NAVSTAR в распоряжении пользователей будет 80 космических аппаратов, опоясыва-

ющих весь земной шар [10].

Таблица 4.2

Основные технические характеристики глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS NAVSTAR

ПАРАМЕТРЫ	ГЛОНАСС	GPS
Проектное/фактическое число спутников	24/20*	24/31*
Число орбитальных плоскостей	3	6
Высота орбит относительно центра масс, км	25 500	26 600
Способ разделения сигналов	частотный	кодовый
Несущая частота L1, МГц L2, МГц	 1602,6-1615,5 1246,4-1256,5	 1575,4 1227,6
Система пространственных координат	ПЗ-90	WGS-84
Тип эфемерид	Геоцентрические координаты и их производные	Модифицированные Кеплеровы элементы
Период вращения вокруг Земли, час	12	12

Примечание. * - Состав группировки космических навигационных спутников на 1.03.2009 г. по данным Федерального космического агентства «Информационно-аналитический центр» [14].

В соответствии с действующими правилами по терминологии в области спутниковых технологий геодезических работ РТМ 68 - 14 – 01 [11] глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) - система, состоящая из созвездия навигационных спутников, службы контроля и управления и аппаратуры пользователей, позволяющая определять местоположение (координаты) антенны приемника потребителя.

Созвездие спутников – совокупность, расположенных в пространстве всех спутников входящих в ГНСС, которые излучают радиосигналы, содержащие навигационную информацию,

приём которой необходим для определения местоположения приемника потребителя. Часть ГНСС, состоящая из созвездия навигационных спутников является *космическим сегментом*.

Орбитальные группировки ГЛОНАСС и GPS NAVSTAR состоят из спутников, которые вращаются вокруг Земли по практически круговым орбитам. Спутники в GPS NAVSTAR расположены в шести, а в ГЛОНАСС – в трёх плоскостях развёрнутых соответственно через 60^0 и через 120^0 по долготе восходящего узла (рис. 4.13).

а) *б*)

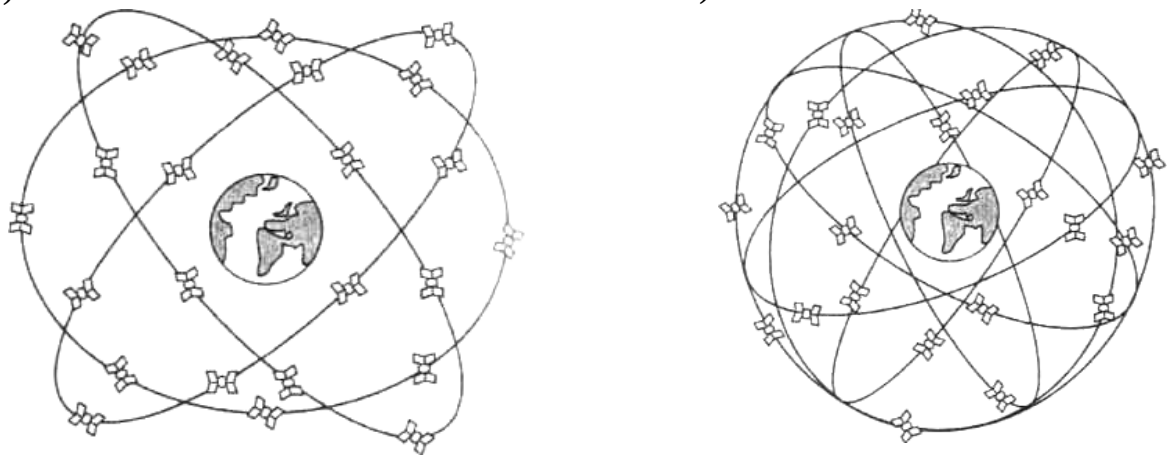


Рис. 4.13. Созвездия искусственных спутников:
а) ГЛОНАСС; *б*) NAVSTAR GPS

Если все спутники системы перевести в одну плоскость, то они расположатся равномерно через 15^0 [10]. Такое количество спутников и их расположение обеспечивают одновременный прием сигналов как минимум от четырех спутников в любой точке Земли в любое время. На каждом спутнике GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС установлены солнечные батареи питания, приемно-передающая аппаратура, эталоны частоты и времени, бортовые компьютеры и уголковые отражатели для лазерной дальнометрии.

Внешний вид навигационных спутников показан на рис. 4.14 [12].

а *б*

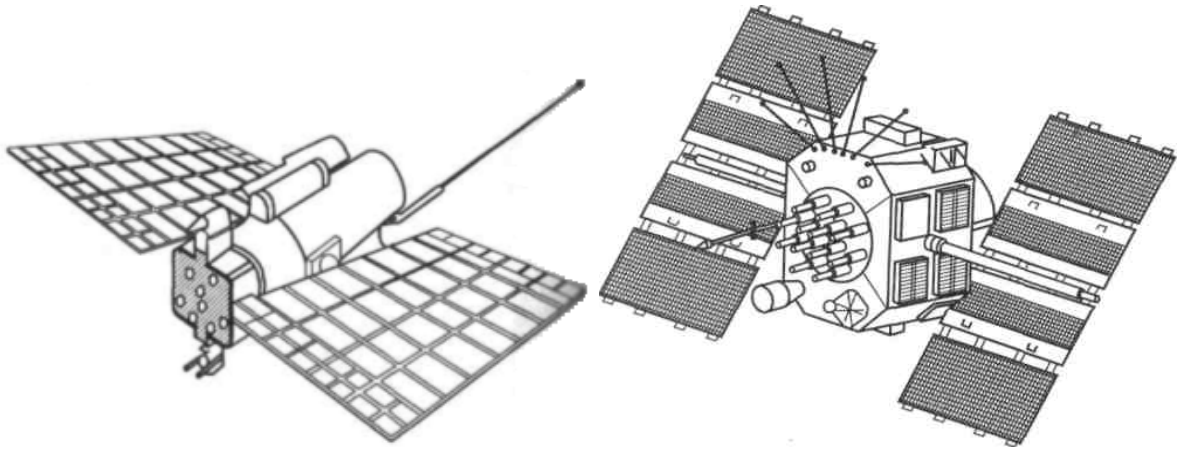


Рис. 4.14. Навигационный спутник
а) ГЛОНАСС; б) NAVSTAR GPS

Питание всех подсистем производится от солнечных батарей, ширина которых в раскрытом виде составляет 7,23 метра. Служебные системы и специальная аппаратура спутника расположены в цилиндрическом гермоконтейнере диаметром 1,35 метра. Если рассматривать навигационный спутник в положении штатной ориентации, то в нижней части находится платформа с антенно-фидерными устройствами и уголковыми отражателями, а в верхней – топливные баки и штанга магнитометра [13].

Навигационный спутник снабжен кварцевым стандартом частоты, двумя цезиевыми и двумя рубидиевыми стандартами частоты, которые поддерживают стабильность часов спутника в пределах $1 \cdot 10^{-12} \ldots 1 \cdot 10^{-13}$. Цезиевые и рубидиевые стандарты частоты координируют и управляют основной частотой – кварцевым стандартом частоты, генерирующим 10,23 МГц. Из основной частоты формируют две частоты *L*-диапазона, МГц [6]:

$$L_1 = 10{,}23 \cdot 154 = 1575{,}42 \text{ (длина волны 19,05 см);}$$

$$L_2 = 10{,}23 \cdot 120 = 1227{,}60 \text{ (длина волны 24,45 см).}$$

Эти две частоты (называемые несущими) через модуляторы поступают на антенну и передают на Землю информацию. Для измерения расстояний формируют специальные дальномерные коды, представляющие собой псевдослучайные чередования нулей и единиц. Такие коды вырабатывают на спутниках и в приёмнике пользователя. Со спутника их передают на Землю. Для переноса на Землю их встраивают в колебания высокой частоты,

излучаемые космическим аппаратом и называемые несущими. Информация накладывается на несущую частоту методом импульсно-фазовой модуляции [10]. *Модуляция сигнала* – это изменение какого-либо параметра электрического сигнала (при амплитудной модуляции изменяется амплитуда сигнала, а при частотной – частота сигнала). При импульсно-фазовой модуляции фаза сигнала изменяется скачком на 180^0 (рис. 4.15).

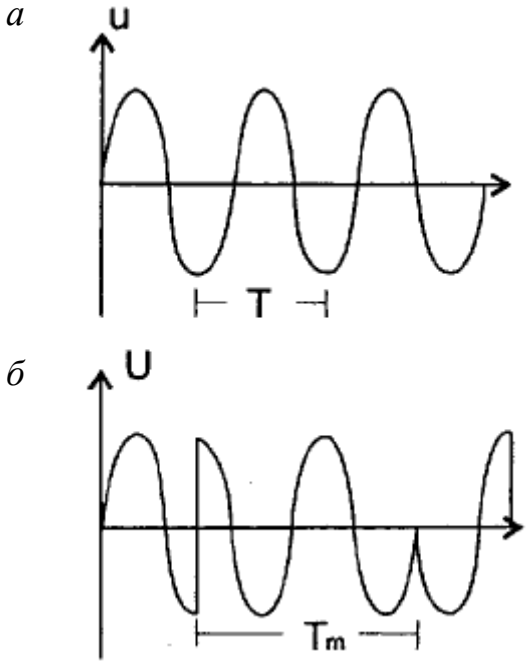


Рис. 4.15. Импульсно-фазовая модуляция:
а – несущий сигнал с периодом колебаний *T* (*сигнал до модуляции*);
б – модулированный сигнал, T_m промежуток времени между смежными пребросами фазы на 180° (*сигнал после модуляции*).

На частотах L_1 и L_2 передаются навигационные сигналы (коды), а также другая навигационная и системная информация посредством предварительного её преобразования в двоичный код и в моменты смены в кодах 0 на 1 или 1 на 0 фаза несущего колебания перебрасывается на 180^0.

В системе NAVSTAR GPS все спутники излучают на двух одинаковых частотах *L* - диапазона (L_1 и L_2), но каждый спутник излучает свой личный код (индивидуальная последовательность переключения фазы на 180°), по которому ведется распознавание спутников.

В российской системе ГЛОНАСС спутник излучает на своей частоте, а код общий для всех спутников. Российские спутни-

ки передают информацию на двух частотах:

$$L_1=f_{01}+k\Delta f_1; \quad L_2=f_{02}+k\Delta f_2 ,$$

где f_{01} = 1602 МГц; f_{02} = 1246 МГц; k – номер спутника (k = 0,1,2...); Δf_1 = 0,4375 МГц; Δf_2 = 0,5625 МГц.

Отношение частот L_1 и L_2 равно 9/7.

В системе NAVSTAR GPS частота $L1$ (1575.42 MHz) модулируется двумя видами кодов [7]: C/A кодом (кодом свободного доступа) и P - кодом (кодом санкционированного доступа). Частота $L2$ (1227.60 MHz) модулируется только P-кодом. В российской системе ГЛОНАСС аналогичные коды получили название узкополосной (СТ - код) и широкополосной (ВТ - код) псевдослучайной последовательности. Кроме того, обе несущие частоты дополнительно кодируются специальным навигационным сообщением. Схема модуляции спутникового радиосигнала представлена на рис. 4.16.

В настоящее время производится модернизация системы GPS, в результате проведения которой гражданские пользователи смогут принимать дополнительные сигналы: C/A код на частоте $L2$ и новый сигнал на частоте $L5$, что улучшит работу пользователей в приложениях, связанных с высокоточными измерениями на длинных и коротких базовых линиях – таких как обеспечение точного захода самолетов на посадку и автоматическое приземление, картографирование, геодезические и геофизические измерения и многих других.

Согласно календарному плану выполнения работ по модернизации системы NAVSTAR GPS ожидается трансляция сигнала $L5$ с 18 спутников ориентировочно в 2012 году. Средства передачи третьего гражданского сигнала на частоте 1176.45 МГц ($L5$) будут установлены на первом спутнике серии Block IIF, производства фирмы Боинг (Boeing), так же как и для передачи C/A-кода на частоте L2 и M-кода на частотах $L1$ и $L2$, как показано на рис. 4.17 [14].

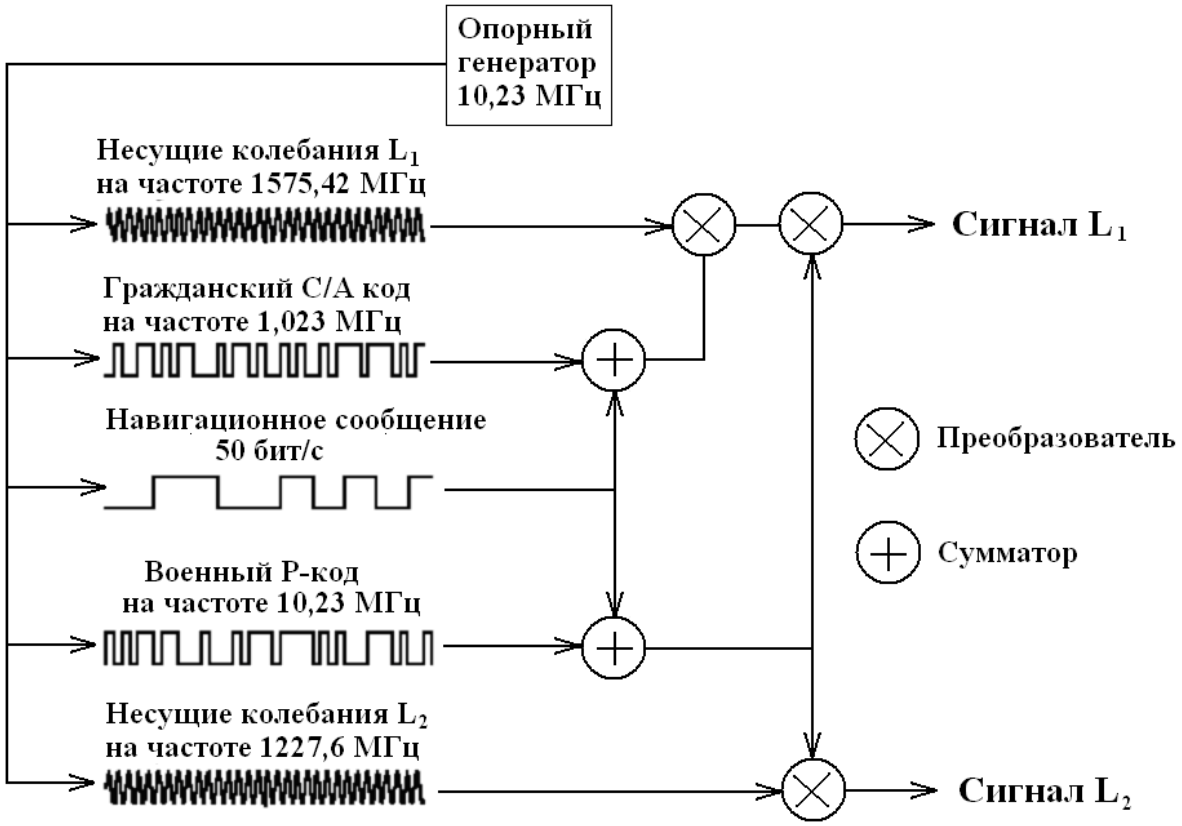


Рис. 4.16. Схема модуляции спутникового радиосигнала в системе NAVSTAR GPS

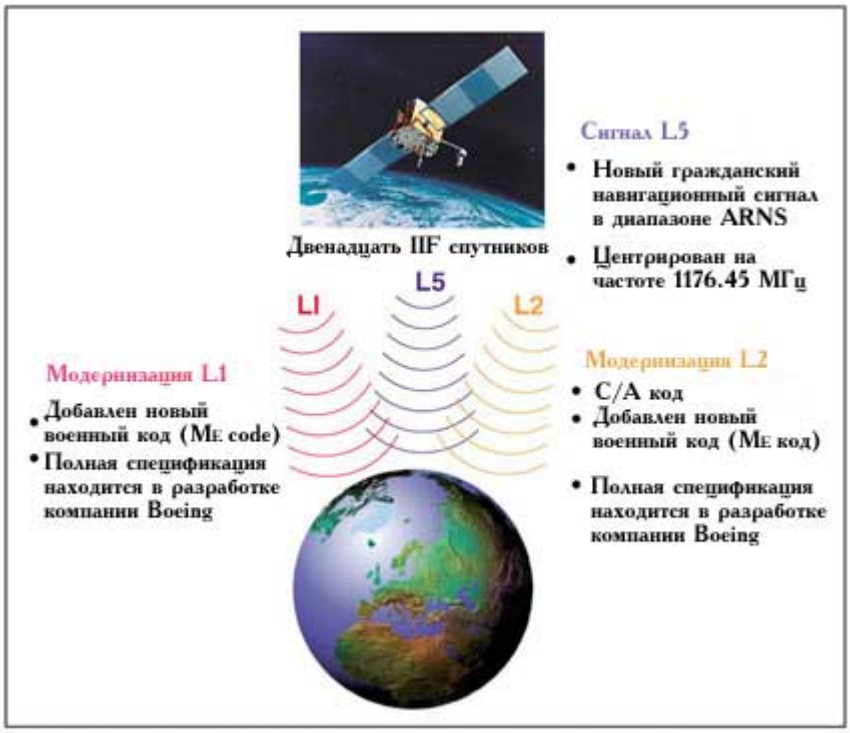


Рис. 4.17. Модернизация системы NAVSTAR GPS

Всего на частотах *L*1 и *L*2 передаются три вида кодовых данных:

Гражданский Р код это псевдослучайный радиошум (PRN), который передается на частоте 1,023 MHz. Этот код повторяется каждую миллисекунду. Уравнения для раскодирования С/А кода известны и общедоступны, поэтому С/А код доступен для гражданского применения. Этот код используется большинством гражданских приемников для целей навигации, геодезии и картографии. Гражданский С/А код модулируется на частоте *L*1.

Военный Р - код это второй псевдослучайный радиошум (PRN), который модулируется в GPS сигнал и передается на частоте 10.23 MHz. Этот сигнал повторяется каждые 267 дней. Этот циклический период делится на 38 семидневных сегментов. Шесть из них зарезервированы для целей управления и не используются. Оставшиеся семидневные сегменты присвоены различным спутникам, поэтому каждый спутник имеет уникальный код, ассоциированный только с ним. Так как Р - код одновременно передается на частотах *L*1 и *L*2, то этим частично компенсируется ошибка задержки радиосигнала в ионосфере, поэтому точность определения координат с использованием Р - кода на порядок выше. До недавнего времени уравнения для декодирования Р - кода были засекречены, однако в результате утечки секретной информации уравнения для расшифровки Р-кода стали доступны широкому кругу специалистов. В связи с этим американское оборонной ведомство приняло меры дополнительной защиты Р - кода: в любой момент времени без предупреждения может быть включен режим AS (Anti Spoofing). При этом выполняется дополнительное кодирование Р - кода, и он превращается в Y - код. Расшифровка Y - кода возможна только аппаратно, с использованием специальной микросхемы (криптографического ключа).

Спутниковое навигационное сообщение это особый низкочастотный радиосигнал, который передается 50 раз в секунду. Навигационное сообщение содержит описание GPS спутниковых орбит, коэффициенты коррекции бортовых часов спутников, информацию о параметрах атмосферы и другие системные параметры. Эти декодированные данные также называют эфемеридами спутников. Эфемериды используются при планировании работ с применением GPS оборудования и для определения про-

странственных координат. Спутниковое навигационное сообщение передается на частотах $L1$ и $L2$.

Созвездия ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS полного состава обеспечат непрерывную глобальную навигацию военных и гражданских потребителей за счёт использования двух типов сигналов: стандартной точности для гражданских потребителей и высокой точности для военных потребителей.

Сегмент наземного контроля и управления – часть Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), состоящая из расположенной на земле сети станций слежения за спутниками, равномерно размещенных по территории страны, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и станцией загрузки данных на борт спутников. С пунктов слежения дважды в сутки лазерным дальномером измеряются расстояния до каждого из спутников. Собранную информацию о положении спутников на орбитах (эфемеридах) передают на бортовой компьютер каждого спутника. Наземные передающие антенны расположены так, что каждый спутник ежедневно имеет, по крайней мере, три сеанса связи с системой слежения. Схема обновления бортовых эфемерид спутников приведена на рис. 4.18.

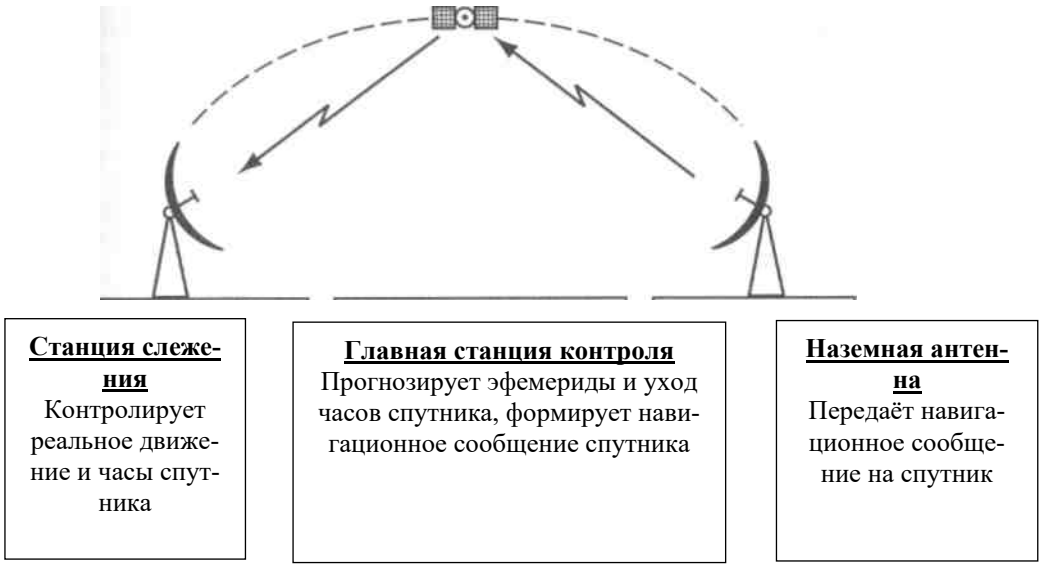


Рис. 4.18. Измерение, прогнозирование и обновление эфемерид спутника

Спутники непрерывно излучают для пользователей измерительные радиосигналы, данные о системном времени, свои ко-

ординаты и другие сведения. Расположение мониторинговых станций приведено на рисунках 4.19 и 4.20 [15].

Сегмент пользователя – часть ГНСС, состоящая из аппаратуры пользователей [16]: большого числа гражданских и военных GPS - приемников, в которых полученный со спутников сигнал декодируется, из него выделяются кодовые последовательности, а также служебная информация. Полученный со спутников код сравнивается с внутренним кодом приемника, по этим данным определяется задержка прохождения радиосигнала и расстояния от спутников до приемника.



Рис. 4.19. Размещение станций контроля и управления системой NAVSTAR GPS:
• — станции слежения; ■ — главные станции контроля; ▲ — наземные антенны

Координаты приёмника пользователя в системе определяются посредством их расчёта по псевдодальностям до спутника. Псевдодальности рассчитываются по временным задержкам T_i сигнала по трассе «i-ый спутник – приёмник» и известной скорости распространения радиоволн c без учёта поправки за расхождение часов спутника и приемника [17]:

$$D_i = c\, T_i\,.$$

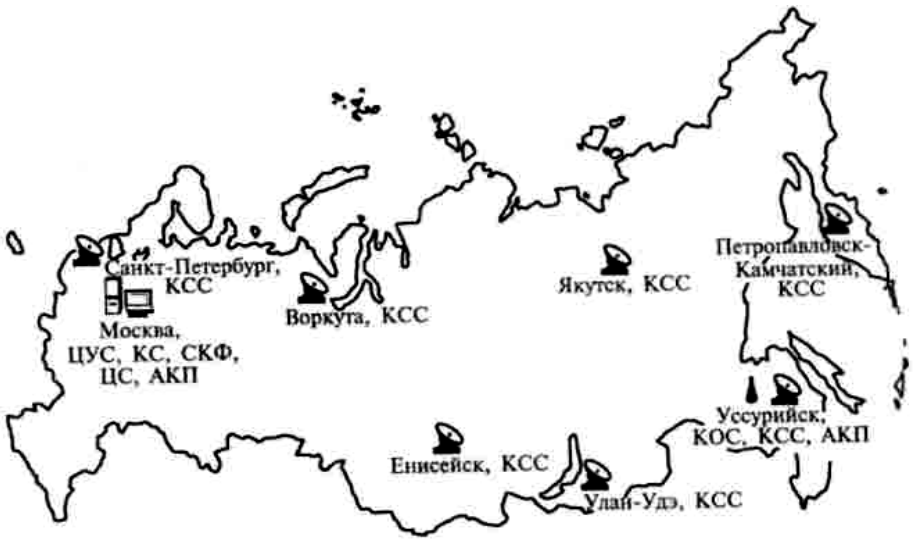


Рис. 4.20. Размещение станций контроля и управления системы ГЛОНАСС:
ЦУС – центр управления системой ГЛОНАСС; ЦС – центральный синхронизатор;
КС – контрольная станция; СКФ – система контроля фаз; КОС – квантово-оптическая станция;
АКП – аппаратура контроля параметров; КСС – контрольная станция слежения

T_i измеряются в результате сопоставления принятых псевдослучайных кодов и генерируемых в приёмнике копий этих кодов с учётом априори известных моментов излучений сигналов спутника. При этом могут использоваться также соответствующие измерения разностей фаз несущих частот. Предварительно для определения координат проводится компенсация эффекта вращения Земли, тропосферных и ионосферных ошибок.

Для решения задачи определения места и коррекции временной шкалы образуется система уравнений, неизвестными которой являются три координаты X, Y, Z и ошибка шкалы времени потребителя T’, проявляющаяся при априорном определении момента излучения сигнала навигационного космического аппарата [17]:

$$D_i = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} + c\ ',i = 1,T\ N.,$$

где $X,\ Y,\ Z$ – прямоугольные координаты определяющегося объекта, на котором размещена навигационная аппаратура пользователя в геоцентрической системе координат; $X_i,\ Y_i,\ Z_i$ – такие же координаты і-го навигационного космического аппарата;

T' – расхождение шкал времени навигационных космических аппаратов и приёмников пользователя; *i=1,..., N* – число навигационных космических аппаратов

Учитывая, что неизвестных оказывается 4, поэтому для расчета четырехмерной координаты местоположения приемника (*X, Y, Z*, Time) требуется принять радиосигнал как минимум от четырех спутников. GPS-приемники используются для целей навигации, определения пространственных координат, определения точного времени и для других исследований. Обеспечение навигации в трехмерном пространстве является основной функцией GPS, для этой цели созданы приемники для самолетов, кораблей, автомобилей, индивидуальные ручные приемники. GPS сигналы используются также для определения точных координат (геодезические приемники), для астрономических наблюдений, для измерения параметров атмосферы и др.

Каждый спутник и приемник имеет встроенные часы, которые точно синхронизированы с всемирным навигационным временем. Это позволяет и спутнику и приемнику в один и тот же момент времени генерировать одинаковый псевдослучайный код, как показано на рис. 4.21.



Рис. 4.21. Определение расстояния от GPS спутника до приемника

Когда приемник получает и расшифровывает код от спутника, он просматривает в обратном направлении свой собственный код и определяет промежуток времени, который прошел с того момента, когда приемник генерировал тот же код, который он принял от спутника. По известному времени прохождения радиосигнала от фазового центра передающей антенны спутника до фазового центра антенны приемника, определяется расстояние между ними. Аналогичным образом измеряются расстояния и до других спутников, попадающих в поле зрения GPS приемника.

В геодезических целях для обеспечения сантиметрового уровня точности измерений необходимо синхронизировать ход часов на спутнике и в приёмнике с ошибкой не более нескольких сотых долей наносекунды (1 нс = $1 \cdot 10^{-9}$с), так как электромагнитное излучение проходит за одну наносекунду расстояние, равное 30 см [18].

Опорные генераторы являются основой устройств, с помощью которых отсчитывается время на спутнике и на земной станции. Несинхронность работы этих генераторов, следовательно, несинхронность хода часов на спутнике и на земной станции, приводит к существенному различию между истинным и измеренным значениями расстояния между спутником и точкой на Земле.

Пространственные координаты фазового центра GPS приемника определяются пространственной линейной геодезической засечкой (методом пространственной трилатерации) от спутников с известными координатами, как показано на рис. 4.22. Для случая трехмерного пространства, измеренные расстояния до трех спутников дадут только две точки пересечения в пространстве, одна из которых может быть проигнорирована, так как она будет находиться далеко за пределами земного шара.

Теоретически радиус - векторы, соответствующие измеренным расстояниям от спутников до приемника, отложенные от спутников с известными координатами, должны пересечься в одной точке, но на самом же деле этого не происходит. Это вызвано тем, что кварцевые часы приемника имеют гораздо меньшую точность, чем высокоточные атомные часы спутников. Так, если в схему, показанную на рис. 4.20, ввести измерение дальности до четвертого спутника, то в результате в трехмерном пространстве

вместо одной точки пересечения получатся четыре точки, удовлетворяющие условию пространственной геодезической засечки.

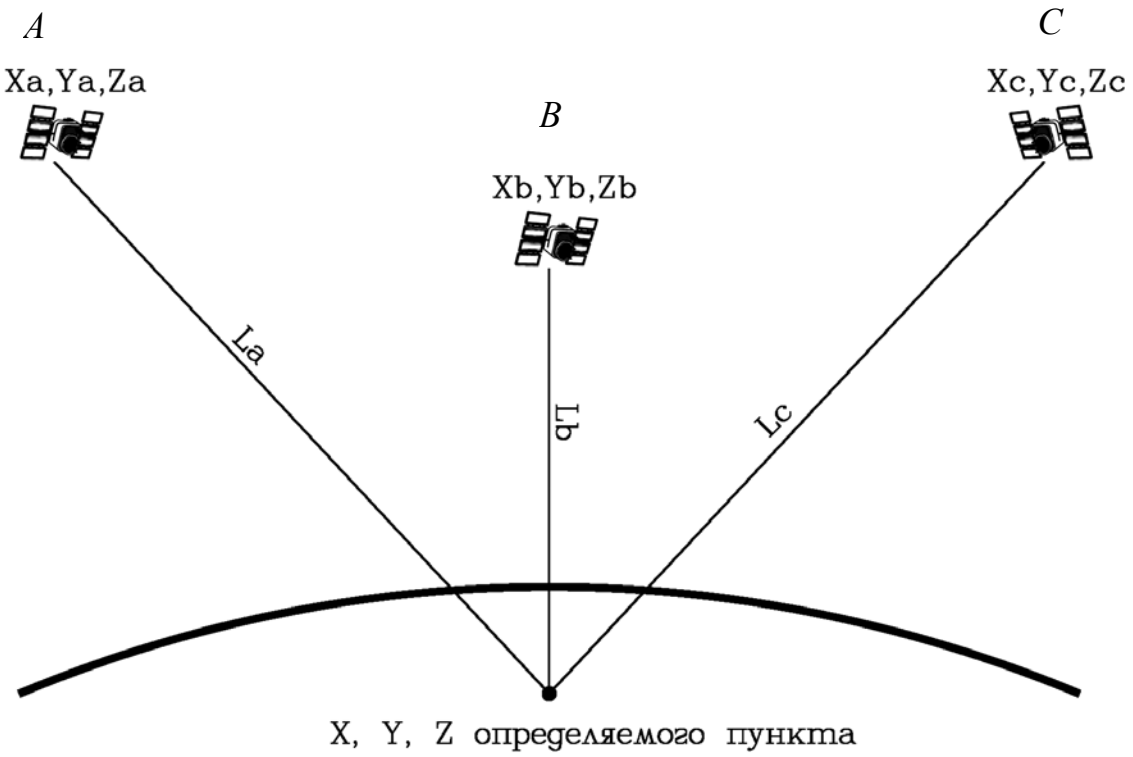


Рис. 4.22. Схема определения пространственных координат точки комплексом спутниковой геодезии

Возникающая неоднозначность в определении координаты искомой точки устраняется использованием алгоритма обработки псевдодальностей. Для упрощения этот алгоритм представлен на рис. 4.23 для случая плоской двухмерной засечки, в случае же реального трехмерного пространства добавится только одно измерение дальности до четвертого спутника.

В данном случае приемник находится в точке *X*, равноудаленной от спутников *A*, *B* и *C* на расстояние, эквивалентное 5 - секундному времени прохождения радиосигнала. В случае абсолютно точного измерения расстояний, все три радиус - вектора должны пересечься в точке *X*.

На самом деле измеренное приемником расстояние до спутников эквивалентно 6-секундному интервалу времени прохождения радиосигнала. В этом случае пересечение радиус - век-

торов, отложенных от спутников *A* и *B* даст точку пересечения *XX*, а введение в схему третьего измерения до спутника С даст дополнительно еще две точки пересечения.

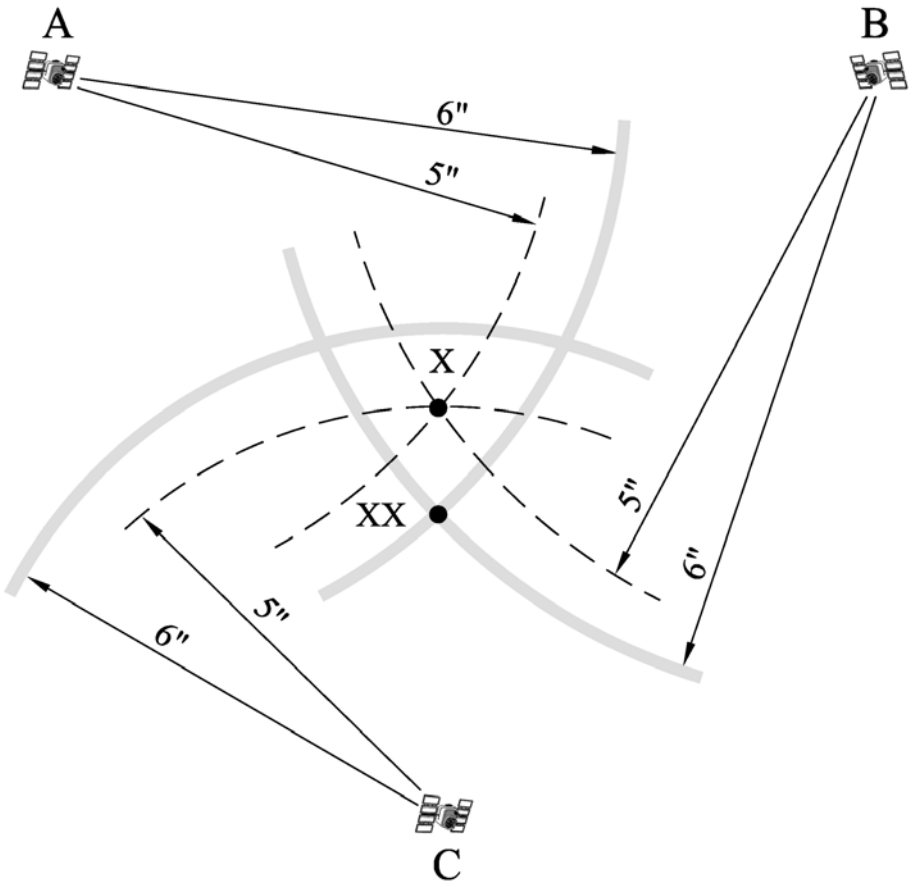


Рис. 4.23. Схема алгоритма обработки псевдодальностей

Зная причину этого явления – неверный ход внутренних часов GPS приемника, легко найти точку истинного местоположения фазового центра приемника. В данном случае встроенный микрокомпьютер приемника начинает прибавлять и вычитать одно и то же время от произведенных измерений дальностей до спутников. Так, в вышеописанном случае, компьютер определит, что вычитание одной секунды из всех трех измерений дальностей даст пересечение радиус-векторов в одной точке *X*, это также позволит сделать вывод, что внутренние часы приемника спешат на одну секунду. В случае двухмерного пространства – плоской задачи необходимо произвести минимум три измерения дальности до спутников, в случае же реального трехмерного пространства необходимо произвести четыре измерения расстояний до че-

тырех спутников. Этим объясняется одно из основных требований определения координат комплексами спутниковой геодезии – необходимость производить измерение расстояний как минимум до четырех спутников с известными пространственными координатами.

Точность вышеописанного способа определения координат одиночным приемником, использующего только гражданский Р код будет составлять около 5 - 10 метров, что является неприемлемым для применения таких измерений в геодезической и маркшейдерской практике. Причина такой низкой точности определения координат обусловлена тем, что при прохождении через атмосферу Земли спутниковый радиосигнал претерпевает искажения, основное из которых – ионосферная задержка радиосигнала. Исключить влияние ионосферных задержек радиосигнала и других неблагоприятных факторов можно применением технологии «дифференциальной GPS» (рис. 4.24), которая позволяет получать координаты определяемой точки с миллиметровой точностью.

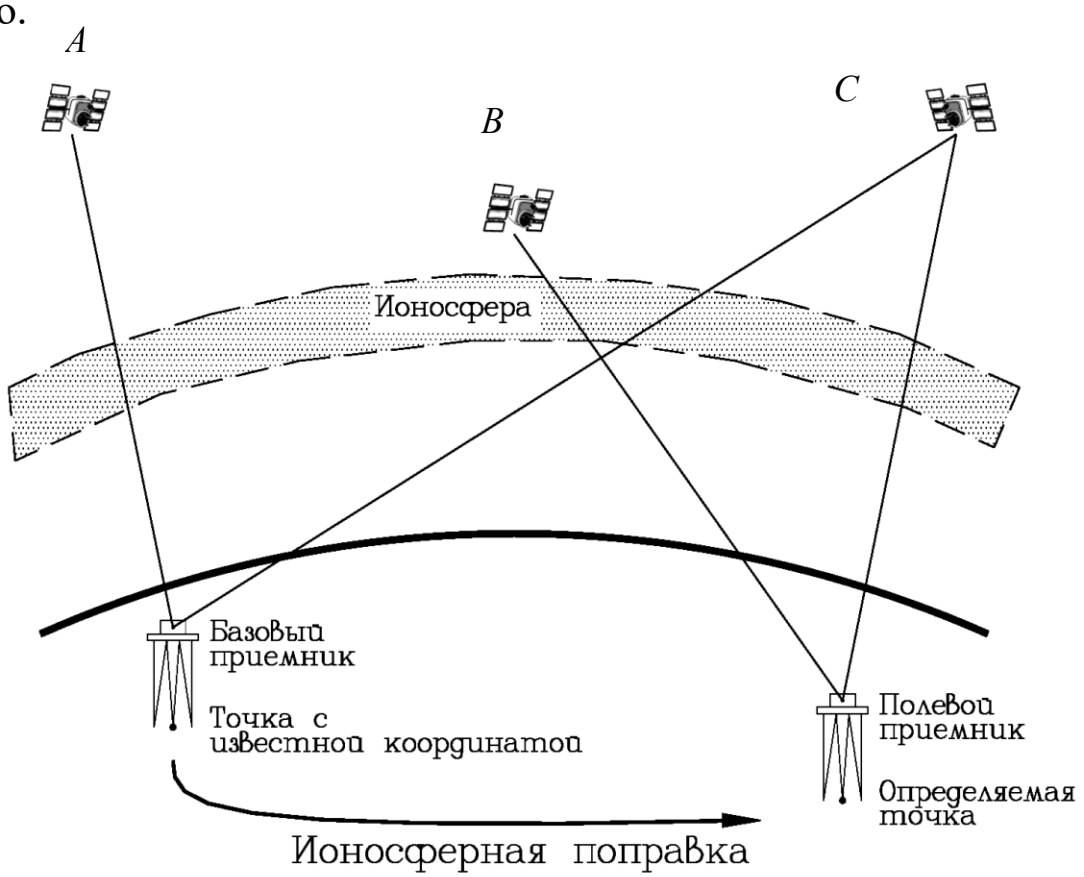


Рис. 4.24. Применение технологии дифференциальной GPS для определения точных координат точки

Основная идея этой технологии состоит в том, что один из приемников (базовый приемник) помещается на точку с заранее известными координатами, так называемую базовую станцию, и ведет непрерывные спутниковые наблюдения весь сеанс GPS съемки. В результате такого наблюдения определяется величина ионосферной поправки, равная разнице заранее известных координат точки и ее координат, полученных в результате сеанса спутниковых наблюдений. Полученная величина ионосферной поправки вводится в результаты спутниковых наблюдений на определяемых точках. При этом главным условием работы в режиме дифференциальной GPS является обеспечение одновременного приема сигнала от общих спутников базовым и полевым приемниками. Так как величина ионосферной поправки является постоянной на довольно обширных территориях, то технологию дифференциальной GPS возможно использовать без снижения точности определения координат для наблюдения базовых линий длиной от 1 метра до 1000 км.

Ионосферная поправка может вноситься в результаты измерений двумя способами. В первом случае величина поправки передается на приемник, определяющий координаты точки либо по радиомодему с использованием выделенного радиоканала, либо через систему специальных радиомаяков в режиме реального времени. Во втором случае ионосферная поправка учитывается во время обработки результатов измерений в камеральных условиях. Выбор способа передачи величины ионосферной поправки целиком зависит от задач съемки.

В случае необходимости получения определяемых координат с точностью 3-5 см прямо в поле, целесообразно получение ионосферных поправок по радиоканалу. В случае, когда существует необходимость в выполнении высокоточных геодезических работ, ионосферная поправка будет учитываться при камеральной обработке данных полевых измерений.

Основным режимом сбора данных для всех дифференциальных GPS съемок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от

конкретного вида съемки и количества спутников, от которых идет прием радиосигнала, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

Одним из наибольших отличий GPS съемок по сравнению с традиционными видами геодезических съемок заключается в том, что приращения координат между станциями вычисляются на математическом эллипсоиде WGS-84 (World Geodetic System) в геоцентрической системе координат, а не в принятой плановой системе координат. При этом вычисляется положение определяемых станций относительно базовых, которые затем трансформируются на используемую модель эллипсоида в принятой картографической проекции, например на эллипсоид Красовского в прямоугольной проекции Гаусса. Существует несколько способов трансформации координат с эллипсоида WGS-84 в пользовательские системы координат. Среди них наиболее распространенными являются способы «3 параметра» (Молоденского), способ «7 параметров», способ пространственного вращения сети и полиномиальная регрессия.

Все вычисления в GPS производятся в геоцентрической системе координат с использованием параметров математического эллипсоида WGS - 84, центр которого совпадает с центром тяжести Земли. В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности (задачи землеустройства) и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS - 84, как это показано на рис. 4.25.

Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS измерений и геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

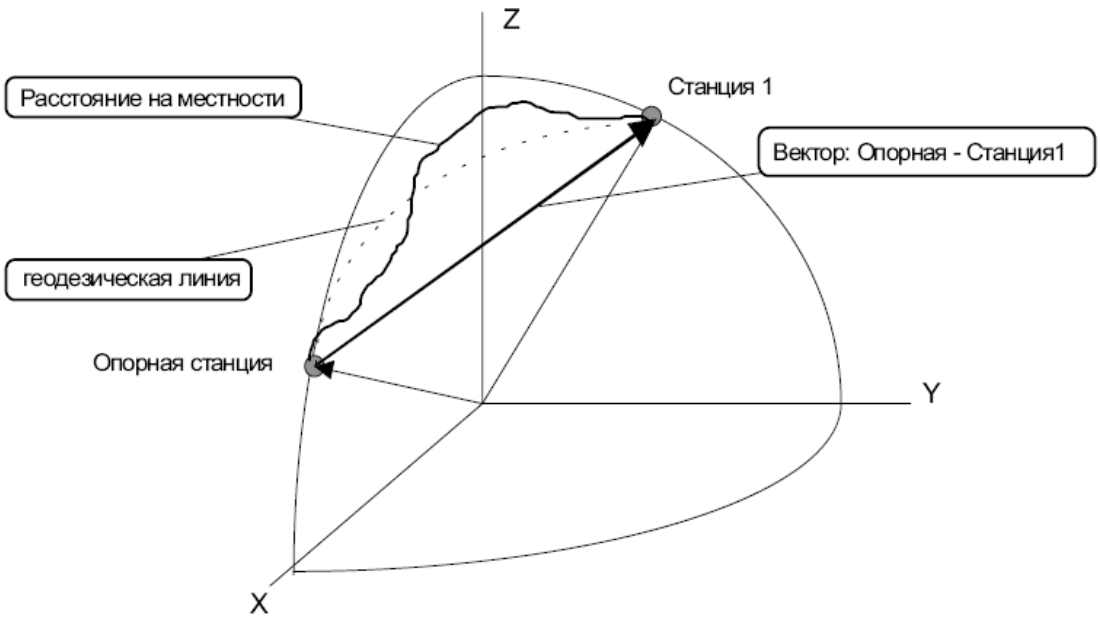


Рис. 4.25. Вектор и геодезическая линия на эллипсоиде WGS-84

Несколько более сложно при спутниковых геодезических измерениях определить нормальную высоту точки наблюдений – «отметку в Балтийской системе высот». Дело в том, что при трансформации координат из геоцентрической системы вычисляется эллиптическая высота точки наблюдения *h*, отсчитываемая от поверхности принятого эллипсоида, как показано на рис. 4.26.

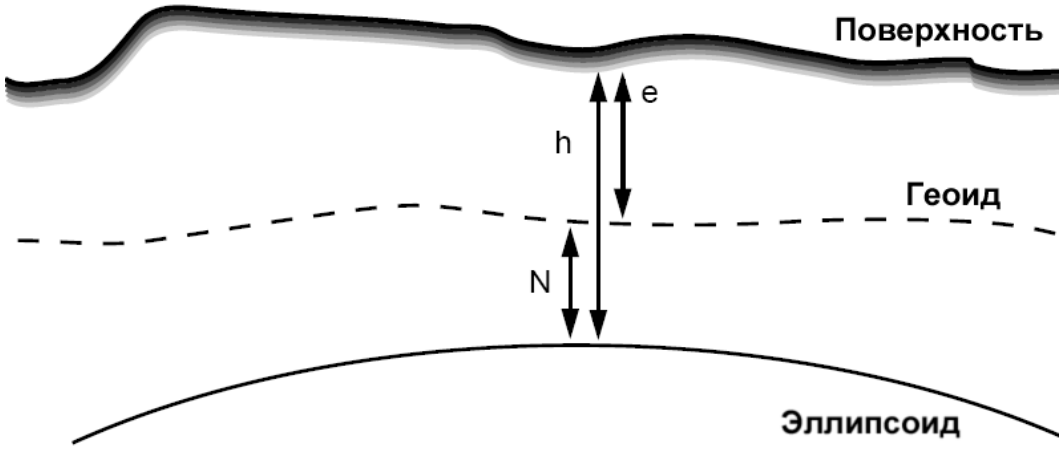


Рис. 4.26. Системы высот, применяемые в геодезии

На территории Российской Федерации принята система нормальных высот, которые отсчитываются по отвесной линии от поверхности геоида, поэтому на самом деле наблюдаемая точ-

ка должна иметь высоту *e*, а не *h*. Задача перевода высот решается с использованием карт аномалий высот или моделей геопотенциалов, таких как EGM - 96 или РГГ - 2000, когда все геодезические высоты WGS – 84 приводятся к нормальным. Поскольку для небольших участков земной поверхности геоид является относительно плавной поверхностью, наклоненной к поверхности эллипсоида, то использование математических моделей геопотенциала в большинстве случаев позволяет получить корректный результат трансформации высот. В случае, когда на участке ведения геодезических работ имеются существенные аномалии гравитационного поля, целесообразно дополнительно использовать при уравнивании сети достаточно большое количество исходных пунктов с известными нормальными высотами. Такие пункты включаются в геодезические построения и используются в качестве исходных для фиксации геодезической сети в вертикальной плоскости.

4.2.2. Технологии съемок комплексами глобальных спутниковых систем

Технологическая схема производства глобальных навигационных спутниковых систем в общем виде включает [19]:

- подготовительные работы;
- полевые измерения;
- камеральную обработку полевых измерений;
- оценку точности измерений.

В состав подготовительных работ входят:

- составление прогноза видимости спутников на участке работ;

- предварительный расчет геометрического фактора;

- определение рационального времени проведения съемочных работ;

- составление схемы передвижения между определяемыми точками маршрута;

- подготовка каталога координат точек маршрутов с занесением их в накопитель данных (контроллер).

Составление прогноза видимости спутников позволяет

определить интервалы времени непрерывной видимости заданного числа спутников на участке съемочных работ.

Составление прогноза видимости спутников и расчет геометрического фактора производится на основе альманаха, принимаемого навигационной аппаратурой пользователя. Также альманах может быть загружен с использованием ресурсов глобальной сети Интернет, например, с официального сайта фирмы «Trimble» (http://www.trimble.com/gpsdataresources.shtml).

Расчет видимости спутников и параметров геометрического фактора производится в вычислительном устройстве самого приемника или на персональном компьютере.

Выполнение расчета на компьютере предпочтительнее, так как позволяет быстро выявить все необходимые сведения о состоянии созвездия навигационных спутников с распечаткой (при необходимости) этих сведений на принтере.

Для расчета видимости спутников и геометрического фактора кроме альманаха в память вычислительного устройства приемника должны быть занесены: дата и время выполнения работ, приблизительные географические координаты района работ, высота, маска по возвышению спутников.

Большое значение при планировании спутниковых съёмок имеет правильный выбор минимального значения маски угла возвышения. При установленной маске угла возвышения приемник начинает вести приём радиосигнала не от всех спутников, а только от тех, угол возвышения которых больше или равен маске угла возвышения. Это позволяет избежать влияния атмосферных эффектов и интерференции радиоволн, вызванной близко расположенными объектами. В соответствии с инструктивно-норматив-ными документами [8, 20] не рекомендуется наблюдать спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее 15º. т. к. в противном случае полученные данные будут значительно искажаться влиянием атмосферной рефракции. В работе [16] указывается, что для рядовых работ маска угла возвышения обычно принимается равной 15º, а для особо ответственных - 17-21º.

Например, планирование полевых работ с применением аппаратуры фирмы «Trimble» выполняется в программном паке-

те «Trimble Geomatics Office» с использованием утилиты «Planning». Выбор времени наблюдений осуществляется на основе графиков «Количество наблюдаемых спутников» (рис. 4.27) и «Показатели точности наблюдений» (рис. 4.28).

Показатель DOP является индикатором качества GPS-определений координат точек, учитывающий расположение каждого спутника относительно других спутников созвездия и их расположение относительно GPS - приёмника.

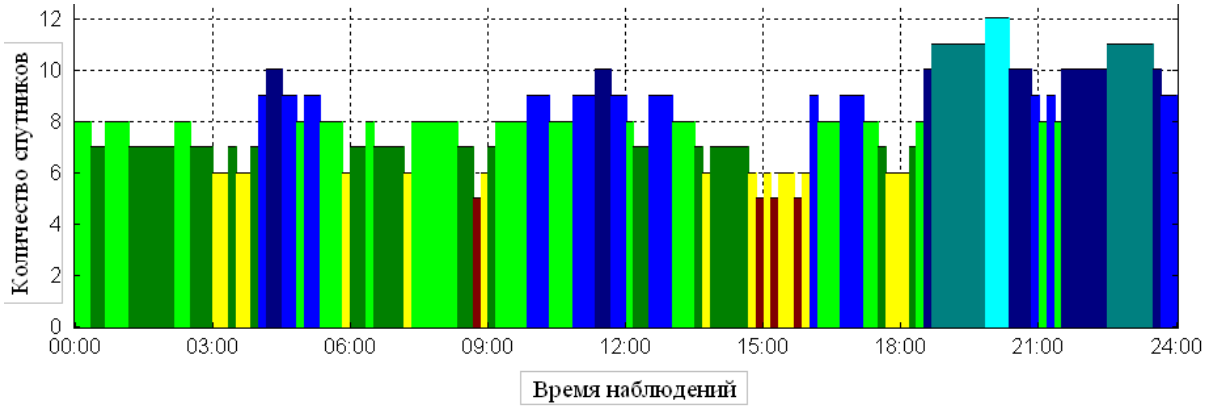


Рис. 4.27. Количество наблюдаемых спутников

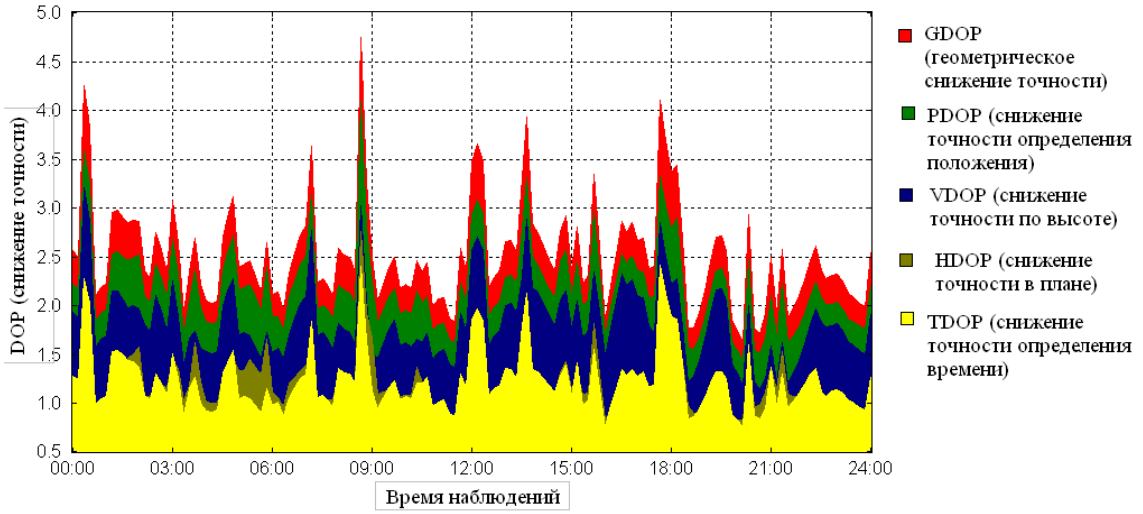


Рис. 4.28. Показатели точности наблюдений

Низкое значение DOP указывает на более высокую вероятность получения результатов с высокой точностью. Различают следующие коэффициенты потери точности в определении координат и времени, связанные с конфигурацией (геометрией расположения) наблюдаемых спутников [2]:

PDOP − коэффициент потери точности совокупного определения местоположения;

GDOP − коэффициент потери точности геометрического (по вектору положения) местоположения;

HDOP − коэффициент потери точности определения горизонтального (планового) местоположения;

VDOP − коэффициент потери точности определения вертикального (высотного) местоположения;

TDOP − коэффициент потери точности определения времени.

Одним из основных показателей точности является критерий точности определения положения точки PDOP. Геометрически величина PDOP обратно пропорциональна объёму пирамиды, образованной линиями, исходящими из приёмника до четырёх наблюдаемых спутников.

Численно считается, что значения PDOP лежащие в пределах от 1 до 7 являются хорошими для производства топографо-геодезических работ, в эти интервалы времени рекомендуется производить спутниковые определения координат, а значения PDOP большие 7 - плохие, и в этот период времени необходимо воздержаться от выполнения спутниковых измерений. При выполнении высокоточных геодезических работ значения PDOP на должны превышать 3 - 4. Предельное значение фактора PDOP, принятое для определенного вида работ, называется маской PDOP, приемник спутниковых сигналов постоянно вычисляет значение фактора PDOP, и если его значение начинает превышать заранее установленное значение маски, то приемник прекращает запись спутникового радиосигнала во внутреннюю память до тех пор, пока значение PDOP не снизится до допустимых значений [16].

Подготовка координат заключается в выборке их значений из каталогов или снятии с топографических карт масштабов 1:10000 - 1:50000 (в зависимости от требуемой точности), перевычислений координат в рабочую систему координат приемника, занесении в библиотеку путевых точек приемника.

Занесение координат точек в память приемника производят вручную с использованием контролера или из компьютера через порт связи. В последнем случае координаты должны быть

записаны в файле в соответствующем формате.

Типичная последовательность действий в рамках проекта по выполнению полевых измерений, камеральной их обработки и оценки точности показана на рис. 4.29 [21].

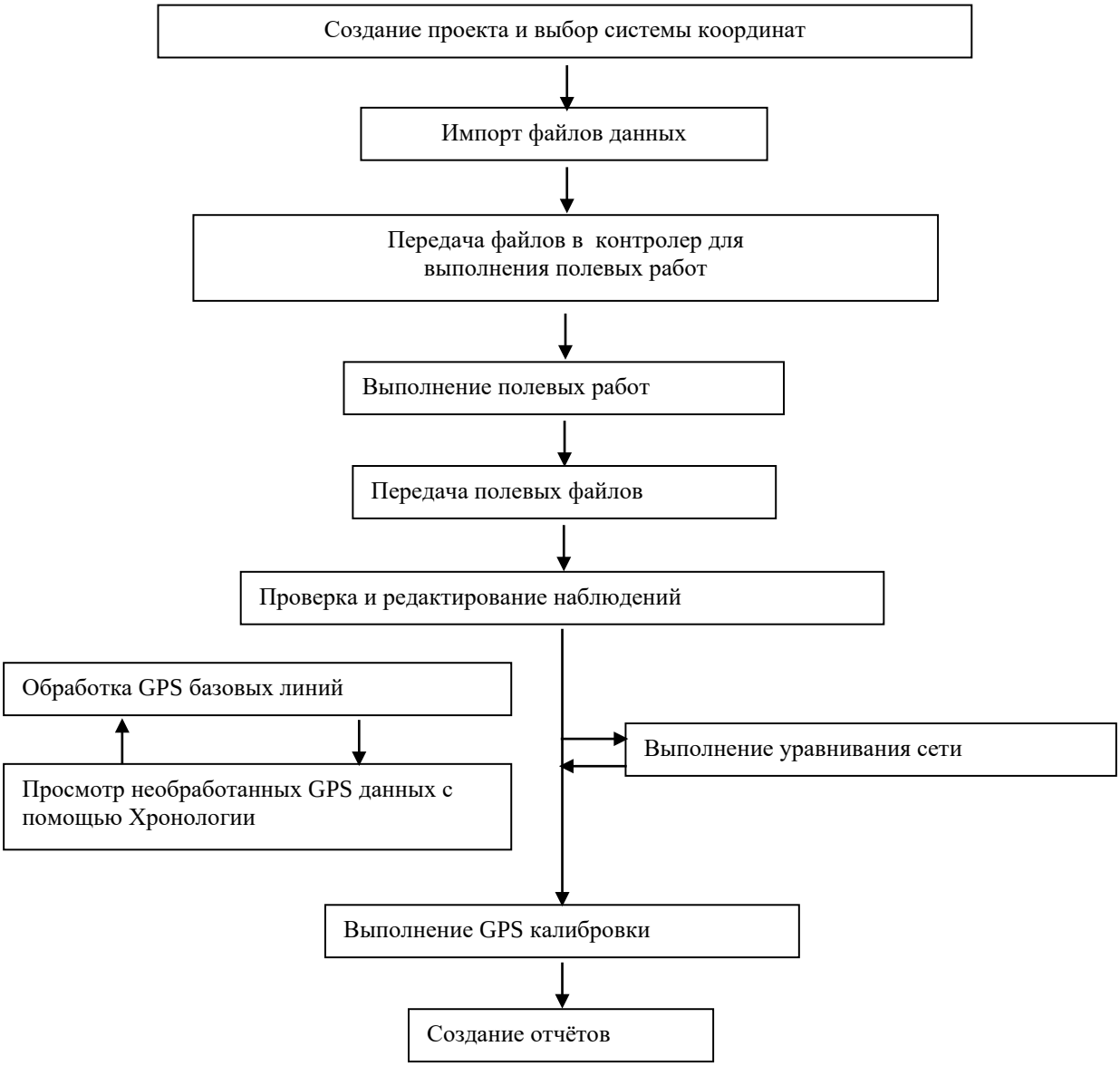


Рис. 4.29. Методика GPS-обработки

При спутниковых наблюдениях, например в режиме статики, как правило, используются следующие стандартные установки приёмников: интервал записи измерений 5 секунд, ограничения по возвышению спутников 15 градусов, время сбора данных при приёме с 6 и более спутников 8 минут.

Существенное влияние на точность спутниковых определений оказывают: время накопления информации на точке, вы-

бор времени измерений в соответствии с расчетом видимости достаточного количества спутников и параметров геометрического фактора, закрытие видимости на отдельные спутники деревьями или искусственными сооружениями.

В работе [10] приводится следующая классификация способов определения координат объектов посредством спутниковых навигационных систем:

- абсолютные (безотносительные) способы определения геоцентрических координат:

- *автономный* (autonomous);

- *дифференциальные* (кодовые DGPS и фазовые PDGPS определения);

- относительные способы определения пространственных векторов – базовых линий (relative, baselines):

- *статические*:

✓ ускоренная статика (fast, rapid statics);

✓ псевдостатика (pseudostatics, reoccupation);

- *кинематические* (kinematics):

✓ непрерывная (continuous), постобработка;

✓ «стой и иди» (Stop and Go»), постобработка;

✓ реального времени (Real Time K – RTK).

Метод абсолютных определений предполагает получение координат в единой системе, носителем которой является комплекс станций наземной подсистемы контроля и управления.

Автономные определения выполняются по принципу пространственной обратной линейной засечки, образованной измеренными псевдодальностями до 4-х и более спутников с одной точки, на которой размещён спутниковый приёмник. Точность автономных определений местоположения ограничена рядом факторов, среди которых основным является влияние погрешностей эфемерид спутников и в среднем составляет 5 м [10, 20].

В *дифференциальном способе* измерения одновременно выполняются двумя приёмниками. Один приёмник (базовый - base) ставится на пункте с известными координатами, а другой приёмник (подвижный - rover), размещается над определяемой точкой. Поскольку координаты базовой станции известны, то их можно использовать для сравнения с вновь определяемыми и

находить на этой основе поправки для подвижной станции.

При выполнении коррекции координат (координатный способ) непосредственно корректируются координаты мобильной станции. Поправки получают на базовой станции как разности между истинными (эталонными) и определяемыми спутниковым приёмником координаты. Необходимым условием реализации координатного способа является использование идентичных созвездий навигационных спутников для вычисления местоположения на опорном и определяемом пунктах. При полном развертывании орбитальных группировок спутниковых систем (когда одновременно в зоне видимости СП могут находиться более четырех НИСЗ), выполнение условия относительно продолжительного совпадения рабочих созвездий НИСЗ на опорном и определяемом пунктах становится затруднительным из-за довольно частой смены НИСЗ в созвездии (при заданном геометрическом факторе). Поэтому реализация координатного способа относительных определений трудновыполнима.

При выполнении коррекции первичных навигационных параметров (псевдодальностей, псевдоскоростей) на базовой станции вычисляются поправки к измеренным навигационным параметрам по всем видимым НИСЗ. Для этого одновременно с измерениями навигационных параметров находят их расчетные значения, используя данные эфемерид и истинные координаты базовой станции. Разности между измеренными и расчетными значениями используются в качестве дифференциальных поправок.

При *кодовых измерениях* поправки дифференциальной коррекции вычисляются как разности между истинными и определяемыми значениями координат базовой (опорной) станции или как разности псевдодальностей, вычисленных по координатам и измеренных на базовой станции.

Дифференциальные поправки передаются на подвижный приёмник при помощи радио или сотовой связи и вводятся в координаты или псевдодальности, полученные на определяемом пункте. Поправки могут вводиться и в режиме постобработки – окончательной обработке данных в камеральных условиях с целью получения координат пунктов. Точность дифференциального позиционирования на основе кодовых измерений составляет 5 - 7 м.

Дифференциальные коррекции применяют и к *фазовым измерениям*. Существует два варианта передачи поправок: в форме необработанных измерений фазы и в форме поправок к фазе несущей. Коррекции к фазовым дальностям повышают точность до уровня 1-5 см (PDGPS) [3].

Геодезические приёмники обычно имеют вход, позволяющий принимать в форматах RTCM (Radio Technical Comission for Maritime Services) SC - 104 поправки в псевдодальности по каждому спутнику. Наличие RTCM - выхода, в свою очередь, даёт возможность использовать приёмник в качестве базового для генерирования и трансляции по дополнительному цифровому радиоканалу поправок на другие приёмники. Для передачи дифференциальных поправок используется средневолновый (275-2000 кГц) и УКВ (390-1550 МГц и 3-300 ГГц) радиоканалы.

Существуют сотни базовых станций, расположенных в разных странах мира, передающие дифференциальные коррекции в стандартном международном формате RTCM SC - 104. Например, работают в Германии 5, Нидерландах 5, Финляндии 11, Швеции 21 станция. С 1998 г. действует бесплатная открытого пользования DGPS станция под Санкт-Петербургом. Она передаёт дифференциальные поправки в международном формате на частоте 298,5 кГц на расстояния до 150 км на суше и до 300 км на море. Опытная базовая станция действует в Москве на территории ГАИШ МГУ им. М.В. Ломоносова.

В настоящее время широкое развитие в мире получили различные *навигационные дифференциальные подсистемы*. Их условно подразделяют [10]:

- локальные;
- региональные;
- широкозонные или глобальные.

Локальные навигационные дифференциальные подсистемы имеют зону действия в радиусе 50-200 км от контрольно-корректирующей станции. В ряде стран созданы специальные активные сети базовых станций. Так, на территории Германии действует 260 базовых станций службы SAPOS, расстояния между станциями от 10 до 50 км. С 2004 г. в Москве и Московской области функционирует спутниковая система межевания земель (ССМЗ) в составе 22 базовых (референцных) станций и вычисли-

тельного центра (ВЦ). Базовые станции располагаются на расстоянии от 30 до 80 км. В сети ССМЗ дифференциальные поправки получают с ВЦ системы, которые программное обеспечение интерполирует по нескольким базовым пунктам, т.е. применяется сетевая структура коррекции данных [13]. ССМЗ обеспечивает определение координат объектов в режиме реального времени со средней квадратической ошибкой 2 - 3 см в пределах Московской области на площади свыше 50 тыс. кв. км. С использованием режима постобработки на территории Московской области достигается миллиметровая точность определения координат, а для областей, прилегающих к Московской, на расстоянии 150 - 200 км от ближайших референцных станций – сантиметровая точность [22].

Аналогичные спутниковые системы межевания земель создаются в северо-западном регионе (Санкт - Петербург, Ленинградская и Новгородская области), Красноярском крае и других областях.

Рабочая зона *региональных навигационных дифференциальных подсистем* простирается от 400-500 до 2000 км. Они могут иметь одну или несколько контрольно-корректирующих станций. В европейских странах созданы подсистемы, формирующие дифференциальные поправки: LandSTAR, EuroFix, Startfix и другие. В качестве примера можно привести спутниковую дифференциальную подсистему Startfix с дальностью действия свыше 2000 км, с 60 наземными контрольно-корректирующими станциями и четырьмя геостационарными спутниками, расположенными на высоте около 36000 км над уровнем моря. Геостационарная орбита – круговая орбита, расположенная над экватором Земли (0^0 широты), находясь на которой искусственный спутник обращается вокруг планеты с угловой скоростью, равной угловой скорости вращения Земли вокруг оси, и постоянно находится над одной и той же точкой на земной поверхности. Заявленная точность 1 - 2 м на дальностях до 1000 км и 3м на дальностях свыше 2000 км [10].

В 2004 г. в Харькове и Баку введены в действие региональные навигационные дифференциальные подсистемы. При удалении от дифференциальных станций до 1000 км точность определения координат составляет 0,5 - 2 м. Однако на большин-

стве территорий действия системы обеспечивается дециметровая точность даже при использовании кодовых приёмников [5].

Основой *широкозонных навигационных дифференциальных подсистем* является сеть наземных контрольно-корректирующих станций, ведущих мониторинг за состоянием сигналов навигационных спутников. С них проводятся двухчастотные измерения псевдодальностей для всех навигационных спутников систем. Информация передаётся на главную станцию, где обрабатывается, определяются дифференциальные поправки к эфемеридным данным, шкалам времени, параметрам ионосферной модели. Эти поправки через станции передачи данных передаются на геостационарные космические аппараты, которые передают данные дифференциальные поправки, а также GPS-подобный сигнал пользователям (в диапазоне L1 на частоте 1575,42 МГц). Дополнительные измерения псевдодальностей до геостационарных космических аппаратов повышает точность и надёжность навигационных определений. Размер зоны действия широкозонных навигационных дифференциальных подсистем составляет около 5000 км.

Существуют следующие широкозонные навигационные дифференциальные подсистемы [13]:

- WAAS (Wide Area Augmentation System) – американская дифференциальная подсистема, обеспечивающая северо-американский континент и Северную Атлантику;
- EGNOS (Europen Geostationary Navigation Overlay System) – европейская дифференциальная подсистема, охватывающая европейскую и часть азиатской зоны России;
- MAAS (Multi-Transport Satellite based Augmentation System) – многофункциональная широкозонная дифференциальная подсистема Японии, обеспечивающая регион Японии и Тихого океана между Азией и Америкой, большую часть азиатской территории Российской Федерации;
- GNSS

Примером глобальной *навигационной дифференциальной подсистемы* может служить система OmniSTAR. Она использует распределённую по всему миру сеть станций для сбора информации со спутников GPS. Собранные данные предаются в три цен-

тра управления, откуда транслируются на борт одного из семи геостационарных спутников. Каждый спутник в пределах своей зоны обслуживания передаёт дифференциальные поправки пользователям. Зона действия OmniSTAR охватывает весь мир, за исключением Гренландии, Канады и большей части России [10].

Методы относительных определений основаны на принципе компенсации сильно коррелированных погрешностей (к которым относятся и эфемеридные погрешности) при одновременном определении кодовых и фазовых псевдодальностей до спутников одного и того же созвездия с двух точек. Данные методы выполняются посредством навигационных спутников и минимум двух приемников сигналов, один из которых совмещен с определяемым объектом, а второй устанавливается на опорном пункте с известными координатами, например А и В. Дифференциальные коррекции не определяют, а формируют разности из наблюдений на станциях, на основе которых вычисляют соединяющий эти станции пространственный вектор [10]:

$$D = (X_B - X_A, Y_B - Y_A, Z_B - Z_A)^T .$$

Базовая станция должна иметь точные координаты, чтобы по измеренным приращениям можно было бы вычислить координаты остальных пунктов геодезической сети.

Спутниковые определения относительными методами обеспечивают определение плановых координат и высот в системе координат и высот пунктов геодезической основы.

В *статическом режиме* определение координат производится на неподвижном основании в течение некоторого времени (от минут до часов) с последующей математической обработкой многократных измерений.

Кинематический режим предполагает выполнение спутниковых определений в движении. В этом режиме необходима точная привязка определяемых координат к шкале единого времени.

Динамический режим отличается от кинематического тем, что спутниковый приёмник синхронно работает в комплексе с другой навигационной аппаратурой, например, использующей информацию от инерциальных датчиков.

В зависимости от времени получения дифференциальных

поправок при использовании относительного метода различают два основных способа спутниковых определений: получение скорректированных координат в процессе совместной камеральной обработки (постобработки) измерений на опорном и определяемом пунктах (*псевдодифференциальный*) и в реальном масштабе времени.

При псевдодифференциальном способе следует записать измеренные данные в накопитель и затем при камеральной обработке скорректировать ранее накопленные измерения.

Если точные координаты необходимы на данный момент, то следует использовать дифференциальный режим в реальном времени. В этом случае поправки непрерывно вычисляются на опорной станции и передаются на мобильную станцию по каналу радиосвязи.

Если точное местоположение мобильной станции нужно знать на опорной станции, то применим инверсный дифференциальный режим в реальном времени. При этом координаты мобильной станции по радиоканалу передаются на опорную станцию, где уточняются.

Камеральная обработка спутниковых определений, выполненных абсолютным методом в статическом режиме, включает: осреднение накоплений на определяемых точках; перевычисление координат в систему относимости, принятую для данной съемки; оценку точности; формирование каталога координат, в том числе подготовку данных для программ последующей обработки.

Обработка определений, выполненных абсолютным методом в кинематическом режиме, включает: перевычисление координат; формирование каталогов для программ последующей обработки; вывод графической информации.

Обработка спутниковых определений, выполненных относительным методом с постобработкой информации, проводится в следующей последовательности: перезапись файлов полевых накоплений в директорию с файлами базовой станции для совместной обработки; определение варианта фильтрации измеренных величин и других параметров обработки; управление программами обработки; подготовка каталога координат для программ последующей обработки (при необходимости в комплексе

с геолого-геофизической информацией).

При оценке качества измерений и оптимизации результатов обработки GPS-определений используются следующие информационные показатели [21]:

- тип решения;
- отношение;
- коэффициент дисперсии;
- СКО (RMS);
- сводки отслеживания на станциях и объёдинённая сводка;
- графики поправок навигационных спутников.

Для оценки точности спутниковых определений выполняют контрольные измерения на геодезических пунктах с известными координатами, а также повторные измерения на тех же пунктах. По завершении полевых и камеральных работ сдаче подлежат: материалы полевых измерений; материалы камеральных работ; схема района работ; каталоги координат точек наблюдений; пояснительная записка.

4.2.3. Приборное и программное обеспечение спутниковых съёмок

Подсистема аппаратуры потребителей, представлена различными типами приемников и программного обеспечения обработки спутниковых измерений.

Навигационная аппаратура потребителей ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS начала разрабатываться практически с момента зарождения систем в середине 70 - х годов XX века и прошла в своём развитии ряд этапов, обусловленных главным образом развитием элементарной базы приёмных устройств и средств обработки сигналов и данных, а также соответствующего математического обеспечения [17]. Первые образцы аппаратуры, создавались в одноканальном исполнении, весили десятки килограмм. Современные многоканальные приёмные и процессорные устройства весят на порядок меньше и основную массу устройства в целом составляют элементы конструкции [20]: антенна, блок приёма радиосигналов, микропроцессор, блок управления, блока индикации с дисплеем, запоминающее устройство; устрой-

ство связи с внешней ЭВМ, блок питания. В конкретных конструкциях спутниковых приёмников перечисленные элементы могут быть скомпонованы в один или несколько блоков.

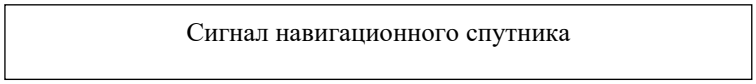
Схематично структура геодезического спутникового приёмника представлена на рисунке 4.30 [13].

Антенный блок принимает радионавигационные сообщения от навигационных спутников. Приёмник генерирует сигнал, который сравнивается с сигналом, полученным от спутника. В измерительном блоке определяются разность фаз этих двух сигналов и кодовая задержка. Вычислительный блок проводит первичную обработку полученной информации от всех навигационных спутников в течение всего времени позиционирования и записывает её в блок памяти прибора. Управление работой всех блоков приёмника осуществляется автоматически.

На рис. 4.30 представлены две блок схемы приёмников, которые различаются применяемым режимом обработки результатов измерений [13]:

а) Если приёмник работает в режиме постобработки, то результаты измерений заносятся в блок памяти приёмника, а по завершении наблюдений предаются в компьютер для постобработки. Для передачи в компьютер приёмник имеет специальные порты подключения и кабель. При полевых работах можно к приёмнику подключить контроллер, с клавиатуры которого вносится информация о пунктах, особенностях наблюдений, высоте антенны.

б) Если приёмник работает в режиме реального времени, то подключение контроллера обязательно. Кроме того, приёмник должен иметь блок связи, по которому передаётся необходимая для обработки информация с базового пункта на определяемый. Контроллер должен быть оснащён программным обеспечением обработки в режиме RTK. Для связи используют специальные радиомодемы или каналы мобильной связи.



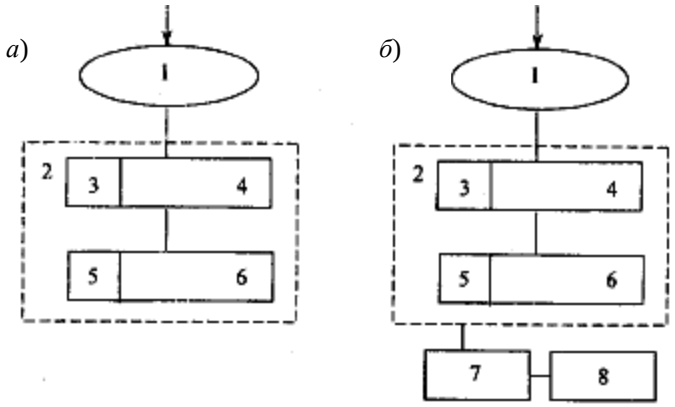


Рис. 4.30. Блок схемы приёмников:
а) режим постобработки; *б*) режим реального времени;
1 – антенный блок; 2 – приёмник; 3 – генератор опорного сигнала;
4 – измерительный блок; 5 – блок первичной обработки; 6 – блок памяти;
7 – контроллер с программным обеспечением режима RTK;
8 – блок связи с базовой станцией

В современной навигационной аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем осуществляется приём сигналов навигационных космических аппаратов и дополнений, измерение временных задержек по кодам и фазам несущих, а также доплеровских сдвигов, определение на этой основе псевдодальностей и псевдоскоростей, ввод необходимых поправок, расчёт координат, времени, составляющих скоростей и скорости ухода местной шкалы времени, а также характеристик точности навигационных определений.

Типы и группы геодезических спутниковых приемников приведены в табл. 4.3 [8]. Наиболее известными производителями навигационных спутниковых систем являются [23]:

Таблица 4.3

Типы и группы геодезических спутниковых приемников

Тип приемника	Группа	Число каналов не менее	Частоты	Точность
Двухсистемные двухчастотные и более	1	24	L1/L2(GPS)+ L1/L2(ГЛОНАСС)	3 мм + $1*10^{-6}$D
Односистемные двухчастотные	2	9	L1/L2(GPS) или L1/L2(ГЛОНАСС)	(3-5) мм+ $1*10^{-6}$D

Односистемные одночастотные	3	9	L1(GPS) или L1(ГЛОНАСС)	10 мм + $2*10^{-6}D$

К.Б. Навис (Россия); Российский институт радионавигации и времени (Россия); ФГУП НИИМА "ПРОГРЕСС" (Россия); DeLORME (США); Garmin (США); ITT Industries Aerospace/Communications Division (США); Hemisphere GPS (ранее CSI Wireless) (Канада); Javad Navigation Systems (США); Leica (Швейцария); Magellan Navigation (США -Франция); NavCom Technology Inc. (США); Novatel (Канада); Sokkia (Япония); Topcon Positioning Systems (США-Япония); Trimble (США).

К приёмникам 1-ой группы относятся: «TRIUMPH-1-G3T» (Javad Navigation Systems, США), «Trimble R8 GNSS» (Trimble, США) и др.

К приёмникам 2-ой группы относятся: «Trimble 5700/5800» (Trimble, США).

К приёмникам 3-ей группы относятся: Бриз-ГП (К.Б. Навис, Россия).

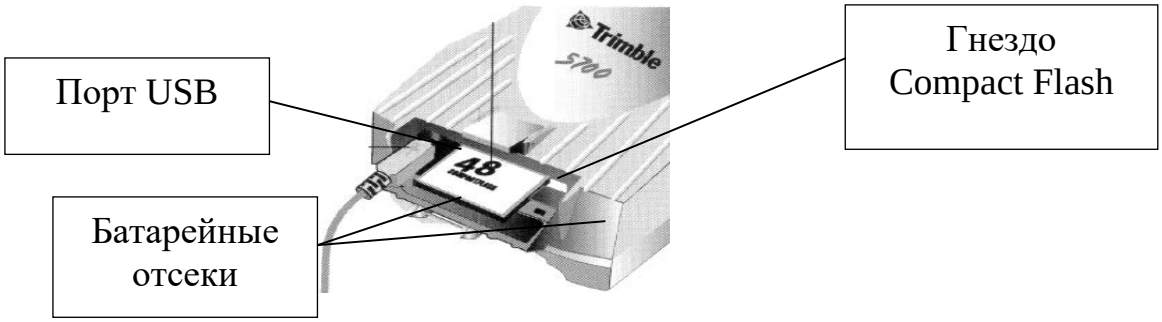
В настоящее время на горных предприятиях при выполнении маркшейдерско-геодезических работ, в основном, используются навигационные приёмники 1 - ой и 2 - ой групп (см. табл. 4.3).

Типичным представителем 1 - ой группы является навигационная система пользователя «Trimble R8 GNSS», в которой интегрированы в одном корпусе приемник, антенна, аккумуляторы и встроенный радиомодем. Для работы с приемником используется контроллер «Trimble TSC2», оснащённый операционной системой «Microsoft Windows Mobile» для «Pocket PC». Передача данных может осуществляться, используя технологию «Bluetooth» - беспроводной порт связи 2.44 Гц. Внешний вид закрепленного на вешке приемника и контроллера показан на рис. 4.31.



Рис. 4.31. Навигационная система пользователя «Trimble R8 GNSS» и контроллер «Trimble TSC2» на вехе

Типичным представителем 2-ой группы является навигационная система пользователя «Trimble 5700/5800». Внешний вид навигационных приёмников представлен на рис. 4.32.



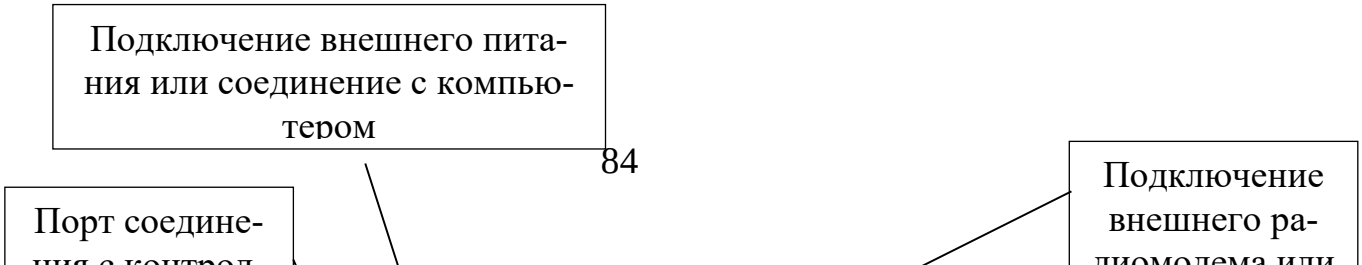




Рис. 4.32. Внешний вид навигационного приёмника «Trimble» 5700

опорного обоснования

Необходимость создания и реконструкции опорных и съемочных маркшейдерско-геодезических сетей на открытых горных разработках может быть обусловлена двумя причинами. Первая причина – ввод в эксплуатацию новых промышленных объектов, таких, как карьеры, отвалы пустых пород, россыпи, шламоотстойники и другие. Вторая причина – необходимость реконструкции существующей опорной сети, когда часть ее пунктов в результате хозяйственной деятельности горнодобыва-

ющего предприятия утрачена, а координаты сохранившихся пунктов в результате техногенного воздействия горных разработок на верхнюю часть земной коры претерпели значительные изменения [16].

Основными этапами создания и реконструкции маркшейдерского опорного обоснования являются [8]:

1. *Предпроектное обследование пунктов и контрольные измерения*

В процессе предпроектного обследования должны быть установлены сохранность исходных пунктов государственной геодезической сети и степень их утраты, пригодность этих пунктов для спутниковых определений. Контрольные измерения выполняются для определения реальной точности существующей государственной геодезической и маркшейдерской опорной сети. Контрольные измерения выполняются между исходными пунктами ранее созданной маркшейдерской опорной сети, исходными и узловыми пунктами полигонометрии, ближайшими пунктами государственной геодезической сети.

Материалы предпроектного обследования и контрольные измерения должны быть максимально получены из отчётов по ранее выполненным работам. Выполнение полевых работ осуществляется только в крайних случаях.

2. *Сбор и анализ геодезической обеспеченности*

Получение задания и сбор материалов ранее выполненных работ является первым этапом создания технического проекта, который является документом, определяющим содержание, объем, затраты, основные технические условия, сроки, организацию выполнения проектируемых работ и сметную стоимость работ.

Сбор материалов геодезической обеспеченности производится в подразделениях, выполнявших ранее геодезические работы на данном объекте, территориальной инспекции государственного геодезического надзора, городских отделах архитектуры, маркшейдерских отделах, земельных комитетах и др.

При этом собираются следующие материалы:

- топографические карты района работ;

- материалы геодезического обследования на данном объекте по ранее выполненным работам;

- выписки из каталогов координат и высот пунктов на объект работ;

- сведения о центрах исходных пунктов, их состоянии;

- сведения о центрах и состоянии пунктов ранее проложенных сетей;

- выписки из отчетов ранее выполненных геодезических работ (наименование работы, шифр объекта, инвентарный номер отчета, год выполнения, наименование организации-исполнителя работ, оценка точности работ, каталог пунктов, участвующих в работе, схема);

- справки о системах координат и высот, применяемых на объекте.

Все собранные материалы систематизируются для предварительного анализа и составления технического проекта.

На основе собранного материала выполняется анализ с целью установления:

1. Качественных характеристик и плотности существующей сети.

2. Возможности использования пунктов ранее выполненных работ, отвечающих требованиям к пунктам создаваемой сети взамен запроектированных.

3. Возможности построения проектируемой сети, связанные с различными технологиями спутниковых измерений (сетевой, лучевой и совмещенный методы).

3. *Проектирование геодезических работ*

Проектирование маркшейдерских опорных сетей включает следующие стадии работ:

- Выбор схемы проектируемой сети.

- Выбор метода построения сети в данном районе и его экономическое обоснование.

- Оформление технического проекта.

Выбор схемы проектируемой сети.

Предварительная графическая схема проектируемой сети составляется на топографических картах, масштаб которых позволяет выдержать угловые и линейные параметры создаваемой сети. По крупномасштабным картам и планам анализируется местоположение пунктов, включенных в городскую геодезическую сеть на предмет наличия вокруг них препятствий. Для каждого

пункта, на котором отмечаются ограничения обзора наблюдаемых спутников из-за наличия тех или иных препятствий, строится полярная диаграмма видимости небосвода с нанесением на нее экранирующих препятствий. Согласно выбранной схеме составляется графическая часть проекта создаваемой сети, при этом показываются все связи при наблюдениях на пунктах.

Выбор технологии выполнения работ.

При выборе технологии выполнения работ необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- Для достижения однородной высокой точности необходимо проектировать минимальное количество классов и разрядов при совмещении старой и новой сетей.

- При построении маркшейдерской опорной сети необходимо использовать максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников, что позволяет за счет избыточных измерений повысить точность и надежность результатов наблюдений.

- При проектировании сети, с использованием лучевого метода, предусмотреть выполнение спутниковых наблюдений на каждом определяемом пункте дважды с контролем сходимости получаемых результатов.

Для пунктов с ограниченным обзором небосвода из-за наличия тех или иных препятствий, время для проведения сеансов наблюдений выбирается на основе анализа полярной диаграммы препятствий, дополненной траекториями движения спутников с указанием времени их прохождения по нанесенной на диаграмму траектории. Для организации синхронных наблюдений это время согласуется со временем проведения спутниковых измерений на всех других пунктах, участвующих в планируемом сеансе наблюдений.

Оформление технического проекта.

Технический проект должен включать в себя пояснительную записку, графическую и сметную части.

Пояснительная записка должна включать следующие разделы:

- Обоснование технического проекта: нормативные документы, геодезическая изученность, краткая физико-географическая

характеристика объекта работ, проектируемые работы, объемы работ, системы координат и высот.

- Сведения о ранее выполненных работах: наименование пунктов геодезического обоснования, наименование работы, наименование организаций, выполнивших работу, год выполнения, оценка точности, системы координат и высот.

- Технология выполнения работ с обоснованием выбранной схемы и способов измерений.

- График выполнения работ с подробным изложением порядка и времени выполнения работ на пунктах.

- Критерии оценки точности полученных результатов.

- График выполнения работ и сдачи готовой продукции.

Графическая часть проекта оформляется на картах с указанием местоположения пунктов опорных и перемещаемых спутниковых приемников и связующих сторон проектируемой сети. Для нанесения графического проекта на карты используются условные обозначения и их цветовое соотношение.

В сметной части рассчитывается время работы на одном пункте во время одного сеанса включения с использованием действующих нормативов времени и общее время работы с учетом количества пунктов сети и проектируемого количества приемников. Стоимость работ определяется с использованием действующих сметных расценок.

4. *Рекогносцировка и закладка пунктов.*

В процессе рекогносцировки выполняют:

- уточнение проекта сети для максимального совмещения пунктов проектируемой сети с плановыми и высотными пунктами ранее созданных сетей;
- выбор места закладки новых пунктов;
- согласование выбранных мест закладки с учетом типов применяемых центров.

Закладка новых пунктов до необходимой плотности осуществляется на основании технического задания и рабочего проекта, уточненного по материалам рекогносцировки и обследования. Выбранные в натуре места закладки пунктов закрепляются в соответствии с требованиями «Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети» (ЦНИГАиК, 2001 г.) Центры закладываемых пунктов маркшейдерской опорной сети

должны быть типа 190 – для районов с сезонным промерзанием грунтов и типа 191 – для скальных грунтов.

Не следует размещать пункты внутри металлических ограждений, рядом с высокими зданиями, большими деревьями, а также другими сооружениями, способными экранировать прямое прохождение радиосигналов от спутников.

Наличие на существующих пунктах металлических или деревянных сигналов и пирамид нежелательно.

5. *Привязка исходного пункта к общеземной геоцентрической системе координат.*

Используемые в геодезии спутниковые координатные определения базируются на применении дифференциальных методов, позволяющих определять разности геоцентрических координат между пунктами. Вместе с тем конечными результатами создаваемой сети должны быть полные значения координат пунктов в той или иной координатной системе. Исходя из этого, возникает необходимость иметь в составе сети хотя бы один опорный пункт с заранее известными значениями геоцентрических координат. Оптимальным вариантом является наличие в составе сети не менее трех исходных пунктов.

Координаты исходного пункта определяются в геоцентрической системе координат (X, У, Z), (*B, L, H*). От точности знания этих координат зависит положение всей создаваемой маркшейдерской опорной сети в более общей координатной системе.

Для корректной математической обработки спутниковых наблюдений сети необходима привязка исходного пункта к геоцентрической системе координат, что обеспечит передачу координат в геоцентрической системе на пункты городской сети с максимально возможной точностью. Конструкции реперов показаны на рис. 4.33 и 4.34.

5. *Полевые наблюдения и камеральная обработка.*

До начала проведения работ в целях обеспечения преемственности геодезической информации должен быть выполнен анализ существующих на территории создания маркшейдерского опорного обоснования геодезических построений и установлена их точность. Реальная точность взаимного положения пунктов существующей сети и государственной геодезической сети определяется сравнением длин контрольных линий, полученных из

спутниковых измерений и вычисленных по значениям координат пунктов.

В государственной геодезической сети (ГГС) необходимо выделить каркас в объеме не менее 3 исходных пунктов для создания маркшейдерского опорного обоснования. На указанных пунктах должны быть выполнены спутниковые измерения, обеспечивающие их взаимное положение с повышенной точностью. Определение координат исходных пунктов производится с использованием статического режима.

При создании маркшейдерского опорного обоснования необходимо использовать максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников, что позволяет за счет избыточных измерений повысить точность и надежность результатов наблюдений.

Пункты маркшейдерского опорного обоснования должны быть максимально совмещены с сохранившимися пунктами триангуляции и полигонометрии. Закладка новых пунктов производится в необходимых случаях для обеспечения требуемой плотности сети. Центры пунктов маркшейдерского опорного обоснования по возможности должны быть глубокого заложения.

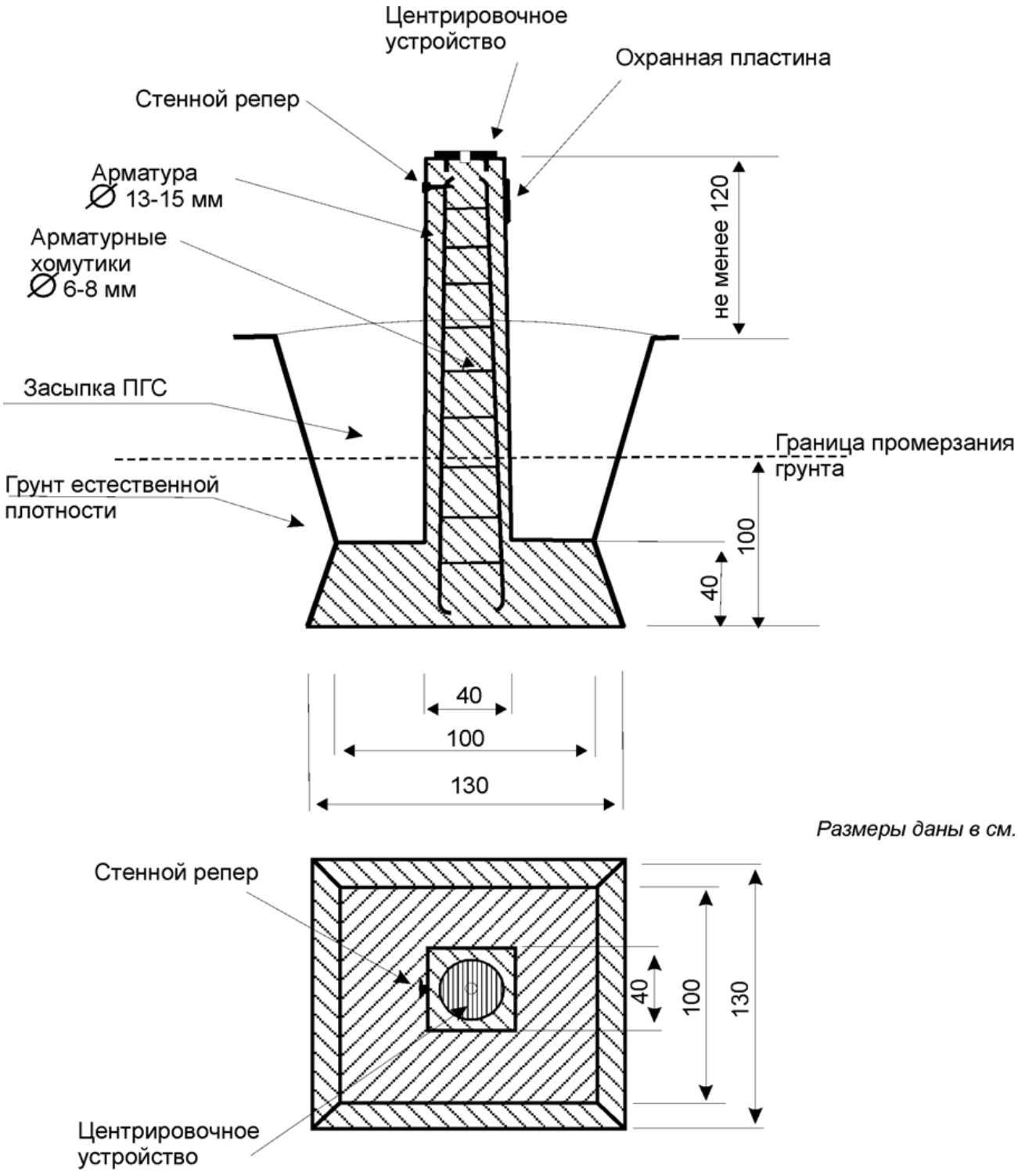


Рис. 4.33. Рабочий центр пункта маркшейдерской опорной сети для районов с сезонным промерзанием грунтов (тип 190)

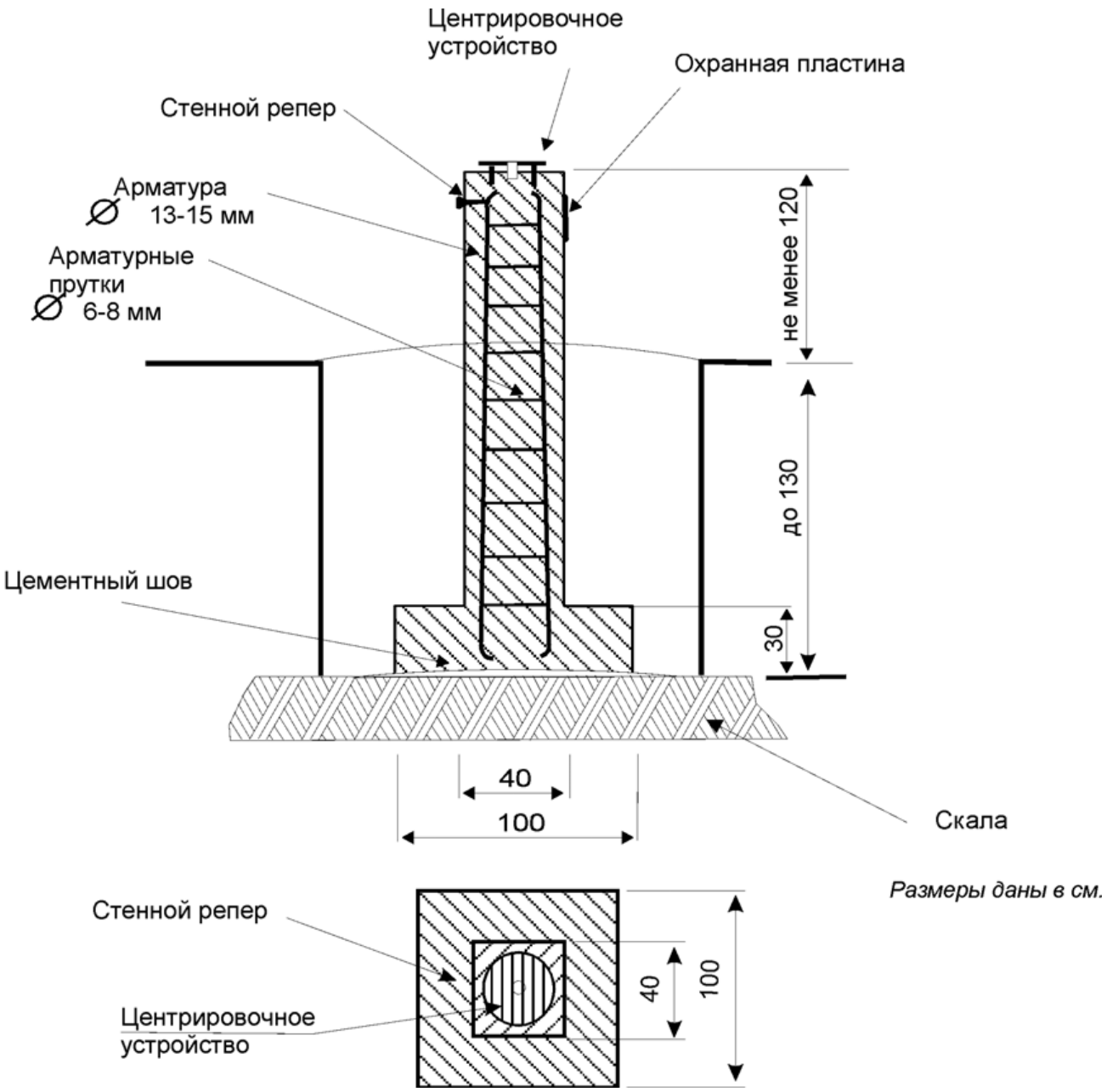


Рис. 4.34. Рабочий центр пункта маркшейдерской опорной сети для скальных грунтов (тип 191)

Для уравнивания маркшейдерской опорной сети в государственной системе координат используются координаты всех исходных пунктов ГГС. Производится строгая увязка государственной геодезической и опорной маркшейдерской сетей, как это показано на рис. 4.35.

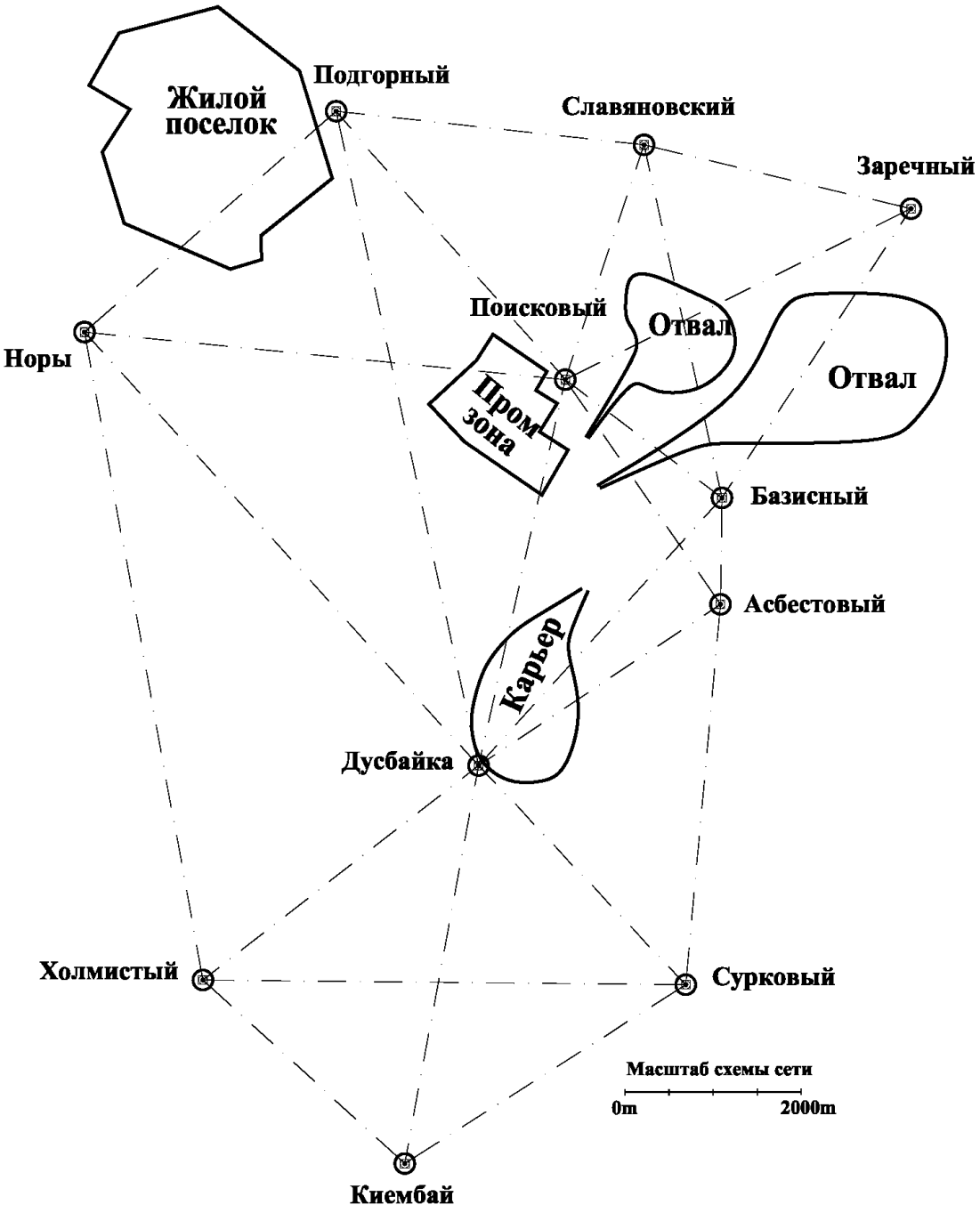


Рис. 4.35. Схема привязки опорной сети карьера к пунктам ГГС

В результате такой совместной увязки сетей с применением алгоритмов уравнивания выявляются пункты, координаты которых претерпели значительные изменения и должны быть переопределены, а также пункты, координаты которых изменения не претерпели и которые можно считать условно неподвижными. В данном случае за условно неподвижные пункты сети были при-

няты пункты государственной геодезической сети третьего класса «Подгорный» и «Норы», величины, изменения пространственных координат которых оказались сопоставимы с точностью GPS-измерений.

После дополнительных наблюдений совместная сеть строго уравнивается, и от условно неподвижных пунктов сети переопределяются координаты пунктов сети, расположенных в относительной близости от района работ. Дальнейшее определение координат новых пунктов опорной маркшейдерской сети и переопределение старых производится уже от вблизи расположенных пунктов государственной геодезической сети и пунктов маркшейдерской опорной сети, координаты которых были переопределены в предыдущем уравнивании.

В нашем случае планово-высотная привязка опорной сети карьера производилась от 4-х пунктов сети 2-го, 3-го и 4-го классов «Дусбайка», «Поисковый», «Асбестовый» и «Базисный». В результате выполнения данной работы были определены современные пространственные координаты пунктов опорной сети карьера, расположенных на верхней бровке по всему периметру карьера. Схема опорной сети карьера приведена на рис. 4.36. Приведенная технология выполнения геодезических работ позволяет существенно снизить затраты времени на определение координат пунктов маркшейдерской опорной сети и получить качественный результат.

GPS геодезическая сеть по сути своей представляет собой линейно-угловую сеть, в которой измеренными величинами являются длины линий, превышения между концами линий и азимуты линий. Для однозначного нахождения координаты определяемой точки необходимо измерить только один вектор от точки с известными координатами (рис. 4.37). Такая технология называется радиально-лучевой, а ее аналог в традиционной геодезии – методом полярной засечки. На рисунке треугольниками показаны точки с известными координатами, прямоугольниками – определяемые точки. В данном случае резко снижаются затраты времени на определение координат пунктов опорной сети.

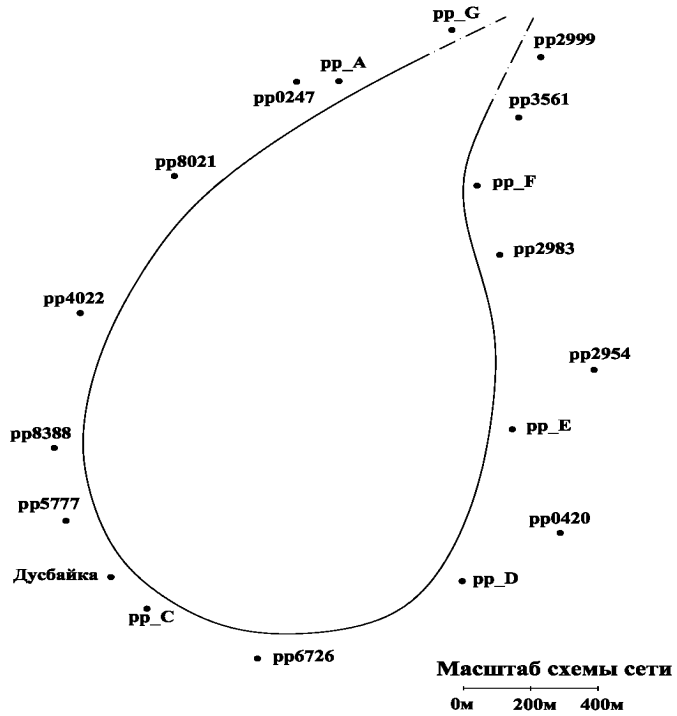


Рис. 4.36. Схема опорной сети карьера

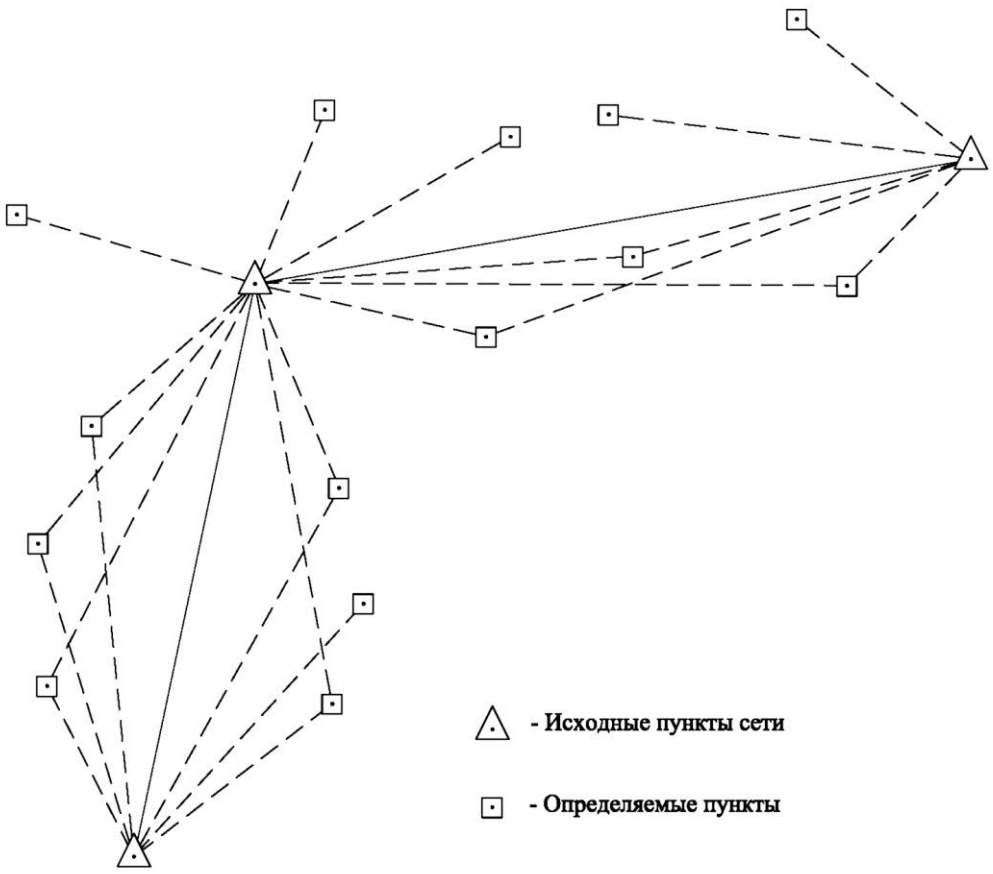


Рис. 4.37. Определение координат пунктов с использованием радиальной технологии наблюдений

Единственным недостатком этого способа является либо отсутствие какого-либо контроля определения координат, кроме внутреннего контроля вычислений, либо достаточно слабый контроль в случае, когда одновременно работают две базовые станции. Хотя, как показывает практика, по результатам внутреннего контроля вычислений можно гарантированно отбраковать недоброкачественные измерения и не возникает необходимости выполнения повторных полевых измерений.

Для выполнения же особо ответственных геодезических работ применяется другая технология, схематично представленная на рис. 4.38.

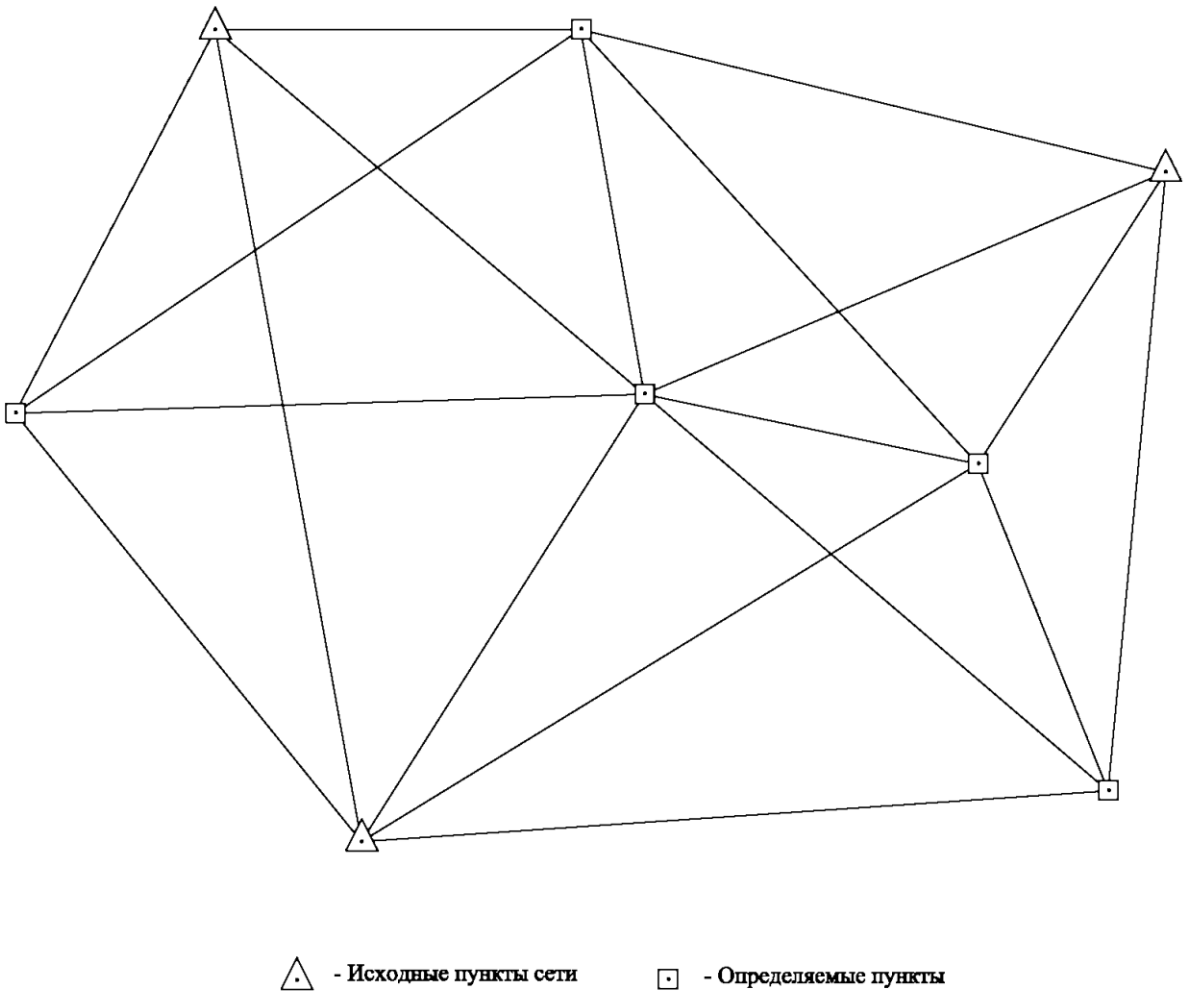


Рис. 4.38. Схема создания сети с контрольными измерениями

В этом случае на каждой определяемой точке наблюдаются как минимум три вектора. При таком способе спутниковых наблюдений возникают избыточные измерения в сети, что позво-

ляет уравнивать такую сеть методом наименьших квадратов. В случае выбраковки в такой сети некоторого количества векторов не возникает необходимости возвращаться в поле и выполнять повторные измерения. После отбраковки некачественных векторов, как правило, имеется возможность для дальнейшего уравнивания сети. При применении этой технологии наблюдений затраты времени на определение координат пункта сети увеличиваются как минимум в два раза, что компенсируется более надежными результатами всей работы.

Одним из самых часто задаваемых вопросов при создании и реконструкции опорных сетей методами спутниковой геодезии является вопрос о том, насколько эффективнее создавать маркшейдерско-геодезическую сеть с применением новых технологий по сравнению с методами традиционной геодезии. Практика показывает, что в зависимости от различных внешних факторов увеличение производительности труда может составлять от 25 до 100 % и более. Наибольшее увеличение эффективности использования комплексов спутниковой геодезии наблюдается при производстве работ на открытой местности, где характерны малые помехи прохождения спутникового радиосигнала. Однако следует иметь в виду, что при всех имеющихся неоспоримых достоинствах методы спутниковой геодезии имеют несколько ограниченные условия применения и ни в коей мере не могут полностью заменить традиционные методы создания и реконструкции опорных маркшейдерско-геодезических сетей на открытых горных разработках. Наиболее приемлемым в данном случае является совместное использование методов традиционной и спутниковой геодезии.

4.3. Анализ точности и проектирование маркшейдерских сетей на карьерах

4.3.1. Общие положения

Маркшейдерские сети – плановые и высотные – представляют собой совокупность закрепленных на земной поверхности и в горных выработках пунктов, пространственное положение которых определяется координатами x, y, z в единой системе координат. Как правило, пункты маркшейдерских сетей имеют пла-

новые *x*, *y* и высотные *z* координаты, и поэтому маркшейдерские сети можно называть планово-высотными сетями.

По назначению маркшейдерские сети делятся на *маркшейдерские опорные сети* и *маркшейдерские съемочные сети* [3, 24].

Маркшейдерские опорные сети создаются силами маркшейдерской службы горного предприятия или лицензированными на этот вид деятельности подрядными организациями. Они включают, при необходимости, имеющиеся на территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия пункты государственной геодезической сети – триангуляции и полигонометрии 3-го и 4-го классов, 1-го и 2-го разрядов. Основными методами создания маркшейдерских опорных сетей являются – спутниковая геодезия, триангуляция, трилатерация и полигонометрия 4 классов, 1-го и 2-го разрядов, нивелирование III и IV класса в соответствии с установленными требованиями [3].

Таблица 4.4

Требования к маркшейдерским опорным сетям

Класс, разряд	Триангуляция	Полигонометрия и трилатерация	
	m_β	m_β	Предельная относительная невязка хода, $f_{доп}$
4 класс	2"	2"	1:25 000
1 разряд	5"	5"	1:10 000
2 разряд	10"	10"	1:5 000

Маркшейдерские съемочные сети создаются силами маркшейдерской службы горного предприятия на основе пунктов маркшейдерской опорной сети. Основными методами создания маркшейдерских съемочных сетей являются – спутниковая геодезия, теодолитные ходы, геодезические засечки.

Ошибки положения пунктов маркшейдерской съемочной сети относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной сети не должны превышать 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки и 0,2 м по высоте [3, п. 60]. Съемку карьеров и отвалов выполняют в масштабе 1:1000, 1:2000 и 1:5000 [3, п. 59], при съемке небольших по размерам карьеров допускается масштаб 1:500 [25]. Поэтому ошибки положения пунктов маркшейдерской съемочной сети в плане M_P не должны превышать: 0,2 м

(при масштабе съемки 1:500); 0,4 м (при масштабе съемки 1:1000) и т.д.

На различных стадиях построения и использования маркшейдерских сетей выполняется анализ точности – оценка погрешностей отдельных элементов сетей: координат пунктов сети; дирекционных углов, длин сторон и др. В зависимости от стадии построения и использования сети преследуются следующие цели [24]:

- при проектировании сети – выбор приборов и методов измерений;
- при создании сети – контроль качества выполненных измерений;
- в процессе эксплуатации сети – решение вопросов о возможности использования ее при выполнении инженерных работ с заданной точностью.

На стадии проектирования сети выполняется предварительный анализ (предрасчет) точности элементов сети, исходя из приборов, имеющихся в распоряжении исполнителя работ. В процессе проектирования маркшейдерских опорных сетей определяется геометрическая схема (геометрия) сети, при которой, с учетом принятого метода создания сети и точностных характеристик оборудования, погрешности элементов сети не превысят нормативных показателей. При проектировании маркшейдерских съемочных сетей обоснованию подлежит метод создания сети, обеспечивающий необходимую точность определения положения пунктов съемочной сети.

В процессе создания сети выполняются различные виды контроля качества выполненных измерений – полевой и заключительный.

Полевой контроль осуществляется по внутренней сходимости результатов измерений. Измерения одних и тех же элементов сети выполняются не менее двух раз – в полигонометрии и теодолитных ходах углы следует измерять двумя приемами, а длины сторон в прямом и обратном направлении. Для установления допуска можно задаться доверительной вероятностью $\gamma = 0,95$ [26]. При этой доверительной вероятности допустимое расхождение для двойных равноточных измерений определяется по формуле:

$$R_{\text{п}} = 2{,}77\sigma, \qquad (4.1)$$

где σ – паспортная точность однократного измерения прибором.

Например, допустимое расхождение между двумя приемами при измерении горизонтального угла теодолитом типа Т5 составит 2,77×5" = 14", т. к. паспортная точность измерения угла одним приемом для этого теодолита составляет 5".

Заключительный контроль выполняется с помощью сравнения полученных невязок ходов с допустимыми невязками – угловыми, линейными, высотными и проч. В сложных маркшейдерских сетях, состоящих из нескольких взаимосвязанных ходов или геометрических фигур, оценка точности производится по результатам уравнивания.

В процессе эксплуатации сети ее стороны и пункты могут быть использованы в качестве исходных данных при решении производственных задач и проложении ходов специального назначения. Знание ошибок исходных данных необходимо для анализа точности этих работ.

4.3.2. Накопление ошибок в линейно-угловых ходах

В линейно-угловом ходе (полигонометрическом или теодолитном) измеряются горизонтальные углы на пунктах хода и длины сторон между соседними пунктами хода. Рассмотрим наиболее простой вид линейно-углового хода – разомкнутый свободный (висячий) полигон (рис. 4.39).

Координаты пункта *A* – последней точки хода – вычисляются по формулам:

$$x_{\text{A}} = x_1 + \sum_{s=1}^{n} l_s \cos\alpha_s = x_1 + \sum_{s=1}^{n} l_s \cos\left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^{s} \beta_i - s \cdot 180^\circ\right);$$

$$y_{\text{A}} = y_1 + \sum_{s=1}^{n} l_s \sin\alpha_s = y_1 + \sum_{s=1}^{n} l_s \sin\left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^{s} \beta_i - s \cdot 180^\circ\right), \qquad (4.2)$$

где x_1 и y_1 – координаты исходного пункта; l_s , β_i – измеренные значения длин сторон и левых углов хода; α_0 , α_s – дирекционные углы исходной и последующих сторон хода.

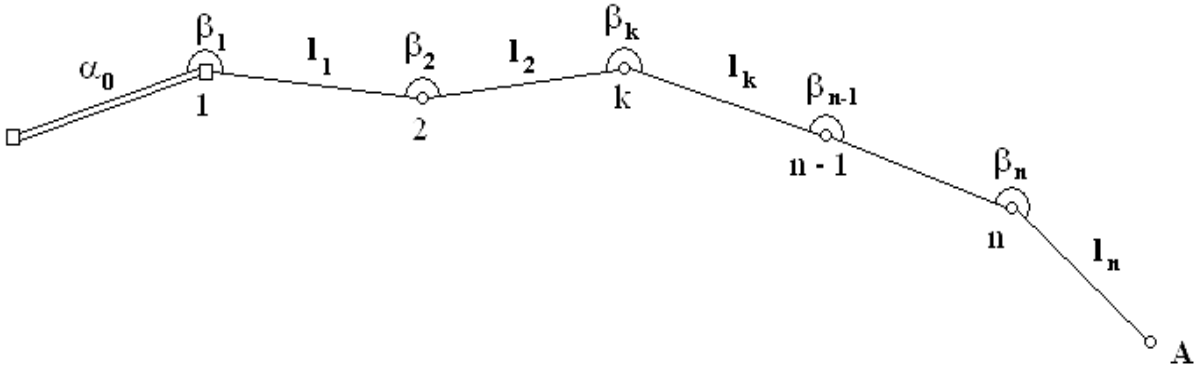


Рис. 4.39. Схема разомкнутого свободного полигона

Полные средние квадратические ошибки координат последней точки запишем в следующем виде:

$$M_{x_A}^2 = M_{x_1}^2 + M_{x_l}^2 + M_{x_\alpha}^2 + M_{x_\beta}^2;$$
$$M_{y_A}^2 = M_{y_1}^2 + M_{y_l}^2 + M_{y_\alpha}^2 + M_{y_\beta}^2, \qquad (4.3)$$

где $M_{x_1}, M_{x_l}, M_{x_\alpha}, M_{x_\beta}$ – составляющие полной ошибки координаты x точки A, обусловленные соответственно ошибками координаты x исходного пункта, ошибками линейных измерений, ошибками дирекционного угла исходной стороны и ошибками угловых измерений. Аналогичные обозначения приняты для M_{y_A}.

Для вычисления составляющей M_{x_l} дифференцируем выражение (4.2) по всем длинам l_s

$$\frac{\partial x_A}{\partial l_s} = \cos\alpha_s; \quad \frac{\partial y_A}{\partial l_s} = \sin\alpha_s.$$

Складывая произведения квадратов производных на квадраты средних квадратических ошибок линейных измерений, получим

$$M_{x_l}^2 = \sum_{s=1}^{n}\left(\frac{\partial x_A}{\partial l_s}\right)^2 m_{l_s}^2 = \sum_{s=1}^{n}(\cos\alpha_s m_{l_s})^2; \quad M_{y_l}^2 = \sum_{s=1}^{n}(\sin\alpha_s m_{l_s})^2, \qquad (4.4)$$

где m_{l_s} – средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны хода.

Частные производные выражения (4.2) по исходному дирекционному углу α_0 имеют вид:

$$\frac{\partial x_A}{\partial \alpha_0} = -\sum_{s=1}^{n} l_s \sin \alpha_s = -\sum_{s=1}^{n} \Delta y_s = -(y_A - y_1) = y_1 - y_A;$$

$$\frac{\partial y_A}{\partial \alpha_0} = \sum_{s=1}^{n} l_s \cos \alpha_s = \sum_{s=1}^{n} \Delta x_s = x_A - y_1.$$

Таким образом, влияние ошибки дирекционного угла исходной стороны хода оценивается формулой

$$M_{x_\alpha}^2 = (y_A - y_1)^2 \frac{m_{\alpha_0}^2}{\rho^2}; \quad M_{y_\alpha}^2 = (x_A - x_1)^2 \frac{m_{\alpha_0}^2}{\rho^2}, \qquad (4.5)$$

где m_{α_0} – средняя квадратическая ошибка дирекционного угла исходной стороны.

Дифференцируем выражение (4.2) по всем углам β_i:

$$\frac{\partial x_A}{\partial \beta_1} = y_1 - y_A; \quad \frac{\partial x_A}{\partial \beta_2} = y_2 - y_A; \quad \ldots \frac{\partial x_A}{\partial \beta_n} = y_n - y_A;$$

$$\frac{\partial y_A}{\partial \beta_1} = x_A - x_1; \quad \frac{\partial y_A}{\partial \beta_2} = x_A - x_2; \quad \ldots \frac{\partial y_A}{\partial \beta_n} = x_A - x_n.$$

Складывая произведения квадратов производных на квадраты средних квадратических ошибок угловых измерений, получим

$$\begin{aligned} M_{x\beta}^2 &= \sum_{s=1}^{n} \left(\frac{\partial x_A}{\partial \beta_s}\right)^2 \left(\frac{m_{\beta_s}}{\rho}\right)^2 = \sum_{s=1}^{n} (y_A - y_s)^2 \left(\frac{m_{\beta_s}}{\rho}\right)^2; \\ M_{y\beta}^2 &= \sum_{s=1}^{n} (x_A - x_s)^2 \left(\frac{m_{\beta_s}}{\rho}\right)^2 \end{aligned}, \qquad (4.6)$$

где m_{β_s} – средняя квадратическая ошибка измерения углов в ходе.

Формулы (4.3) – (4.6) применяются при анализе точности ходов любой формы. Обычно ошибками координат исходного пункта пренебрегают $(M_{x_1} = M_{y_1} = 0)$, угловые измерения считают равноточными $(m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = \ldots = m_{\beta_s} = m_\beta)$, т. к. влиянием ошибок центрирования теодолита и сигналов на поверхности можно пренебречь, а ошибки линейных измерений представляют в относительном виде:

$$m_{l_S} = \frac{l_s}{T}, \tag{4.7}$$

где T – знаменатель формулы относительных ошибок линейных измерений (показатель точности линейных измерений – чем больше знаменатель T, тем точнее измерения).

При числе сторон хода $n > 5$ можно пренебречь ошибками исходного дирекционного угла. С учетом принятых допущений преобразуем формулы (4.3):

$$M_{x_A}^2 = \frac{1}{T^2}\sum_{s=1}^{n}(l_S \cos\alpha_S)^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_{s=1}^{n}(y_A - y_S)^2;$$
$$M_{y_A}^2 = \frac{1}{T^2}\sum_{s=1}^{n}(l_S \sin\alpha_S)^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_{s=1}^{n}(x_A - x_S)^2. \tag{4.8}$$

Теперь ошибку положения пункта A можно вычислить по формуле

$$M_A = \sqrt{M_{x_A}^2 + M_{y_A}^2} = \sqrt{\frac{1}{T^2}\sum_{s=1}^{n} l_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_{s=1}^{n} L_s^2}. \tag{4.9}$$

где L_s – расстояния между точками хода и конечной точкой А (рис. 4.40).

Формула (4.9) описывает закон накопления ошибок в линейно-угловом ходе.

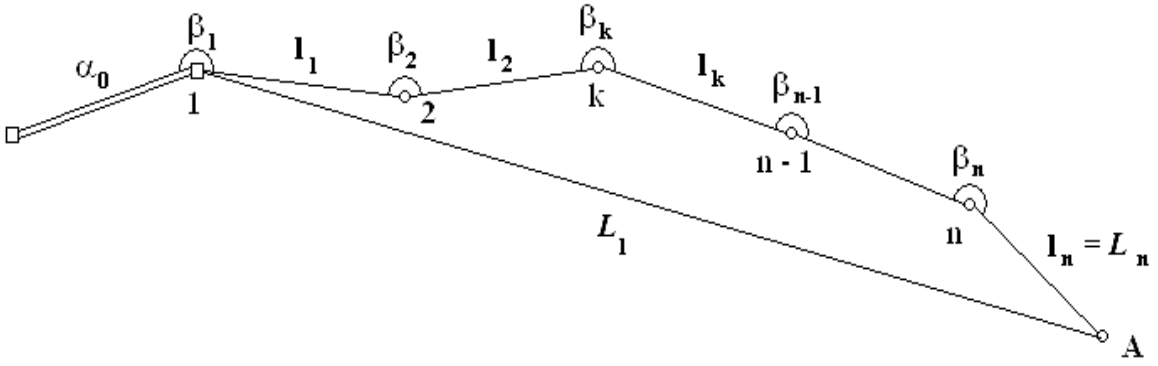


Рис. 4.40. Замыкающая изогнутого хода

Дальнейшие упрощения формулы (4.9) возможны при замене изогнутого хода на вытянутый равносторонний ход (рис. 4.41).

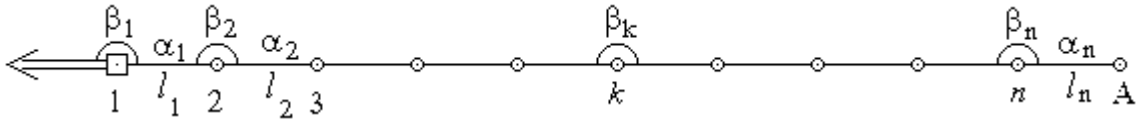


Рис. 4.41. Вытянутый равносторонний ход, проложенный от твердой стороны

Для этого случая очевидно:

$$\beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_n = 180^\circ; \quad l_1 = l_2 = \ldots = l_n = l; \quad L_s = s\,.$$

Перепишем формулу (9)

$$M_A = \sqrt{\frac{l^2}{T^2}\sum_{s=1}^{n} 1 + \frac{m_\beta^2 l^2}{\rho^2}\sum_{s=1}^{n} s^2} = \sqrt{\frac{n^2}{T^2} + \frac{m_\beta^2 l^2}{\rho^2}\,\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}}. \qquad (4.10)$$

Заметим, что в подкоренном выражении первое слагаемое характеризует влияние ошибок линейных измерений на ошибку положения пункта, а второе слагаемое показывает вклад ошибок угловых измерений.

Формулу (4.10) можно еще упростить, если вынести из-под корня значение длины хода $L = n\,l$:

$$M_A = L\sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\frac{2n+3+1/n}{6}} \cong L\sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\frac{n+1{,}5}{3}}. \quad (4.11)$$

Из формул (4.9) – (4.11) можно заключить, что ошибка положения последней точки линейно-углового хода зависит от точности линейных и угловых измерений, длины и геометрии хода, количества сторон хода.

Предельная относительная линейная ошибка (невязка) хода определяется по формуле

$$f_{д\,\text{п}} = c_{2;P}\frac{M_A}{L} = c_{2;P}\sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{m_\beta^2}{T\rho^2}\frac{n+1{,}5}{3}}.$$

где $c_{2,P}$ – квантиль двумерного нормального распределения при доверительной вероятности P.

В геодезической нормативной литературе при назначении допусков для невязок принята доверительная вероятность P = 0,99. Вектор линейной невязки имеет двумерное нормальное распределение, поэтому $c_{2;\,0{,}99} = 3{,}03 \approx 3$ (табл. 9.2 в [4]), и допустимая невязка

$$f_{д\,\text{п}} = 3\sqrt{\frac{1}{n^2 T} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\frac{n+1{,}5}{3}}. \quad (4.12)$$

При проектировании линейно-угловых сетей применяется **принцип равных относительных ошибок** [26], в соответствии с которым относительные ошибки линейных измерений приравниваются средним квадратическим ошибкам угловых измерений, выраженным в радианной мере

$$\frac{1}{T} = \frac{m_\beta}{\rho}. \quad (4.13)$$

Например, для ходов полигонометрии 4-го класса точность линейных измерений должна быть не ниже

$$\frac{1}{T} = \frac{2''}{2\ \ 2\ \ 5''\ \ 6} \cong \frac{1}{1\ \ 0\ \ 0}.$$

Необходимая точность линейных измерений для линейно-угловых ходов, рассчитанная по формуле (4.13), приведена в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Показатели точности угловых и линейных измерений в полигонометрических и теодолитных ходах

	Класс, разряд	m_β	$f_{\beta_{доп}}$	1/T
Полигонометрия	4 класс	2"	$5''\sqrt{n}$	1:100 000
	1 разряд	5"	$10''\sqrt{n}$	1:40 000
	2 разряд	10"	$20''\sqrt{n}$	1:20 000
Теодолитные ходы		20"	$40''\sqrt{n}$	1:10 000
		30"	$60''\sqrt{n}$	1:7 000

С учетом формулы (4.13) закон накопления ошибок в вытянутом равностороннем ходе можно записать в двух формах:

$$M_A = \frac{L}{T}\sqrt{\frac{n+2}{3}}; \quad M_A = \frac{m_\beta L}{\rho}\sqrt{\frac{n+2}{3}}. \qquad (4.14)$$

Формулы (4.14) можно применять для приближенного предварительного расчета точности и при проектировании линейно-угловых ходов.

Формулу (4.12) можно представить в виде

$$f_{д} = \frac{3}{T}\sqrt{\frac{n+2}{3}} = \frac{\sqrt{3(n+2)}}{T}. \qquad (4.15)$$

Из формулы (4.15) следует, что предельная относительная невязка хода зависит от числа сторон в ходе n. В табл. 4.6 приведены значения $f_{доп}$ для различных нормативных значений n.

Анализ табл. 4.5 и сравнение ее с табл. 2 (п. 27 Инструкции [3]) и с табл. 3 (п. 28 Инструкции [3]) показывает:

значения предельных относительных невязок хода, приведенные в табл. 2 (п. 27 Инструкции [3]) справедливы при $n < 3$, а не при $n = 15$;

таблицы 2 и 3 Инструкции [3] не согласованны между собой по величине предельных относительных невязок.

Таблица 4.6

Значения предельных относительных невязок ходов при различном числе сторон хода

	Класс, разряд	m_β	1/T	$n = 3$	$n = 15$ п. 27	$n = 30$ п. 28
Полигонометрия	4 класс	2"	1:100 000	1:25 000	1: 14 000	1:10 000
	1 разряд	5"	1:40 000	1:10 000	1:5 600	1:4 000
	2 разряд	10"	1:20 000	1:5 000	1:2 800	1:2 000
Теодолитные ходы		20"	1:10 000	1:2 500	1:1 400	1:1 000
		30"	1:7 000	1:1 800	1:1 000	1:700

На практике при назначении предельной линейной невязки свободного хода можно руководствоваться табл. 4.6 в зависимости от фактического числа сторон в ходе.

Формулы (4.9) и (4.11) получены для свободных ходов. Ошибка положения любой k – ой точки хода определяется по этим же формулам, но с заменой $n = k$. Очевидно, что с увеличением номера точки будет возрастать ошибка положения точки. На практике часто ходы прокладываются между известными пунктами (пунктами более высокого разряда). Если полученные при этом линейные и угловые невязки не превысили допустимые значения, то выполняется уравнивание хода – приближенное (раздельное) или строгое. Для ходов полигонометрии 4-го класса требуется выполнять строгое уравнивание.

Если ход опирается с обеих сторон на пункты с известными координатами или дирекционными углами, то в результате избы-

точных измерений после уравнивания точность элементов хода (координат пунктов, дирекционных углов) повышается. Например, для хода, проложенного между сторонами с известными дирекционными углами (рис. 4.42), ошибка положения наиболее слабого пункта (также последнего в ходе) после разброса угловой невязки повысится в 2 раза.

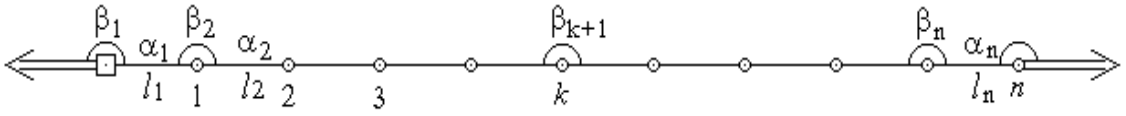


Рис. 4.42. Ход между сторонами с известными дирекционными углами

Возможны и другие варианты ходов (рис. 4.43).

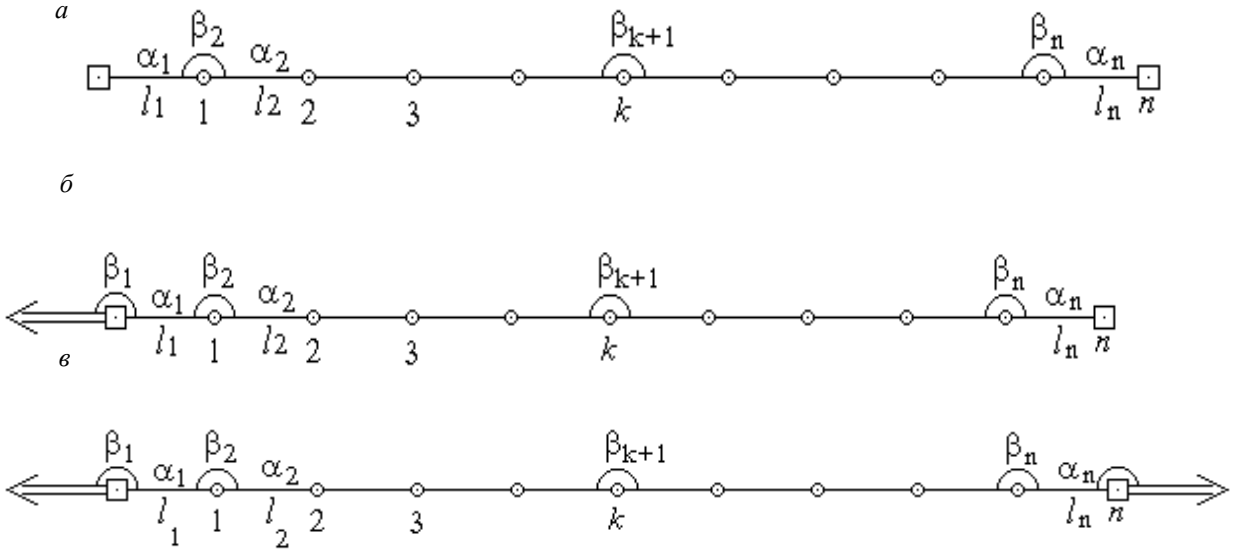


Рис. 4.43. Различные виды замыкания ходов:
а – ход между двумя пунктами; *б* – на твердый пункт; *в* – на твердую сторону

Ошибка положения *k*-го пункта определяется в основном ошибками угловых измерений. Наибольшую ошибку имеет пункт, расположенный в середине хода, а для случая замыкания на твердый пункт (рис. 4.36, *б*) – удаленный от начала хода на 0,58 *L*. Максимальные значения ошибки положения пунктов, обусловленные ошибками угловых измерений, рассчитываются для различных видов ходов по формулам [27]:

ход между двумя пунктами

$$M_{k=n/2} = \frac{m_\beta L}{\rho}\sqrt{\frac{n^2+2}{4\ n8}}; \qquad (4.16)$$

замыкание на твердый пункт

$$M_{k=0,5\ n} = \frac{m_\beta l}{8\rho}\sqrt{\frac{k(k+1)}{6}\left(2k+1-\frac{k(k+1)\ 3n-(k+1)^2}{n(n+1)\ 2n-(1)}\right)}; \qquad (4.17)$$

замыкание на твердую сторону

$$M_{k=n/2} = \frac{m_\beta L}{\rho}\sqrt{\frac{(n+2)\ n^2(+2n+4)}{1\quad n(9n+1)\ 2}}. \qquad (4.18)$$

Точность ходов повышается с каждым дополнительным условием – угловым, координатным и т. д. Для ходов, опирающихся на два пункта, она в 4 раза выше, а строгое уравнивание хода, опирающегося на две стороны, позволяет повысить точность ошибки положения наиболее слабого пункта в 8 раз по отношению к свободному ходу.

Таким образом, точность линейно-углового хода зависит от его геометрии, наличия избыточных исходных данных, точности угловых и линейных измерений.

Приведенные выше формулы для прямолинейных равносторонних ходов могут использоваться при анализе точности криволинейных ходов при соблюдении некоторых условий (критерии прямолинейности и равносторонности хода):

ход можно оценивать как прямолинейный, если направления его сторон отличаются от направления замыкающей не более чем на 30º;

ход можно считать равносторонним, если его стороны отличаются не более чем на 20 %.

4.3.3. Накопление ошибок в высотных ходах

Высотные отметки пунктов маркшейдерских опорных и съемочных сетей определяются, как правило, по результатам геометрического нивелирования. Маркшейдерская служба пред-

приятия может создавать сети III и IV классов, а также прокладывать ходы технического нивелирования. Требования к высотным сетям приведены в табл. 4.

Таблица 4.7

Характеристика точности ходов геометрического нивелирования [28], [3, п. 83]

Показатели	III класс	IV класс	Техническое нивелирование
СКО 1 км хода одинарного	5 мм	10 мм	20 мм
Допустимая невязка, $f_{доп}$	$10\text{ мм}\sqrt{L_{км}}$	$20\text{ мм}\sqrt{L_{км}}$	$50\text{ мм}\sqrt{L_{км}}$
Оптимальная длина визирного луча, м	75	100	125
Допустимая длина визирного луча, м	100	150	150
СКО на 1 км двойного хода, мм	3	6	15

Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлении [3, п. 29], ходы IV класса и технического нивелирования проходят между опорными реперами в одном направлении, допускается прокладывать висячие ходы технического нивелирования в прямом и обратном направлении.

Рассмотрим свободный (висячий) нивелирный ход от опорного (исходного) репера *A* (рис. 4.44).

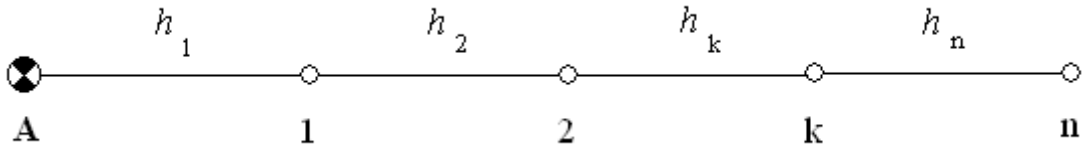


Рис. 4.44. Висячий нивелирный ход

Высотная отметка последней точки хода определяется через сумму превышений, определенных на каждой станции:

$$H_n = H_A + \sum_{i=1}^{n} h_i \,. \qquad (4.19)$$

По правилам теории ошибок средняя квадратическая ошибка высотной отметки последней точки вычисляется по формуле:

$$m_{H_n} = \sqrt{m_{H_A}^2 + \sum_{i=1}^{n} m_{h_i}^2} \,. \qquad (4.20)$$

Погрешностью исходных данных можно пренебречь, а средние квадратические ошибки превышений будем считать равными, т. е. $h_1 = h_2 = \ldots = h_n = h$. Тогда

$$m_H = m_h \sqrt{n} \,, \qquad (4.21)$$

где n – число стоянок хода.

Формула (4.21) используется при анализе точности нивелирных ходов в условиях гористой местности, когда точность зависит от числа стоянок в ходе. Преобразуем формулу (4.21):

$$m_H = m_h \sqrt{n} = m_h \sqrt{\frac{L_к}{2l}} = \frac{m_h}{\sqrt{2l}} \sqrt{L_к} = \mu_м \sqrt{L_к} \,, \qquad (4.22)$$

где l – расстояние от нивелира до рейки, км.

Формула (4.22) описывает закон накопления ошибок в нивелирном ходе для условий равнинной местности, когда точность зависит от длины хода. Предельные значения коэффициента μ для различного класса точности имеются в табл. 4.7. Так, для III-го класса нивелирования $\mu_{пред}$ = 10 мм, для технического нивелирования $\mu_{пред}$ = 50 мм. Переходя от предельных значений коэффициента μ (переходные коэффициенты: $k_з$ = 2 для III и IV классов; $k_з$ = 2,5 для технического нивелирования) при нормальных расстояниях от нивелира до рейки (см. табл. 4.7) можно рассчи-

тать для каждого класса нивелирования средние квадратические ошибки определения превышений на станции:

$$m_h = \frac{\mu_{\text{п р}} \sqrt{2l_{\text{дк м}}}}{k_з}. \qquad (4.23)$$

Для условий гористой местности длина визирного луча может быть уменьшена до 30 м. Рассчитанные по формуле (4.23) значения погрешностей превышений для различных условий приведены в табл. 4.8. Они могут быть использованы при проектировании и анализе точности ходов геометрического нивелирования.

Таблица 4.8

Дополнительные характеристики точности геометрического нивелирования

Показатели	III класс	IV класс	Техническое нивелирование
СКО превышения в равнинной местности, мм	2	5	10
СКО превышения в гористой местности, мм	1,2	2,5	5
Допустимая невязка в гористой местности, $f_{\text{доп}}$	2,5 мм$\sqrt{n}$	5 мм$\sqrt{n}$	10 мм$\sqrt{n}$

Важной характеристикой точности работ по геометрическому нивелированию является средняя квадратическая ошибка двойного нивелирования 1 км хода $m_{1\text{км мд.х}}$, или средняя квадратическая ошибка среднего из прямого и обратного ходов длиной 1 км. Именно эта характеристика является паспортной точностью нивелиров и служит для выбора нивелира при проектировании работ.

Для расчета СКО на 1 км двойного хода применяется формула

$$m_{1\text{к мд.}\bar{x}} \frac{\mu_{\text{п р}}}{k_з\sqrt{2}}. \qquad (4.24)$$

Для высотных маркшейдерских опорных и съемочных сетей получим:

III класс – $m_{1к\,мд\,.х}$= 3,5 мм (μ = 10 мм, $k_з$ = 2);

IV класс – $m_{1к\,мд\,.х}$= 7 мм (μ = 20 мм, $k_з$ = 2);

техническое нивелирование – $m_{1к\,мд\,.х}$= 14 мм (μ = 50 мм, $k_з$ = 2,5).

Эти значения хорошо согласуются с нормативными характеристиками (см. табл. 4.7). В табл. 4.9 приведены современные нивелиры, точность которых отвечает требованиям, предъявляемым к маркшейдерским высотным сетям.

Формула (4.21) получена для свободных ходов. Ошибка положения любой *k* – ой точки хода определяется по этой же формуле, но с заменой *n* = *k*. С увеличением номера точки возрастает ошибка положения точки.

Таблица 4.9

Современные нивелиры, точность которых отвечает требованиям, предъявляемым к маркшейдерским высотным сетям

Класс нивелирования	$m_{1к\,мд\,.х}$, мм		Нивелиры с компенсатором
	требуемая	приборная	
III	3,5	2,5 – 3	C410 (Sokkia) FG-040 (FPM) 4Н-3КЛ (Россия)
IV	7	5	3Н-5КЛ (Россия)
Техническое	14	10	3Н-10КЛ

На практике часто ходы прокладываются между реперами более высокого разряда. Если полученная при этом невязка не превысила допустимые значения, то выполняется уравнивание хода – невязка распределяется с обратным знаком поровну на все превышения. Погрешностями исходных реперов пренебрегают.

Рассмотрим нивелирный ход, проложенный между двумя реперами А и В (рис. 4.45).

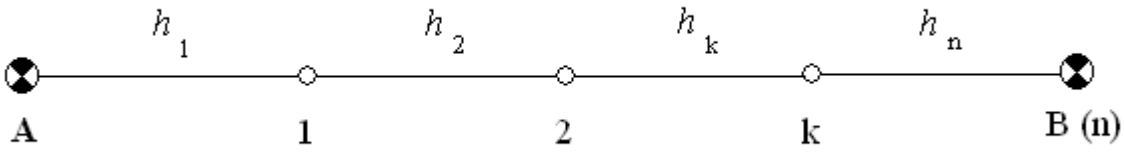


Рис. 4.45. Нивелирный ход между реперами *A* и *B*

Поправка в превышение вычисляется по формуле

$$v = -\frac{f_h}{n},$$

где невязка $f_h = \sum_{i=1}^{n} h_i - (H_B - H_A)$.

После введения поправок в превышения, высотная отметка k-ой точки хода равна

$$H_k = H_A + \sum_{i=1}^{k} h_i + k\ v_h = H_A + \sum_{i=1}^{k} h_i - \frac{k}{n} f_h.$$

С учетом принятых допущений ($m_{H_A} = m_{H_B} = 0; \quad m_{h_i} = m_h$) найдем среднюю квадратическую ошибку высотной отметки k-ой точки хода

$$m_{H_k} = m_h \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial H_k}{\partial h_i} \right)^2}.$$

Заметим, что первые k производных равны $\frac{\partial H_k}{\partial h_i} = 1 - \frac{k}{n}$, а следующие $(n - k)$ производных равны $\frac{\partial H_k}{\partial h_i} = \frac{k}{n}$. Поэтому получим

$$m_{H_k} = m_h \sqrt{\left(1 - \frac{k}{n}\right)^2 k + \left(\frac{k}{n}\right)^2 (n-k)} = m_h \sqrt{\frac{k(n-k)}{n}}. \qquad (4.25)$$

Функция (4.25) достигает максимум при $k = 0{,}5\ n$, т. е. наибольшую ошибку имеет пункт, находящийся в середине хода. Причем, эта ошибка в 2 раза меньше ошибки последнего пункта свободного хода (при той же длине хода). На рис. 4.46 представлено распределение ошибок положения пунктов в высотных ходах – свободном и несвободном.

Расчеты выполнены по формулам (4.21) и (4.25) для $n = 10$, средние квадратические ошибки пунктов выражены в средних квадратических ошибках превышений m_h, т. е по оси ординат даны значения подкоренных выражений в расчетных формулах.

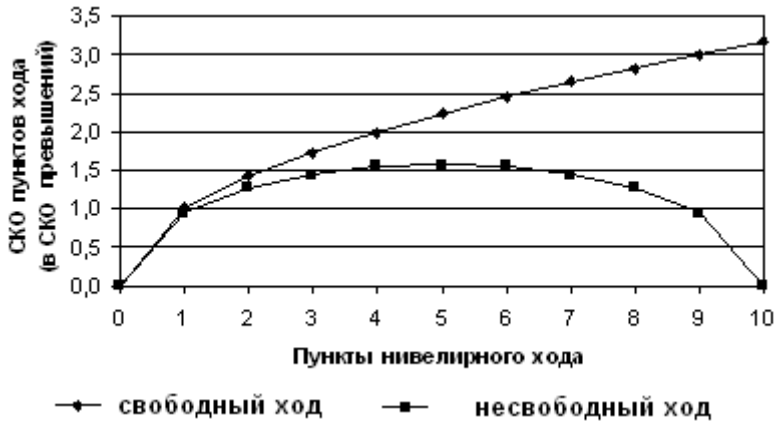


Рис. 4.46. Распределение ошибок положения пунктов в высотных ходах

Появление светодальномеров, а в последние годы электронных тахеометров способствовало широкому внедрению в практику построения планово-высотных сетей метода тригонометрического нивелирования.

Превышение между двумя пунктами при тригонометрическом нивелировании

$$h = l \sin\delta + i - v, \qquad (4.26)$$

где l – измеренная наклонная длина линии; δ – вертикальный угол (или зенитное расстояние); i и v – высоты инструмента и визирной цели.

Дифференцируем формулу (4.26) и найдем дисперсию превышения по правилам теории ошибок

$$m_h^2 = m_l^2 \sin^2\delta + l^2 \cos^2\delta \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_\delta^2.$$

Для хода, состоящего из n вершин, погрешность высотной отметки последнего пункта определится из формулы

$$m_H^2 = \sum_{i=1}^{n} m_l^2 \sin^2\delta_i + \frac{m_\delta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^{n} l^2 \cos^2\delta_i + n m_i^2 + m_v^2 .$$

Примем закон ошибок линейных измерений в форме $m_l = \frac{l}{T}$ и пусть $m_i = m_v$. Тогда

$$m_H^2 = \sum_{i=1}^{n} l^2 \left(\frac{\sin^2\delta_i}{T^2} + \frac{m_\delta^2}{\rho^2} \cos^2\delta_i \right) + 2n m_i^2 . \qquad (4.27)$$

Приравняем в соответствии с принципом равных ошибок $\frac{1}{T} = \frac{m_\delta}{\rho}$ и пренебрежем вторым слагаемым. Для двойного равностороннего хода получим

$$m_H^2 = \frac{1}{2T^2} \sum_{i=1}^{n} l_i^2 = \frac{n^2}{2T^2} = l m_l^2 \frac{n}{2} = \frac{l}{2T^2},$$

или

$$m_H = \frac{10^6 \text{ м} \sqrt{l_\text{км}/2}}{T} \sqrt{L_\text{к}} . \qquad (4.28)$$

Опыт тригонометрического нивелирования с помощью электронных тахеометров показывает, что оптимальными можно считать длины сторон тригонометрического хода 300-400 м. При больших сторонах начинает сказываться ошибка наведения, и точность измерения вертикального угла снижается. Меньшие стороны приводят к росту числа стоянок.

Сравнивая формулы (4.22) и (4.28), найдем при l = 0,4 км и T = 100 000 (4-й класс полигонометрии) предельное значение для μ ($k_з$ = 2):

$$\mu_\text{пред} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ м} \sqrt{l_\text{км}/2}}{T} = 9 \text{ мм},$$

что соответствует точности геометрического нивелирования III класса. Аналогично получится, что если приборы и методика обеспечивают точность полигонометрии 1-го разряда, то тригонометрическое нивелирование обеспечит точность геометрического нивелирования IV класса. Второму разряду полигонометрии будет соответствовать тригонометрическое нивелирование технической точности.

В табл. 7 приведены сведения о современных электронных тахеометрах, применяемых при создании маркшейдерских опорных сетей.

Таблица 4.10

Необходимая точность угловых и линейных измерений при тригонометрическом нивелировании

Класс полигонометрии	Класс тригонометрического нивелирования	Точность угловых измерений	Минимальная точность линейных измерений	Электронный тахеометр
4 класс	III	2"	3 мм + 3 мм/км	NTS-322
1 разряд	IV	5"	5 мм + 3 мм/км	3TA5
2 разряд	Техническое	10"	10 мм + 5 мм/км	TC 400

При выборе электронного тахеометра для производства тригонометрического нивелирования необходимо иметь в виду следующее:

для тригонометрического нивелирования и полигонометрических ходов целесообразно использовать прибор одного класса точности;

точность угловых и линейных измерений тахеометром должна соответствовать точности угловых и линейных измерений в полигонометрии.

Таким образом, получены соответствия между классами (разрядами) полигонометрии и классами нивелирования, между точностью тригонометрического и геометрического нивелирования. Последнее позволяет классифицировать тригонометрическое нивелирование по точности одинаково с геометрическим нивелированием – с теми же названиями и допусками.

4.3.4. Оценка точности геодезических засечек

Для определения координат пунктов маркшейдерских съемочных сетей широкое применение нашли геодезические засечки – прямые и обратные угловые, линейные и линейно-угловые.

На точность определения положения определяемого пункта *P* влияет вид засечки, количество исходных пунктов и геометрия треугольников, образующихся между определяемым и исходными пунктами.

Средняя квадратическая ошибка положения пункта *P* определяется по формуле

$$m_P = \mu\sqrt{\eta_1 + \eta_2}, \tag{4.29}$$

где η_1 и η_2 – диагональные элементы обратной весовой матрицы координат определяемого пункта $\mathbf{N^{-1}} = \left(\mathbf{A^T P}\right)\mathbf{A}^{-1}$.

Матрица **N** выглядит следующим образом

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} n_1 & n_{1\,2} \\ n_{1\,2} & n_2 \end{pmatrix}, \tag{4.30}$$

поэтому

$$\eta_1 = \frac{n_2}{|\mathrm{N}|}, \quad \eta_2 = \frac{n_1}{|\mathrm{N}|},$$

где $|\mathrm{N}| = n_1 n_2 - n_{1\,2}^2$ – определитель матрицы **N**.

Таким образом, подставляя в формулу (4.29) элементы матрицы **N**, получаем формулу определения средней квадратической ошибки положения пункта *P* в общем виде

$$m_P = \mu\sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2 - n_{1\,2}^2}}, \tag{4.31}$$

где μ – ошибка единицы веса.

При оценке точности пунктов маркшейдерских съемочных сетей за ошибку единицы веса в формуле (4.31) принимается средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов $m_\beta = 20''$. В линейной засечке $\mu = m_l$ и значения m_P принимаются в метрах, поэтому необходимо произвести переход от угловых величин к линейным, воспользовавшись отношением (4.13)

$$\frac{m_\beta}{\rho} = \frac{m_l}{l}, \qquad (4.32)$$

где m_l – средняя квадратическая ошибка линейных измерений, мм.

Подкоренное выражение формулы (4.31) зависит от вида и геометрии засечек.

Для вывода формул ошибки положения пункта P по каждой засечке приведем исходные данные к общему виду. При 3-х исходных пунктах засечки можно представить в виде двух треугольников (рис. 4.40).

Так как ошибка положения пункта не зависит от направления осей прямоугольной системы координат, направим ось x по линии 2-Р так, как это показано на рис. 4.47. Используем теорию параметрического уравнивания. Обозначим координаты пункта P через параметры:

$$X_P = T_1; \quad Y_P = T_2.$$

Рассмотрим сначала однократные засечки.

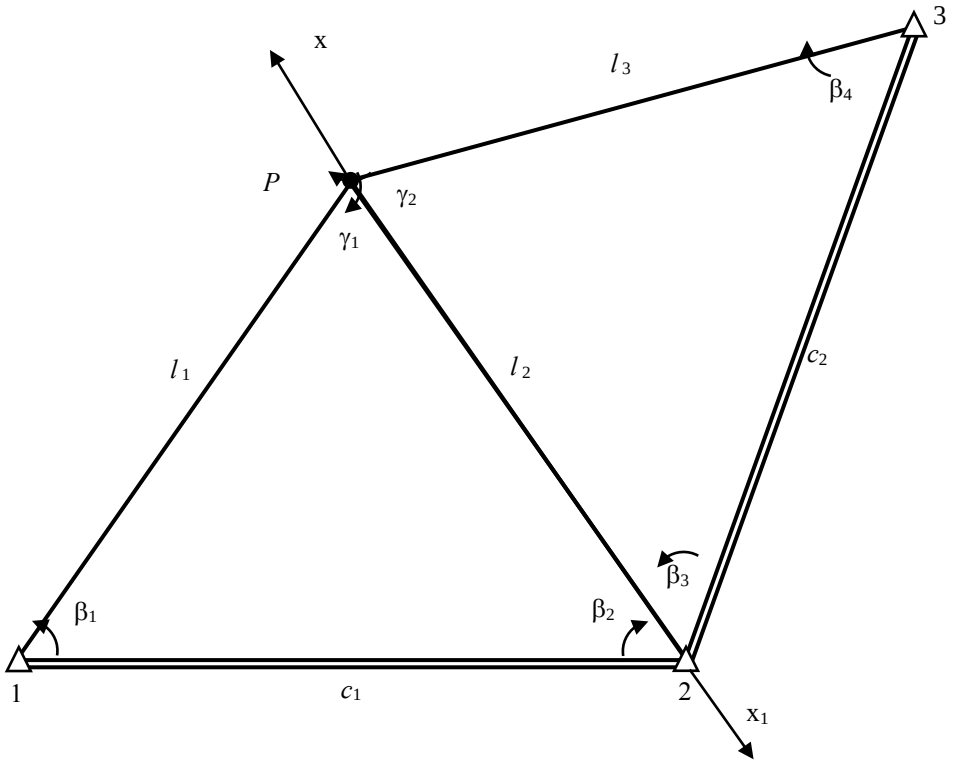


Рис. 4.47. Общая схема засечек

Прямая угловая засечка

При прямой угловой засечке измеряются углы β_1 и β_2. Выразим эти углы через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \operatorname{arctg}\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - \operatorname{arctg}\frac{T_2 - y_1}{T_1 - x_1};\\ \beta_2 &= \operatorname{arctg}\frac{T_2 - y_2}{T_1 - x_2} - \operatorname{arctg}\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}.\end{aligned} \tag{4.33}$$

Дифференцируя выражения (4.33) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_1 = \frac{\partial\beta_1}{\partial T_1} = \rho\frac{\sin\alpha_{1P}}{l_1}; \quad a_1 = \frac{\partial\beta_1}{\partial T_2} = -\rho\frac{\cos\alpha_{1P}}{l_1};$$

$$a_2 = \frac{\partial\beta_2}{\partial T_1} = -\rho\frac{\sin\alpha_{2P}}{l_2}; \quad a_2 = \frac{\partial\beta_2}{\partial T_2} = \rho\frac{\cos\alpha_{2P}}{l_2}.$$

Введем обозначения: $\frac{\rho}{l_i} = r_i$ – ***градиенты направлений*** [30].

Учтем, что: $\alpha_{1P} = \gamma_1$; $\alpha_{2P} = 0$; $\alpha_{3P} = -\gamma_2$. Тогда для матрицы **A** получим:

$$\begin{aligned} a_1 &= r_1\sin\gamma_1; & a_1 &= -r_1\cos\gamma_1;\\ a_2 &= 0; & a_2 &= r_2. \end{aligned}$$

Так как углы измерены равноточно, матрица весов **P** – единичная, и элементы матрицы **N** вычислены по формулам:

$$n_1 = a_1^2 + a_2^2 = r_1^2\sin^2\gamma_1,$$

$$n_2 = a_1^2 + a_2^2 = r_1^2\cos^2\gamma_1 + r_2^2;$$

$$n_1 = a_{21}\, a_{11} + a_{22}\, a_{21} = -r_1^2 \sin\gamma_1 \cos\gamma_1 .$$

По формуле (4.31) получим ошибку положения пункта

$$m_P = \frac{m_\beta \sqrt{r_1^2 + r_2^2}}{r_1 r_2 \sin\gamma_1} = \frac{m_\beta \sqrt{l_1^2 + l_2^2}}{\rho \sin(\beta_1 + \beta_2)}. \qquad (4.34)$$

Линейная засечка

При линейной засечке измеряются стороны l_1 и l_2. Выразим их через координаты исходных пунктов и параметры:

$$l_1 = \sqrt{(T_1 - x_1)^2 + (T_2 - y_1)^2}\,;$$
$$l_2 = \sqrt{(T_1 - x_2)^2 + (T_2 - y_2)^2}\,. \qquad (4.35)$$

Дифференцируя выражения (4.35) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_{11} = \frac{\partial l_1}{\partial T_1} = \cos\alpha_{1P} = \cos\gamma_1; \quad a_{12} = \frac{\partial l_1}{\partial T_2} = \sin\alpha_{1P} = \sin\gamma_1;$$

$$a_{21} = \frac{\partial l_2}{\partial T_1} = \cos\alpha_{2P} = 1; \quad a_{22} = \frac{\partial l_2}{\partial T_2} = \sin\alpha_{2P} = 0.$$

Матрица весов **P** – не единичная, т. к. линейные измерения – неравноточные. Примем за ошибку единицы веса $\mu = m_{l_1}$. Матрица весов измеренных длин

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} p_1 & 0 \\ 0 & p_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \dfrac{m_{l_1}^2}{m_{l_2}^2} \end{pmatrix}.$$

Элементы матрицы **N** вычисляем по формулам:

$$n_1 = p_1 a_1^2 + p_2 a_2^2 = c_1^2 \gamma_1 + p_2 s;$$

$$n_2 = p_1 a_1^2 + p_2 a_2^2 = s_2^2 i \gamma_1;$$

$$n_1 = p_1 a_1 a_1 + p_2 a_2 a_2 = s_2 \gamma_1 i c \gamma_1.$$

По формуле (4.31) получим ошибку положения пункта

$$m_P = \frac{\sqrt{m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2}}{s \gamma_1 n} = \frac{\sqrt{m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2}}{s \beta_1 + \beta_2)}. \qquad (4.36)$$

Если ошибки линейных измерений имеют вид

$$m_{l_1} = \frac{l_1}{T}; \quad m_{l_2} = \frac{l_2}{T}, \qquad (4.37)$$

то ошибка положения пункта P

$$m_P = \frac{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}}{T s i \beta_1 + (\beta_2)}. \qquad (4.38)$$

Прямая линейно-угловая засечка.

Прямая линейно-угловая засечка заключается в измерении углов β_1, β_2 и сторон l_1, l_2 . Используя решения угловой и линейной засечек, запишем матрицы **A** и **P**:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} r_1 \sin\gamma & -r_1 \cos\gamma \\ 0 & r_2 \\ \cos\gamma & \sin\gamma \\ 1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & p_{l_1} & \\ & & & p_{l_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & \frac{m_\beta^2}{m_{l_1}^2} & \\ & & & \frac{m_\beta^2}{m_{l_2}^2} \end{pmatrix}.$$

После преобразований получим

$$m_P = m_\beta \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + p_{l_1} + p_{l_2}}{(r_1^2 + r_2^2)\ p_{l_1}\ (+\ p_{l_2}) + \sin^2\gamma\ (r_1^2 - p_{l_1})\ r_2^2 - (p_{l_2})}}.$$

Обратная угловая засечка.

При обратной угловой засечке измеряются углы γ_1 и γ_2. Для обратных засечек при выводе формул удобно центр системы координат поместить в пункт *P*, а ось x направить вдоль стороны *P*2 (см. ось x_1 на рис. 4.46). Выразим углы γ_1 и γ_2 через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \arctg\frac{y_1 - T_2}{x_1 - T_1} - \arctg\frac{y_2 - T_2}{x_2 - T_1}; \\ \gamma_2 &= \arctg\frac{y_2 - T_2}{x_2 - T_1} - \arctg\frac{y_3 - T_2}{x_3 - T_1}. \end{aligned} \qquad (4.39)$$

Дифференцируя выражения (4.39) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_1 = \frac{\partial \gamma_1}{\partial T_1} = r_1 \sin \gamma_1; \quad a_1 = \frac{\partial \gamma_1}{\partial T_2} = r_2 - r_1 \cos \gamma_1;$$

$$a_2 = \frac{\partial \gamma_2}{\partial T_1} = r_3 \sin \gamma_2; \quad a_2 = r_3 \cos \gamma_2 - r_2.$$

Матрица весов **P** – единичная, ошибка единицы веса $\mu = m_\beta$. Далее получим:

$$\begin{aligned} n_1 + n_2 &= a_1^2 + a_2^2 + a_1^2 + a_2^2 = \\ &= (r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \gamma_1) + (r_2^2 + r_3^2 - 2r_2 r_3 \cos \gamma_2) \end{aligned}, \quad (4.40)$$

или

$$n_1 + n_2 = \frac{\rho^2}{l_2^2}\left(\frac{c_1^2}{l_1^2} + \frac{c_2^2}{l_3^2}\right);$$

$$\begin{aligned} N &= n_1 n_2 - n_1^2 = (a_1 a_2 - a_1 a_2)^2 = \\ &= \left[r_1 r_2 \sin \gamma_1 + r_2 r_3 \sin \gamma_2 - r_1 r_3 \sin (\gamma_1 + \gamma_2)\right]^2, \end{aligned} \quad (4.41)$$

или

$$N = n_1 n_2 - n_1^2 = \rho^4 \left[\frac{\sin \gamma_1}{l_1 l_2} + \frac{\sin \gamma_2}{l_2 l_3} - \frac{\sin (\gamma_1 + \gamma_2)}{l_1 l_3}\right]^2.$$

Ошибка положения определяемого пункта при однократной обратной угловой засечке (в случае измерения углов γ_1 и γ_2)

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho} \frac{l_2}{\sin (\beta_1 + \beta_4)} \sqrt{\frac{l_1^2}{c_1^2} + \frac{l_3^2}{c_2^2}}. \quad (4.42)$$

Обычно при точке Р измеряются не углы γ_1 и γ_2 , а направления N_{P1}, N_{P2} и N_{P3} и $\mu = m_N = m_\beta / \sqrt{2}$ [29]. Уравнения связи для измеренных направлений будут иметь вид:

$$N_P = \arctg \frac{y_i - T_2}{x_i - T_1} - T_p, \qquad (4.43)$$

где T_p – третий параметр (ориентирный угол) [26].

Дифференцируя выражения (4.43) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_1 = \frac{\partial N_{P1}}{\partial T_1} = r_1 \sin\gamma_1; \quad a_1 = \frac{\partial N_{P1}}{\partial T_2} = -r_1 \cos\gamma_1;$$

$$a_2 = \frac{\partial N_{P2}}{\partial T_1} = 0; \quad a_2 = \frac{\partial N_{P2}}{\partial T_2} = -r_2.$$

$$a_3 = \frac{\partial N_{P3}}{\partial T_1} = -r_3 \sin\gamma_2; \quad a_3 = \frac{\partial N_{P1}}{\partial T_2} = -r_3 \cos\gamma_2;$$

$$a_4 = a_{11} + a_{21} + a_{31} = r_{11}\sin\gamma_1 + r_3 \sin\gamma_2;$$
$$a_4 = a_{12} + a_{21} + a_{31} = -r_{11}\cos\gamma_1 - r_2 - r_3 \cos\gamma_2.$$

Последняя строка матрицы **A** (элементы a_{41} и a_{42}) вводится в связи с переходом к эквивалентной системе уравнений поправок для исключения третьего параметра T_p [26]. Матрица весов теперь не будет единичной, т. к. $p_4 = p_\Sigma = -1/3$:

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & -\frac{1}{3} \end{pmatrix}.$$

Далее получим:

$$n_1 + n_2 = \frac{1}{3}[r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos\gamma_1) + (r_2^2 + r_3^2 - 2r_2 r_3 \cos\gamma_2) + \\ + (r_1^2 + r_3^2 - 2r_1 r_3 \cos\gamma_1 + \gamma_2)], \qquad (4.44)$$

или

$$n_1 + n_2 = \frac{\rho^2}{3}\left(\frac{c_1^2}{l_2^2 l_1^2} + \frac{c_2^2}{l_2^2 l_3^2} + \frac{c_1^2 + c_2^2 - 2c_1 c_2 \cos(\beta_2 + \beta_3)}{l_1^2 l_3^2}\right);$$

$$N = n_1 n_2 - n_1^2 = \frac{1}{3}\left[r_1 r_2 \sin\gamma_1 + r_2 r_3 \sin\gamma_2 - r_1 r_3 \sin(\gamma_1 + \gamma_2)\right]^2, \quad (4.45)$$

или

$$N = n_1 n_2 - n_1^2 = \frac{\rho^4}{3}\left[\frac{\sin\gamma_1}{l_1 l_2} + \frac{\sin\gamma_2}{l_2 l_3} - \frac{\sin(\gamma_1 + \gamma_2)}{l_1 l_3}\right]^2.$$

Ошибка положения определяемого пункта при однократной обратной угловой засечке (в случае измерения направлений N_{P1}, N_{P2} и N_{P3})

$$m_P = \frac{m_\beta}{\sqrt{2}\rho}\frac{l_2\sqrt{c_1^2 l_3^2 + c_2^2 l_1^2 + (c_1^2 + c_2^2 - 2c_1 c_2 \cos(\beta_2 + \beta_3))\, l_2^2}}{c_1 c_2 \sin(\beta_1 + \beta_4)}. \quad (4.46)$$

Формулы оценки точности обратной угловой засечки содержат некий графический смысл. Если отложить на направлениях *P*-1, *P*-2, *P*-3 (см. рис. 4.48) градиенты r_1, r_2, r_3, получим так называемый *обращенный треугольник ABC* [30] со сторонами c_{12}, c_{13}, c_{23}.

Используя тригонометрические соотношения, в формулах (4.40), (4.41), (4.44), (4.45) можно записать:

$$(r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos\gamma_1) + (r_2^2 + r_3^2 - 2r_2 r_3 \cos\gamma_2) + (r_1^2 + r_3^2 - 2r_1 r_3 \cos(\gamma_1 + \gamma_2)) =$$
$$= c_1^2 + c_2^2 + c_1^2;$$
$$r_1 r_2 \sin\gamma_1 + r_2 r_3 \sin\gamma_2 - r_1 r_3 \sin(\gamma_1 + \gamma_2) =$$
$$= 2S_{ABC} + 2S_{PBC} - 2S_{PAC} - 2S_{PAB},$$

где S – площадь обращенного треугольника.

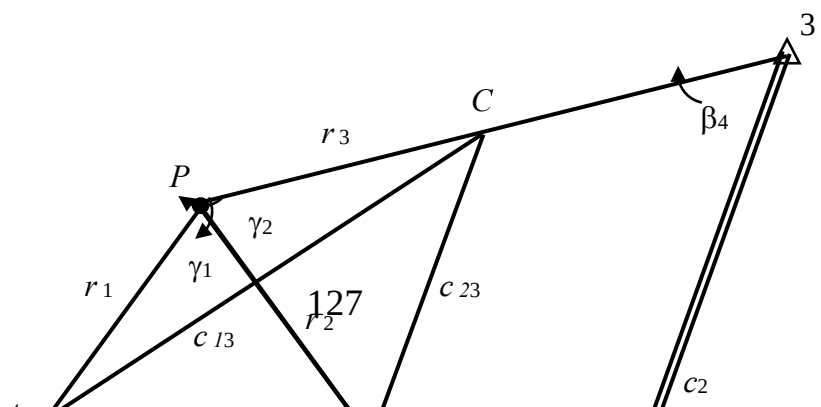


Рис. 4.48. Построение обращенного треугольника

Формулы для определения ошибки положения определяемого пункта через элементы обращенного треугольника имеют вид:

для засечек с измеренными углами

$$m_P = m_\beta \frac{\sqrt{c_1^2 + c_2^2}}{2S}; \qquad (4.47)$$

для засечек с измеренными направлениями

$$m_P = m_\beta \frac{\sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_1^2}}{2\sqrt{2}S}. \qquad (4.48)$$

Несмотря на простой вид формул (4.47) и (4.48) для расчетов они не удобны, и лучше пользоваться формулами (4.42) и (4.46).

Обратная линейно-угловая засечка

При обратной линейно-угловой засечке измеряются угол γ_1 и стороны l_1 и l_2 . Выразим их через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\gamma_1 = \arctg\frac{y_1 - T_2}{x_1 - T_1} - \arctg\frac{y_2 - T_2}{x_2 - T_1};$$

$$l_1 = \sqrt{(x_1 - T_1)^2 + (y_1 - T_2)^2}; \qquad (4.49)$$

$$l_2 = \sqrt{(x_2 - T_1)^2 + (y_2 - T_2)^2}.$$

Дифференцируя выражения (4.49) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_1 = \frac{\partial\gamma_1}{\partial T_1} = r_1 \sin\gamma_1; \quad a_1 = \frac{\partial\gamma_1}{\partial T_2} = r_2 - r_1\cos\gamma_1;$$

$$a_2 = \frac{\partial l_1}{\partial T_1} = -\cos\alpha_{P1} = -\cos\gamma_1; \quad a_2 = \frac{\partial l_1}{\partial T_2} = -\sin\alpha_{P1} = -\sin\gamma_1;$$

$$a_3 = \frac{\partial l_2}{\partial T_1} = -\cos\alpha_{P2} = -1; \quad a_3 = \frac{\partial l_2}{\partial T_2} = -\sin\alpha_{P2} = 0.$$

Матрица весов **P** – не единичная. Примем за ошибку единицы веса $\mu = m_\beta$. Тогда

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & & \\ & \frac{m_\beta^2}{m_{l_1}^2} & \\ & & \frac{m_\beta^2}{m_{l_2}^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & \\ & p_{l_1} & \\ & & p_{l_2} \end{pmatrix}.$$

Далее получим:

$$n_1 + n_2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\gamma_1 + p_{l_1} + p_{l_2} = \frac{\rho^2 c_1^2}{l_1^2 l_2^2} + p_{l_1} + p_{l_2},$$

$$N = n_1n_2 - n_1^2 = p_{l_1}(r_1 - r_2\cos\gamma_1)^2 + p_{l_2}(r_2 - r_1\cos\gamma_1)^2 + p_{l_1}p_{l_2}\sin^2\gamma_1 =$$

$$= \frac{\rho^2}{l_1^2 l_2^2}[p_{l_1}(l_2 - l_1\cos\gamma_1)^2 + p_{l_2}(l_1 - l_2\cos\gamma_1)^2] + p_{l_1}p_{l_2}\sin^2\gamma_1.$$

Ошибка положения определяемого пункта

$$m_P = m_\beta \sqrt{\frac{\rho^2 c_1^2 + (p_{l_1} + p_{l_2}) l_1^2 l_2^2}{\rho^2 [p_{l_1} (l_2 - l_1 \cos\gamma_1)^2 + p_{l_2} (l_1 - l_2 \cos\gamma_1)^2] + p_{l_1} p_{l_2} l_1^2 l_2^2 \sin^2\gamma_1}}. \quad (4.50)$$

При линейно-угловой засечке минимальное количество исходных пунктов (два) обеспечивает получение координат определяемого пункта с контролем. Для надежного определения координат пункта P с помощью прямой угловой засечки и линейной засечки двух исходных пунктов мало, а для обратной угловой засечки мало и трех исходных пунктов – не обеспечиваются избыточные измерения.

Для контроля правильности определения координат, найденных из засечек, необходимо использовать избыточные пункты и произвести избыточные измерения. В таком случае засечки называют ***многократными***.

Двукратная прямая угловая засечка может быть выполнена в двух вариантах – с трех исходных пунктов (рис. 4.40) и с четырех исходных пунктов (независимые засечки). В случае независимых прямых засечек линейная невязка в координатах определяемого пункта

$$f_l = \sqrt{(x_{P_1} - x_{P_2})^2 + (y_{P_1} - y_{P_2})^2}$$

не должна превышать предельного значения

$$f_\partial = 3\sqrt{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2} = \frac{3m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2}{\sin^2\gamma_1} + \frac{l_3^2 + l_4^2}{\sin^2\gamma_2}}, \quad (4.51)$$

где $x_{P_1}, y_{P_1}, x_{P_2}, y_{P_2}$ – координаты вставляемого пункта, полученные в результате двух засечек; M_{P_1}, M_{P_2} – ошибки положения пункта P, вычисленные для каждой засечки.

Если невязка не превышает допустимого значения, то за окончательный результат можно принять средние взвешенные значения

$$x_P = \frac{x_1 M_{P_2}^2 + x_2 M_{P_1}^2}{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}; \quad y_P = \frac{y_1 M_{P_2}^2 + y_2 M_{P_1}^2}{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}.$$

Точность полученных координат можно оценить как

$$M_P = \frac{M_{P_1} M_{P_2}}{\sqrt{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}}.$$

Анализ точности многократных засечек (обратной угловой и линейной) выполняется по результатам уравнительных вычислений. Наиболее эффективен параметрический способ уравнивания.

Для сравнения точности различных видов засечек примем равенство углов при исходных пунктах ($\beta = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$) и равенство длин сторон между определяемым и исходными пунктами ($l = l_1 = l_2 = l_3$). Используем также условие (4.13).

Для приведения формул ошибки положения пункта P к общему виду производится переход от величин γ и l к горизонтальным углам β и базису c

$$\gamma = 1 \quad ° \cancel{8}\, 2\beta,\ 0 \quad l = \frac{c}{2\text{с} \quad \beta\text{о}}. \tag{4.52}$$

Тогда подставляя полученные уравнения в отношение (4.13) получим

$$m_l = \frac{m_\beta}{\rho} l = \frac{m_\beta}{2\rho\text{с} \quad \beta} c. \tag{4.53}$$

В табл. 4.11 приведены формулы для определения СКО положения пункта Р при решении однократных засечек.

Таблица 4.11

Оценка точности однократных засечек

Вид засечки	Ошибка положения пункта

Прямая угловая	$m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{\sqrt{2}\rho c \quad \beta s \; si 2\beta}$
Линейная	$m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{\sqrt{2}\rho c \quad \beta s \; si 2\beta}$
Обратная по углам	$m_P = \frac{m_\beta \cdot c\sqrt{2}}{4\rho c \quad \beta \beta s \; i 2\beta}$
Обратная по направлениям	$m_P = \frac{m_\beta \cdot c\sqrt{2 - c \quad 2\beta}}{4\rho c \quad \beta \beta ss \; i 2\beta}$
Прямая линейно-угловая	$m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{2\rho c \; o\beta s}$
Обратная линейно-угловая	$m_P = \frac{m_\beta c}{\rho c \quad \beta \beta} \sqrt{\frac{1 + 2c \quad \beta \beta \quad s}{2(3 + 4c \quad 2\beta + c \quad s 2\beta)}}$

Формулу для расчета ошибки положения пункта Р можно представить в виде [31]

$$m_{P_м} = k\, c_{к\ м}. \qquad (4.54)$$

где: k – коэффициент, определяющий вид засечки, ее геометрию и точность измерений; $c_{км}$ – среднее значение длин базисных сторон, км; $m_{P_м}$ – ошибка положения вставляемого пункта, м.

В табл. 4.12 приведены значения коэффициента k, полученные при $m_\beta = 20''$ и различных значениях горизонтальных углов β для различных видов засечек.

Таблица 4.12

Значения коэффициента *k* для однократных засечек

β, град.	10	20	30	40	50	60	70	80
Прямая угловая	0,204	0,114	0,091	0,091	0,108	0,158	0,312	1,154
Линейная	0,204	0,114	0,091	0,091	0,108	0,158	0,312	1,154
Обратная угловая по углам	0,103	0,060	0,053	0,059	0,084	0,158	0,456	3,324
Обратная угловая	0,075	0,047	0,046	0,057	0,088	0,177	0,536	4,030

по направлениям								
Прямая линейно-угловая	0,049	0,052	0,056	0,063	0,075	0,097	0,142	0,279
Обратная линейно-угловая	0,043	0,047	0,055	0,068	0,094	0,150	0,308	1,153

Из таблиц 4.11 и 4.12 можно заключить:

при равной относительной точности угловых и линейных измерений прямая угловая и линейная засечки обеспечивают равную точность;

ошибка положения пункта принимает наименьшее значение при следующих значениях угла γ – 110º (прямая угловая и линейная засечки), 120º (обратная угловая по углам), 128º (обратная угловая по направлениям);

точность обратной угловой засечки с измеренными направлениями выше точности засечки с измеренными углами лишь при $\gamma > 90^{\circ}$;

для линейно-угловых засечек при $\gamma > 120^{\circ}$ точность выше у обратной засечки, а при $\gamma < 120^{\circ}$ – у прямой засечки.

Распространяя выводы на двукратные засечки, получим формулы, представленные в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Оценка точности двукратных засечек

Вид засечки	Ошибка положения пункта
Прямая угловая	$m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{2\rho \sin\frac{\beta}{2}\sqrt{1+\cos^2\frac{\beta}{2}}}$
Линейная	$m_P = \frac{\sqrt{3} m_\beta \cdot c}{2\rho \sin\frac{\beta}{2}\sqrt{2(1+2\cos^2\frac{\beta}{2})}}$
Обратная по углам	$m_P = \frac{\sqrt{3} m_\beta \cdot c}{4\rho \sin\frac{\beta}{2}\sqrt{(1+\cos\frac{2\beta}{3})\left(1+2\cos^2\frac{2\beta}{3}\right)}}$

Обратная по направлениям	$m_P = \frac{m_\beta c\sqrt{1-\sin^2\beta\cos^2 2\beta}\quad \sin}{4\rho\cos^3\beta\sin 2\beta\sqrt{2(4\sin^4\beta+\cos^2 2\beta)}}$

В табл. 4.14 приведены значения коэффициента *k*, полученные при m_β = 20″ и различных значениях горизонтальных углов β.

Таблица 4.14

Значения коэффициента *k* для двукратных засечек

β, град.	10	20	30	40	50	60	70	80
Прямая угловая засечка	0,105	0,064	0,058	0,063	0,075	0,100	0,175	0,595
Линейная засечка	0,106	0,067	0,065	0,076	0,091	0,112	0,183	0,601
Обратная угловая по углам			0,037	0,050	0,071	0,112	0,268	1,731
Обратная угловая по направлениям			0,042	0,046	0,055	0,090	0,240	1,683

Из таблиц 4.13 и 4.14 можно заключить:

при равных условиях наиболее высокую точность обеспечивает обратная угловая засечка, уравненная по направлениям, а при $\gamma < 55^\circ$ – прямая угловая засечка;

ошибка положения пункта принимает наименьшее значение при следующих значениях угла γ – 122° и 128° (соответственно прямая угловая и линейная засечки);

точность обратной угловой засечки с измеренными направлениями выше точности засечки с измеренными углами (при $\gamma < 110^\circ$);

повышение точности двукратных засечек относительно точности однократных засечек происходит не просто в $\sqrt{2}$ раз, а зависит от геометрии засечки.

Точность засечек прямо пропорционально зависит от точности угловых (и линейных) измерений m_β и от длины базисной стороны *c*. Это позволяет с помощью таблиц 4.12 и 4.14 выполнять оценку точности засечек при других условиях измерений.

При этом значения коэффициента k будут пропорционально изменяться в зависимости от точности угловых измерений m_β.

Пример. Оценить ошибку положения пункта P, определяемого с помощью обратной угловой засечки по измеренным направлениям с 4-х исходных пунктов (двукратная засечка). Значения базисов $c_1 = 0{,}2$ км, $c_2 = 0{,}4$ км, $c_3 = 0{,}6$ км. Среднее значение горизонтального угла при исходных пунктах $\bar{\beta} = \sum_1^6 \beta_i / 6 = 4\ ^\circ$. СКО угловых измерений $m_\beta = 5''$.

Значение коэффициента $k = 0{,}046$ (при $m_\beta = 20''$) определяется из таблицы 4.14 (для двукратных засечек) при $\beta = 40°$. Для заданных условий коэффициент k определяется из выражения

$$k_5 = \frac{k_2 \cdot 5''}{2'' \ 0} = \frac{0{,}0\ 4}{4} = 0{,}0\ 6.$$

Тогда

$$m_P = k_5 \cdot \bar{c}_к = 0{,}0 \cdot 0{,}4 = 0{,}02 \text{ м}$$

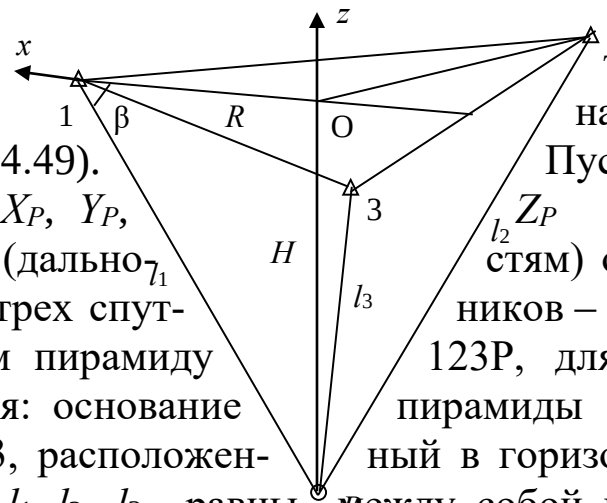
Ответы, получаемые по формулам (табл. 4.11 и табл. 4.13) имеют некоторую погрешность, обусловленную тем, что вместо точных значений геометрических элементов принимались средние их значения, и расчет формул выполнялся по упрощенному принципу ($\beta = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$, $l = l_1 = l_2 = l_3$).

4.3.5. Точность спутниковых геодезических технологий

Наряду с традиционными методами создания маркшейдерских опорных и съемочных сетей, в последние десятилетия все более широкое применение на карьерах находят спутниковые геодезические технологии. В геодезическом смысле они реализуют принцип пространственной обратной линейной засечки – когда пространственные координаты (x, y, z) пункта наземной сети определяются по расстояниям, измеренным от этого пункта до четырех и более спутников, положение которых известно с достаточной точностью.

Основным достоинством спутниковых систем является их оперативность, всепогодность, оптимальная точность и эффек-

тивность. Для измерений не нужна видимость между определяемыми пунктами. Метод определения координат геодезических пунктов с помощью спутниковых систем называют *позиционированием*.



Анализ точности позиционирования начнем с простой схемы (рис. 4.49). Пусть определяются координаты X_P, Y_P, Z_P по измеренным расстояниям (дальностям) от определяемого пункта P до трех спутников – 1, 2 и 3.

Рассмотрим пирамиду 123P, для которой примем два условия: основание пирамиды равносторонний треугольник 123, расположенный в горизонтальной плоскости, а ребра – l_1, l_2 , l_3 – равны между собой и наклонены к горизонту (как и к основанию пирамиды) под углом δ.

Центр системы координат поместим в точку P, ось z направим по высоте пирамиды вверх к основанию, а ось x – через точку 1. В равностороннем треугольнике 123 точка O – место пересечения медиан – отстоит от вершин треугольника на расстояние R (радиус описанной окружности), а от сторон треугольника на расстояние $R/2$. Учитывая, что в равностороннем треугольнике медиана – и биссектриса, и высота треугольника – она делит внутренние углы треугольника (60º) пополам.

Рис. 4.49. Позиционирование от трех спутников

Запишем в принятой системе координаты вершин пирамиды:

Координаты	1	2	3	*P*
x	R	$-R/2$	$-R/2$	0
y	0	$R\sqrt{3}/2$	$-R\sqrt{3}/2$	0
z	H	H	H	0

Обозначим координаты определяемого пункта P через параметры:

$$X_P = T_1;\ \ Y_P = T_2;\ Z_P = T_3.$$

Выразим измеренные величины через координаты исходных пунктов и параметры:

$$l_1 = \sqrt{(x_1 - T_1)^2 + (y_1 - T_2)^2 + (z_1 - T_3)^2};$$

$$l_2 = \sqrt{(x_2 - T_1)^2 + (y_2 - T_2)^2 + (z_2 - T_3)^2}; \qquad (4.55)$$

$$l_3 = \sqrt{(x_3 - T_1)^2 + (y_3 - T_2)^2 + (z_3 - T_3)^2}.$$

Дифференцируя выражения (4.55) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_1 = \frac{\partial l_1}{\partial T_1} = \frac{-(x_1 - T_1)}{l_1} = \frac{-R}{l_1} = -\cos\delta; \quad a_1 = \frac{\partial l_1}{\partial T_2} = 0; \quad a_1 = -\sin\delta;$$

$$a_2 = \frac{\partial l_2}{\partial T_1} = \frac{-(x_2 - T_1)}{l_2} = \frac{R}{2l_2} = \frac{\cos\delta}{2}; \quad a_2 = \frac{\partial l_2}{\partial T_2} = -\frac{\sqrt{3}}{2}\cos\delta; \quad a_2 = -\sin\delta;$$

$$a_3 = \frac{\cos\delta}{2}; \quad a_3 = \frac{\sqrt{3}}{2}\cos\delta; \quad a_3 = -\sin\delta.$$

Примем линейные измерения равноточными и матрицу весов **P** – единичной, примем за ошибку единицы веса $\mu = m_l$. Обратная весовая матрица координат определяемого пункта

$$\mathbf{Q}_P = (\mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\ )^{-1} = \begin{pmatrix} 1{,}5c^{-2}\delta & s\,0 & 0 \\ 0 & 1{,}5c^{-2}\delta & s0 \\ 0 & 0 & 3s^{-2}\delta \end{pmatrix}_n^{-1} = \begin{pmatrix} \dfrac{2}{3c^{-2}\delta} & s & \\ & \dfrac{2}{3c^{-2}\delta} & s \\ & & \dfrac{1}{3s^{-2}\delta} \end{pmatrix}$$

.

Диагональные элементы матрицы $\mathbf{Q}_P$ используются для расчета ошибки положения пункта P:

в плане	$m_{P_{x,y}} = \mu\sqrt{q_1 + q_2}$;
в пространстве	$m_{P_{x,y,z}} = \mu\sqrt{q_1 + q_2 + q_3}$;
по высоте	$m_{P_z} = \mu\sqrt{q_3}$

Элементы матрицы $\mathbf{Q}_P$ определяются только геометрией засечки. В теории анализа точности спутниковых геодезических измерений используется понятие геометрического фактора (ГФ) – отношение ошибки положения пункта к ошибке единицы веса [31]

$$\text{ГФ} = \frac{m_P}{\mu}.$$

В зависимости от вида ошибки положения (в плане, по высоте или в пространстве) геометрический фактор имеет следующие обозначения:

$$H \quad D = \sqrt{q_1 + q_2}; \quad P \quad D = \sqrt{q_1 + q_2 + q_3}; \quad V \quad D \quad \sqrt{q_3} \qquad (4.56)$$

Из формулы (56) следует связь

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2.$$

Для нашего примера: $q_{11} = q_{22} = \frac{2}{3\cos^2\delta}$; $q_{33} = \frac{1}{3\sin^2\delta}$. В табл. 4.15 приведены значения геометрического фактора при различных углах возвышения спутников над горизонтом.

Таблица 4.15

Влияние угла возвышения δ на точность позиционирования

ГФ	Угол возвышения спутников над горизонтом δ							
	10º	20º	30º	40º	50º	60º	70º	80º
PDOP	3,53	2,09	1,76	1,75	1,95	2,40	3,43	6,68
HDOP	1,17	1,23	1,33	1,51	1,80	2,31	3,38	6,65
VDOP	3,32	1,69	1,15	0,90	0,75	0,67	0,61	0,59

Из таблицы следует, что хорошие результаты получаются при небольших углах возвышения спутников – 30º… 40º. Вообще геометрический фактор зависит также от широты местности, количества наблюдаемых спутников и других факторов. ГФ становится меньше при наблюдении более 4 спутников, достаточно хорошим считается наблюдение шести спутников.

Основным показателем ГФ является *PDOP*. Для оценки качества засечки пользуются следующей шкалой:

PDOP	Вербальная оценка
<4	Хорошо
5-7	Удовлетворительно
>7	Плохо

Геометрический фактор – не единственный источник ошибок при спутниковых геодезических измерениях. Источниками формирования ошибки определения расстояния от приемника до спутника являются также [32, 33]:

оборудование космического аппарата и наземный контрольно-измерительный комплекс;

среда распространения сигнала от спутника к приемнику станции наблюдения;

приемная станция;

методика наблюдений и обработки результатов измерений.

Ошибки от первого источника обусловлены неидеальностью частотно-временного и эфемероидного обеспечения спутников. Погрешности частотно-временного обеспечения возникают при сверке и хранении бортовой шкалы времени. Наблюдение и корректировку часов на спутнике ведут наземные контрольно-измерительные комплексы. Эфемериды (координаты) спутника в момент отправки сигнала содержат ошибки вследствие влияния внешних факторов – Солнца, Земли, Луны и проч. Корректировка координат спутника производится также контрольно-измерительными комплексами. Перечисленные ошибки практически исключаются при дифференциальных наблюдениях.

При распространении радиосигнала от спутника к приемной станции скорость его не остается постоянной, а меняется на различных участках атмосферы – особенно в ионосфере и тропосфере. Снижение влияния ионосферы на результаты позиционирования происходит за счет использования двух несущих частот и работы на двухчастотных приемных станциях. Задержка радиосигналов в тропосфере наиболее сказывается при наблюдениях за спутниками, имеющими угол возвышения над горизонтом $\delta < 10^{\circ}$ - 15°. Поэтому спутники с малым углом возвышения не отслеживаются. Эта мера направлена и на снижение влияния ошибок за счет изменения пути радиосигнала вследствие отражения от поверхности земли, зданий и других объектов, находящихся поблизости от приемной станции. Для снижения влияния многолучевости (многопутности) радиосигнала рекомендуется: выбирать место наблюдений вдали от отражающих объектов; устанавливать дополнительные экранирующие приспособления; увеличивать время работы на станции.

Инструментальные ошибки, или ошибки работы на приемной станции в большинстве своем исключаются при дифференциальных наблюдениях. К таким ошибкам относятся погрешности хода часов в приемнике, временные задержки в многоканальных приемниках. Неустраняемыми являются ошибки измерения высоты и центрирования прибора и антенны. Их значения составляют первые миллиметры и входят в составляющую *a* средней квадратической ошибки GPS-измерений. Общая ошибка спутникового позиционирования описывается линейной функцией

$$m_l = a + b\ l,$$

где для высокоточных моделей приемников и методов измерений, а составляет 2…5 мм, а b – 1 … 3 мм/км. При этом точность координаты z в 2-3 раза ниже точности определения плановых координат.

Тип приемника, методика наблюдений и последующей обработки результатов измерений (постобработка) являются определяющими при оценке точности позиционирования. Современные кодово-фазовые многоканальные двухчастотные приемники позволяют работать как в кодовом, так и в более точном – фазовом режиме.

Кодовым методом проводят абсолютные наблюдения – определяют непосредственно координаты пункта, на котором установлен приемник. Фазовый метод применяют при относительных (дифференциальных) измерениях, когда определяют приращения координат между пунктами-станциями, на которых одновременно работают GPS-приемники, причем одна из этих станций – базовая, с известными координатами. Из этих относительных измерений образуют разности трех типов: простые, сдвоенные и строенные. Разности практически свободны от большинства погрешностей.

Так первые или простые разности (разности измерений между приемниками) не содержат искажений аппаратуры спутника, ослаблены влияния атмосферных воздействий и погрешности эфемерид. Чем ближе расположены станции А и В, тем полнее компенсированы искажения. Вторые разности (разности измерений между спутниками) свободны как от искажений на спутнике, так и от искажений на наземных станциях.

Вторые и третьи разности используются в постобработке и уравнительных вычислениях, для оценки фактической точности измерений.

4.3.6. Проектирование и уравнивание маркшейдерских сетей

Построение маркшейдерских опорных и съемочных сетей выполняется по техническому проекту, разработанному на основе технического задания. Техническое задание составляется

главным маркшейдером предприятия и утверждается главным инженером.

В техническом задании указывается:

- цель проектируемых работ – создание или реконструкция сети (в т.ч. развитие существующей сети);
- тип проектируемой сети – маркшейдерская опорная сеть или маркшейдерская съемочная сеть;
- назначение сети;
- класс точности проектируемой сети или предельные ошибки положения новых пунктов сети относительно исходных;
- характеристика исходных пунктов государственной геодезической сети или маркшейдерской опорной сети на территории предприятия – их местоположение, каталог координат, класс точности, наружное оформление знаками.

При выполнении работ силами сторонних организаций согласовываются сроки и стоимость работ по проектированию и созданию сети.

Технический проект построения сети разрабатывается исполнителем работ. Технический проект может содержать текстовую, графическую и сметную части [33].

В текстовой части проекта отражаются следующие вопросы:

- тип и назначение проектируемой сети;
- краткая физико-географическая характеристика района работ;
- сведения о геодезической обеспеченности района работ;
- определение метода построения сети и выбор необходимых приборов;
- предварительный расчет ожидаемой точности плановых координат и высот пунктов сети;
- организация и сроки выполнения полевых работ, мероприятия по технике безопасности и охране труда;
- перечень материалов, подлежащих сдаче по окончании работ.

Графическая часть проекта составляется на плане масштаба принятого на горном предприятии. На план наносятся: исходные пункты и стороны, определяемые пункты и схема построения сети.

В сметной части проекта производится расчет необходимых затрат на выполнение проектируемых работ в соответствии с действующими нормами выработки (времени).

Выбор метода построения сети зависит: от имеющихся в распоряжении исполнителя работ приборов; от формы и размеров участка проектирования; рельефа местности и застроенности территории, условий видимости; наличия и расположения исходных пунктов.

Различают **необходимые** и **избыточные исходные данные**. Например, для центрирования, ориентирования и масштабирования сети триангуляции *необходимо* располагать четырьмя ($К_М$ = 4) исходными данными – плановыми координатами двух пунктов сети или координатами одного пункта, дирекционным углом и длиной одной стороны сети. В трилатерации и полигонометрии $К_М$ = 3 (координаты пункта и дирекционный угол стороны сети), в высотных сетях $К_М$ = 1 (высотная отметка одного из реперов сети). Все остальные исходные данные будут избыточными.

Если число исходных данных в сети равняется необходимому числу исходных данных, т. е. $L = К_М$, сеть называется **нульсвободной**. При $L < К_М$ сеть называется **свободной**, при $L > К_М$ – **несвободной сетью**.

При проектировании сети следует иметь в виду, что включаемые в сеть исходные пункты должны быть взаимно увязаны – координаты их должны быть вычислены в одной системе и не вызывать сомнений у работников маркшейдерской службы по результатам выполненных ранее работ. Класс точности исходных пунктов должен быть выше точности развиваемой сети. В этом случае координаты исходных пунктов можно принять безошибочными (истинными) и ошибки исходных данных не учитывать при предварительной оценке точности и при уравнивании результатов полевых работ.

К измеряемым величинам в маркшейдерско-геодезической практике относятся направления, углы, азимуты, длины сторон, приращения координат (при спутниковых наблюдениях) и т.д. В плановой сети для определения координат новых пунктов от исходных достаточно выполнить два измерения – двух сторон, двух углов или угла и стороны сети. В высотной сети достаточно одного измерения – превышения. Поэтому число необходимых из-

мерений в плановых сетях $K = 2p$, в высотных сетях $K = p$, где p – число определяемых пунктов.

При спутниковом позиционировании $K = 3p$, т. к. определяются координаты (приращения координат) по всем трем осям.

Если измерено N величин $X_1, \ldots, X_N$, то число избыточно измеренных величин

$$R = N - K.$$

Каждое избыточное измерение влечет появление математических отношений между измеренными или измеренными и исходными величинами. Избыточные исходные данные математических условий не образуют.

Геодезические и маркшейдерские сети обязательно должны содержать избыточные измерения. Они нужны для своевременного обнаружения грубых ошибок, а также для производства уравнительных вычислений и оценки качества выполненных работ. Кроме того, точность элементов сети после уравнивания повышается в среднем в $\sqrt{N/K} = \sqrt{1 + R/K}$ раз [4].

Избыточность измерений достигается:

в триангуляции, трилатерации и спутниковых наблюдениях – построением замкнутых геометрических фигур – треугольников и цепочек треугольников, многоугольников с диагоналями, центральных фигур и т. д., в вершинах которых должно быть не менее двух исходных пунктов;

в полигонометрии и высотных ходах – проложением замкнутых ходов, ходов между двумя исходными пунктами, ходов с узловыми точками и проч.

Схема проектируемой сети переносится на план местности для определения объемов работ и проверки выполнения требований инструкций к элементам сети – углам фигур, длинам сторон и ходов.

Выполняется предварительный расчет ожидаемой точности плановых координат и высот пунктов сети. Для простых фигур и несложных сетей – засечек, вытянутых полигонов и разомкнутых высотных ходов – можно применить формулы, рассмотренные в главе. Сложные построения анализируются при помощи специальных компьютерных программ.

При анализе проекта можно решать задачи двух основных типов:

прямая задача – по заданной точности измерений и геометрии сети находят ожидаемую точность элементов сети – ошибки положения новых пунктов относительно исходных; ошибки взаимного положения новых пунктов; линейные и угловые ошибки наиболее слабых сторон сети;

обратная задача – по нормативным значениям ошибок элементов сети и ее геометрии определяют необходимую точность измерений.

Для решения этих задач применяются формулы из теории параметрического уравнивания.

В случае проектирования плановых сетей обозначим координаты новых (определяемых) пунктов:

$$x_1 = T_1\ , y_1 = T_1\ ;\ \ldots\ ; x_{p1} = T_{p1}, y_{p1} = T_{p2}.$$

Для каждого из N запроектированных измерений составляется параметрическое уравнение связи $X_i = \varphi_i(T_{11}, \ldots, T_{p2})$. Затем формируется матрица коэффициентов системы нормальных уравнений поправок

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{1,1\,1} \ldots a_{1,p2} \\ \ldots\ldots\ldots \\ a_{N,1\,1} \ldots a_{N,p2} \end{pmatrix},$$

где $a_{ik} = \dfrac{\partial X_i}{\partial T_k}$, $I = 1 \ldots N$, $k = 1 \ldots 2p$. Для вычисления значений элементов матрицы **A** используются приближенные значения координат новых пунктов, дирекционных углов и длин сторон проектируемой сети, снимаемые с плана. Оценка точности элементов сети производится по формуле

$$m_F = \mu\sqrt{q_F}\ , \qquad (4.57)$$

где μ – априорное значение ошибки единицы веса (принимается $\mu = m_\beta$ при полигонометрии и триангуляции и $\mu = m_l$ при трилатерации и спутниковых наблюдениях). Априорная точность из-

мерений устанавливается в проекте в соответствии с применяемыми приборами и методиками измерений.

Обратный вес функции, описывающей оцениваемый элемент сети, определяется по формуле

$$q_F = \mathbf{s}\mathbf{N}^{-1}\mathbf{s}^{\mathrm{T}},$$

где: матрица $\mathbf{N} = \mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{A}$; $\mathbf{P}$ – матрица весов измеряемых величин; $\mathbf{s}$ – вектор-строка производных функции F по параметрам $T_{11}, \ldots, T_{p2}$.

Если определяется ошибка положения i-го пункта сети ($x_i = T_{i1}$, $y_i = T_{i2}$), то

$$q_F = \eta_{i1} + \eta_{i2}, \qquad (4.58)$$

где η_{i1} и η_{i2} – диагональные элементы обратной весовой матрицы координат определяемого пункта $\mathbf{N}^{-1} = \left(\mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\right)^{-1}\mathbf{A}$.

Если определяется ошибка стороны l_{ij}, то

$$\mathbf{s} = \left(0.\ 0 \quad s_{i1} = -\cos\alpha_i \quad s_{i2} = -\sin\alpha_i \quad 0.\ 0 \quad s_{j1} = \cos\alpha_i \quad s_{j2} = \sin\alpha_i \quad 0.\ 0\right).$$

Если определяется ошибка взаимного положения i-го пункта сети ($x_i = T_{i1}$, $y_i = T_{i2}$) и j-го пункта сети ($x_j = T_{j1}$, $y_j = T_{j2}$), то

$$q_F = \omega_1 + \omega_2, \qquad (4.59)$$

где ω_1 и ω_2 – диагональные элементы матрицы

$$\Omega = \mathbf{S}\mathbf{N}^{-1}\mathbf{S}^{\mathrm{T}},$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0.\ 0 & s_{1,i1} = -1 & s_{1,i2} = 0 & 0.\ 0 & s_{1,j1} = 1 & s_{1,j2} = 0 & 0.\ 0 \\ 0.\ 0 & s_{2,i1} = 0 & s_{2,i2} = -1 & 0.\ 0 & s_{2,j1} = 0 & s_{2,j2} = 1 & 0.\ 0 \end{pmatrix}.$$

Полученные значения ошибок сравниваются с нормативными значениями, приведенными в инструкциях по производству маркшейдерских и геодезических работ. При этом от предельных ошибок, указанных в инструкции, необходимо перейти к сред-

ним квадратическим ошибкам, разделив их на 3 (двумерный случай – ошибки положения на плоскости) или на 2,5 (одномерный случай). Если проект не обеспечивает необходимую точность элементов сети, следует повысить точность измерений или изменить геометрию сети.

В случае проектирования высотных сетей обозначим координаты новых (определяемых) пунктов:

$$z_1 = T_1,\ z_2 = T_2;\ \ldots;\ z_p = T_p.$$

Для каждого из N запроектированных ходов между реперами составляется параметрическое уравнение связи $X_i = \varphi_i(T_1, \ldots, T_p)$. Матрица коэффициентов системы нормальных уравнений поправок

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} \ldots a_{1p} \\ \ldots\ldots\ldots \\ a_{N1} \ldots a_{Np} \end{pmatrix},$$

где $a_{ik} = \dfrac{\partial X_i}{\partial T_k}$, $I = 1 \ldots N$, $k = 1 \ldots p$.

Априорное значение ошибки единицы веса принимается $\mu = m_{1\,км}$, а элементы весовой матрицы $p_i = 1/ L_{км}$, где $L_{км}$ – длины ходов, км.

Если определяется ошибка положения i-го пункта сети ($z_i = T_i$), то

$$q_F = \eta\square_i\,, \qquad (4.60)$$

где $\eta\square_i$ – диагональный элемент обратной весовой матрицы $\mathbf{N^{-1}} = \left(\mathbf{A^T P}\right)\mathbf{A}^{-1}$.

Если определяется ошибка превышения между пунктами – взаимного положения i-го пункта сети ($x_i = T_i$) и j-го пункта сети ($x_j = T_j$), то

$$\mathbf{s} = \left(0.\ 0\ .\ s_i = -1 \qquad 0.\ 0\ .\ s_j = 1 \qquad 0.\ 0\right).$$

При решении обратной задачи находят ошибку единицы веса

$$\mu = \frac{D_F}{k_з \sqrt{q_F}}, \tag{4.61}$$

где D_F – допуск, установленный инструкцией для точностной характеристики элемента сети; $k_з$ – коэффициент перехода от допуска к средней квадратической ошибке (3 или 2,5).

Точность любого проектируемого измерения в сети находят по формуле

$$m_i = \frac{\mu}{\sqrt{p_i}}. \tag{4.62}$$

По найденным значениям точности отдельных измерений подбираются приборы для выполнения работ по созданию сети.

После выполнения полевых работ и первичной обработки результатов измерений выполняется уравнивание сети. В зависимости от вида сети и числа избыточных измерений применяется коррелатный или параметрический способы уравнивания. Коррелатный способ уравнивания применяется при уравнивании полигонов, когда число избыточных измерений R много меньше числа достаточных измерений K. Сложные построения уравниваются параметрическим способом. Современный уровень вычислительной техники позволяет отказаться от приближенных способов уравнивания, который не обеспечивает строгий анализ точности сети.

Анализ точности по результатам параметрического уравнивания выполняется по формулам (57) – (60), но ошибка единицы веса рассчитывается по формуле

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\sum\limits_{i=1}^{N} p_i v_i^2}{N - K}},$$

где μ_1 – апостериорная ошибка единицы веса, v_i – поправки в результаты измерений.

Качество работ оценивается близостью априорной и апостериорной ошибок единиц веса, чем меньше отличие, тем лучше качество. Результаты оценки точности выполненных работ по материалам уравнивания приводятся в отчете, передаваемом исполнителем работ предприятию, и являются основанием для приемки выполненных работ.

5. СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ

Маркшейдерская съемка карьеров - комплекс полевых и камеральных работ, проводимых с целью определения положения и изображения на планах в заданном масштабе горных выработок, инженерных сооружений и рельефа земной поверхности относительно пунктов опорных и съемочных сетей.

Маркшейдерские съемочные работы на карьерах выполняют способами: перпендикуляров, тахеометрическим, стереофотограмметрическим, нивелированием (геометрическим), тригонометрическим и их комбинациями. Съемка производится периодически через определенные Интервалы времени в пределах карьерного поля. Объектами съемки являются: уступы, траншеи, съезды, скважины, границы взорванных блоков и опасных зон, развалы, дренажные и геологоразведочные выработки, отвалы, склады полезного ископаемого, транспортные пути, линии электропередачи, постоянные и временные инженерные сооружения и т. п. Съемку карьеров выполняют в масштабах 1:1000, 1:2000, внешних отвалов - 1:2000, 1:5000.

В зависимости от сложности снимаемого контура и масштаба съемки маркшейдер определяет расстояния между точками съемки (пикетами), соблюдая следующие требования [3]:

- пикеты набирают на всех характерных точках;
- расстояния между пикетами на бровках уступов при съемке в масштабе 1:1000 не должны превышать 20 м, если контуры бровки уступов сложные, и 30 м, если контуры близкие к прямолинейным; при съемке в масштабе 1:2000 эти расстояния соответственно 30 и 40 м, при большой протяженности прямолинейных участков - 50 м;
- при съемке отвалов в масштабе 1:5000 расстояние между пикетами может достигать 100 м;
- при съемке участков взорванных горных пород в масштабе 1:1000 максимальное расстояние между пикетами 10 м; при съемке в масштабе 1:2000 - 20 м;
- съемка ведется с перекрытием пикетов на участках, снимаемых с разных пунктов съемочных сетей. Расхождения контуров на границах перекрытия не должны превышать 1 мм на плане для четких контуров и 1,5 мм - для нечетких;

- допустимые расхождения высот пикетов не должны превышать 0,4 м при наземных съемках и 0,8 м - при аэрофотограмметрической съемке.,

Периодичность съемки устанавливают исходя из производственной необходимости с учетом указаний вышестоящей организации, но не реже чем раз в квартал. В случае, если съемка предназначена для определения объемов с целью оплаты за экскавацию и транспортировку горной массы, то ее выполняют ежемесячно.

5.1. Способ перпендикуляров (ординарный способ съемки)

Способ перпендикуляров (ординарный способ съемки) может быть применен практически при любой сложности контуров, снимаемых в карьере. Съемка ведется с пунктов или точек съемочного обоснования путем измерения длины перпендикуляров (ординат), восстановленных от линий съемочного обоснования (рис. 5.1).

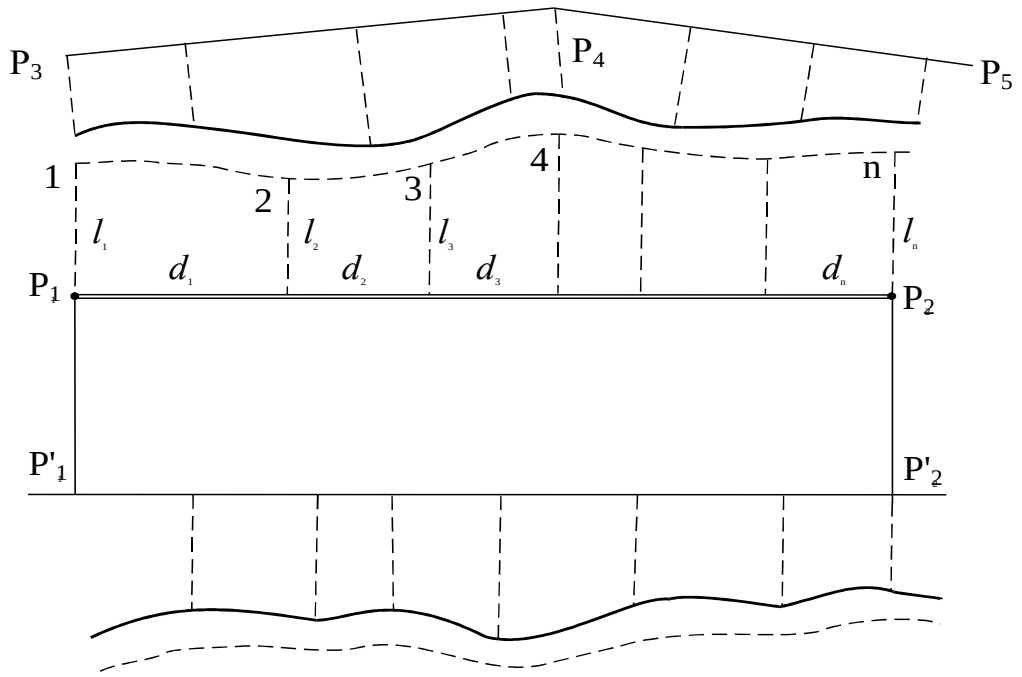


Рис. 5.1. Съемка уступа карьера способом перпендикуляров (ординат)

Методика съемки весьма проста и заключается в измерении перпендикуляров l_1, l_2, l_3, ..., l_n от линии съемочного обоснования P_1P_2 через интервалы d_1, d_2, d_3, ..., d_n. Набор количества

пикетов 1, 2, 3, ..., n и длину интервалов d_i определяет маркшейдер в зависимости от сложности снимаемого контура. Измерения проводят с помощью металлических рулеток с точностью отсчета до 0,1 м. Длину перпендикуляров, как правило, не допускают более 30 м. При длине более 15 м их восстанавливают с помощью эккера.

Результаты съемки заносят в полевой журнал, записывая номера пунктов или точек съемочного обоснования, длину интервалов d_i по линии P_1P_2 от начального пункта и длину перпендикуляров l_i. Одновременно ведутся зарисовки контуров и характерных мест, т. е. составляется абрис.

В случае удаления объекта съемки от линии P_1P_2 более чем на 30 м выносится дополнительная линия P_1', P_2' (см. рис. 5.1).

Высотные отметки пикетов 1, 2, 3, ..., n при необходимости, если они отличаются от высотных отметок точек съемочного обоснования более чем на 0,4 м, определяют геометрическим нивелированием.

Результаты съемки наносят на план от линии между точками съемочного обоснования (P_1P_2), используя абрис.

Недостатки способа:

- необходимо наличие правильной уступной системы ведения горных работ, когда берма уступа близка к горизонтальной;
- большое количество линейных измерений.

Достоинства: прост и точен.

Точность способа зависит от ошибок при измерении абсцисс, ординат и при построении прямых углов.

5.2. Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка - широко распространенный способ съемки в карьере, один из видов топографической съемки, выполняемой на отдельных участках. Пространственное положение точки при выполнении тахеометрической съемки определяется полярным способом с помощью тахеометра или теодолита, производя измерения горизонтального угла, расстояния и превышения методом тригонометрического нивелирования. Название «тахеометрическая съемка» в переводе с греческого слова

tachymetreo – означает быстрое измерение, т. е. при одном наведении зрительной трубы тахеометра или теодолита определяется положение каждой точки в пространстве. Тахеометрическая съемка выполняется по главному принципу от общего к частному, создавая в начале планово-высотную основу, с которой ведут съемку подробностей и по результатам последней в камеральных условиях составляют план горных выработок карьера. Плановой и высотной основой тахеометрической съемки служат пункты маркшейдерских съемочных сетей. В результате съемки по данным измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний производится определение положения в плане и по высоте точек (пикетов) снимаемого участка.

Тахеометрическая съемка выполняется теодолитами или авторедукционными тахеометрами.

Съемку теодолитами ведут с пунктов съемочного обоснования по схеме, указанной на рис.5.2.

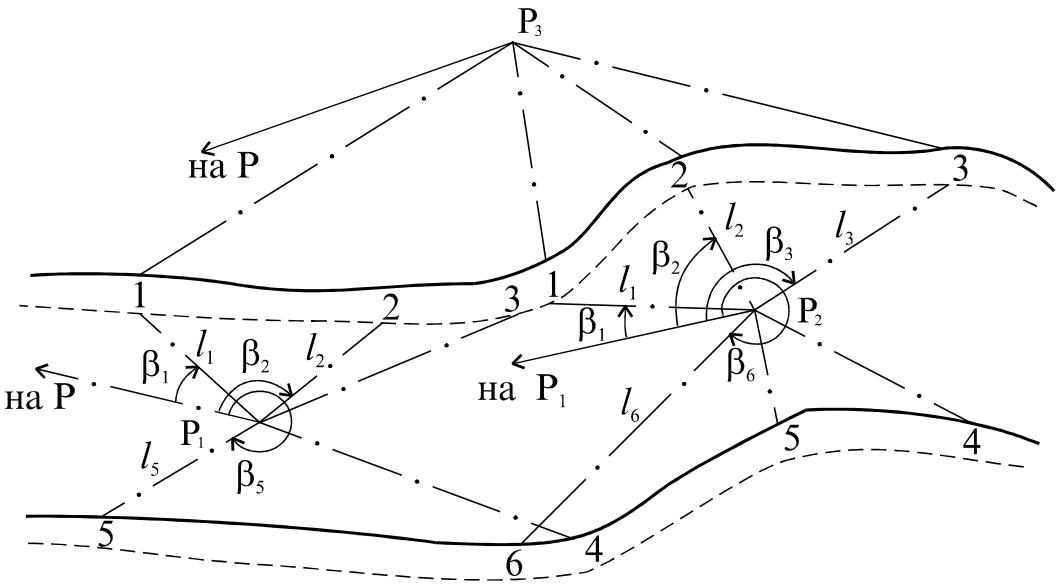


Рис. 5.2. Тахеометрическая съемка уступов

Первая стоянка на точке P_1. От начального направления P_1P на выбранные пикеты 1, 2,..., 5 измеряются горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_5$, вертикальные углы и наклонные расстояния $l_1, l_2, \ldots l_5$. Аналогичные измерения проводятся на точках P_2, P_3. Наклонное расстояние l_i определяют по нивелирной рейке нитя-

ным дальномером теодолита, направление - β_i – теодолитом, превышение – тригонометрическим способом, т. е. измерением угла наклона (δ).

Измерение горизонтальных углов допускается при одном положении круга с точностью отсчитывания до десятков минут. Во избежание грубых ошибок рекомендуется в конце работы на каждой станции (стоянке инструмента) проводить замыкание на горизонт. Допустимое смещение не должно превышать $2'$. С помощью рулетки измеряется высота инструмента с точностью до 1 см и записывается в журнал.

Горизонтальное проложение наклонной длины линии d и превышение h определяют по формулам

$$d = l_i \cos\delta \; ; \; h = d \operatorname{tg}\delta ; \quad h = l \sin\delta ,$$

если наведение визирной оси трубы производится на точку рейки, высота которой от поверхности земли равна высоте инструмента.

Расстояния от прибора до пикета при съемках бровок уступов и других нечетких контуров в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000 не должны превышать соответственно 150, 200, 300 м. При съемке четких контуров (здания, сооружения), для приведенных выше условий расстояния до пикетов, не должны быть больше соответственно 80, 100, 150 м.

На каждой стоянке тахеометрической съемки ведется абрис съемки с нанесением положений снимаемых контуров. Измерения заносятся в журнал тахеометрической съемки, в котором ведут вычисления горизонтальных проложений, превышений и высот пикетов. Пример записи в журнал приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Журнал тахеометрической съемки

Место съемки:

Инструмент: Исполнитель

Точки визирования	Отсчет по дальномеру l,	Отсчет по гориз. кругу,	Отсчет по верт. кругу	Угол наклона	Горизонт. пролож. d, м	Превышение h, м	Высоты точек, м	Примечание, абрис

	м	β		δ				
Станция точ. P_1								$МГ$=90 $К$=100 v=1,55 м i=1,55 м
Р		00°00′					320,20	
1	20,5	30°30′	90°28′	-0°28′	20,5	-0,17	320,03	
2	21,4	129°00′	91°10′	-1°10′	21,4	-0,43	319,76	
3	38,1	143°30'	91°00′	-1°00′	38,1	-0,66	319,53	
4	44,6	186°30′	89°30′	+0°30′	44,6	+0,39	320,59	
5	24,3	316°00′	89°00′	+1°00′	24,3	+0,42	320,62	
Р		00°01′						

Камеральная обработка результатов тахеометрической съемки начинается с проверки полевых записей в журнале. После проверки журнала камеральную работу выполняют в следующей последовательности:

по координатам *x, y, z* наносят на план горных работ точки съемочного обоснования;

вычисляют горизонтальные проложения, превышения и высотные отметки пикетов;

наносят на план пикетные точки и все элементы и контуры участка съемки, используя абрис.

Для нанесения горизонтальных углов на план применяют простые тахеометрические транспортеры, длин линий - линейки с миллиметровыми делениями.

При съемке авторедукционными, электронными тахеометрами при наведении на пикет автоматически определяют наклонное или горизонтальное расстояние, горизонтальные и вертикальные углы. В зависимости от типа прибора в полевых условиях вычисляются приращения или координаты пикетов. Полученная информация вводится в блок памяти прибора и далее в камеральных условиях при использовании компьютера и программного обеспечения выполняется автоматический процесс составления плана горных выработок карьера.

5.3. Стереофотограмметрическая съемка

Стереофотограмметрическая съемка - способ съемки, позволяющий определять и графически изображать форму, размеры и пространственное положение земной поверхности и других

объектов по фотографическим снимкам методом измерения стереопар. Стереопару составляют два фотоснимка одного участка местности, полученные при разных положениях центра проекции (объектива фотоаппарата).

Различают монокулярное (одним глазом) и бинокулярное (двумя глазами) зрение. Бинокулярное зрение с устойчивым ощущением объемного восприятия объектов в пространстве называют стереоскопическим. Принцип стереоскопического зрения используется для получения стереомодели местности. Бинокулярное рассмотрение двух снимков, содержащих изображение одного и того же объекта, как и наблюдение невооруженным глазом, воссоздает объемное восприятие соответствующего объекта (участка местности), т. е. стереомодель. Поэтому в процессе преобразования фотоизображений в ортогональную проекцию (план) все измерения стереопар осуществляются не в натуре, а в камеральных условиях на специальных измерительных стереоскопических приборах.

Фотографирование местности может осуществляться с подвижных точек - аэрофотосъемка и с неподвижных базисов - наземная фотограмметрическая съемка.

В связи с различием технических приемов обработки стереопар при создании по ним плана различают три случая фотографирования (рис. 5.3):

с отвесным положением оптической оси фотокамеры - вертикальная съемка;

с наклонным положением оптической оси фотокамеры - перспективная съемка;

с горизонтальным положением оптической оси фотокамеры - горизонтальная съемка.

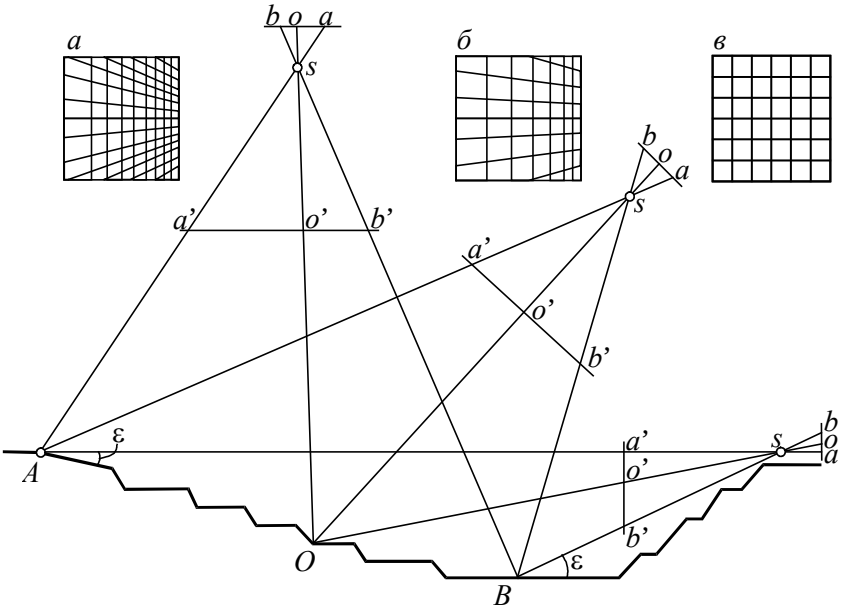


Рис. 5.3. Случаи фотографирования при различных съемках:
а - вертикальная (плановая); *б* – перспективная; *в* - горизонтальная,
so – центр проектирования (объектива), - главная точка снимка,
ε - угол встречи проектирующих лучей с поверхностями снимаемых участков карьера и земной поверхности (должен быть не менее 1-2)

В горном деле фотографическая съемка наиболее широкое распространение получила для съемки открытых горных разработок, включая аэро- или наземную фотограмметрическую съемку.

Основные достоинства фотограмметрической съемки заключаются в следующем:

- высокая точность измерений за счет использования прецизионных приборов и методов обработки на ЭВМ;
- получение в короткие сроки объективной и достоверной информации о состоянии всего объекта в целом или больших его частей;
- получение информации об объекте бесконтактным способом;
- высокая производительность труда;
- возможность изучения неподвижных, медленно или быстро протекающих процессов;
- возможность съёмки труднодоступных участков карьера;

- малый объём полевых работ, что особенно важно для зимнего периода;

- материалы съёмки могут быть использованы для составления геологической документации месторождения.

5.3.1. Аэрофотограмметрическая съемка карьеров (аэросъемка)

Аэрофотограмметрическая съемка карьеров (аэросъемка) основана на обработке (измерении) фотографических снимков (стереопары), полученных из разных точек фотографирования.

Аэросъемку выполняют с летательных аппаратов (самолет или вертолет) при помощи установленного на них аэрофотоаппарата (АФА). Летательный аппарат для этого оборудуется приборами, обеспечивающими операции фотографирования. АФА снабжены объективами с высокой разрешающей способностью и фокусным расстоянием.

Аэросъемка выполняется в более мелком масштабе по сравнению с масштабом плана карьера, и не должно быть меньше 1:10000 - при съемке горных выработок в масштабе 1:1000 и съемке для контрольного определения объема выемки за два года и более; 1:15000 - при съемке горных выработок в масштабе 1:2000 и 1:25000 при съемке складов полезного ископаемого, отвалов вскрышных работ в масштабе 1:5000.

Масштаб и высоту фотографирования определяют по формулам

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m}; \quad H = f \cdot m,$$

где f - фокусное расстояние АФА; H - высота фотографирования; m - масштаб снимка.

Аэросъемку карьера проводят по схеме маршрутов летательного аппарата (рис. 5.4) с соблюдением следующих технических требований:

заданное продольное перекрытие снимков 60 % или 80 %;

угол наклона снимков до 4°;

изменение высоты полета в пределах одного маршрута не более 50 м;

величина расчетного линейного смаза фотоизображения не более 0,05 мм.

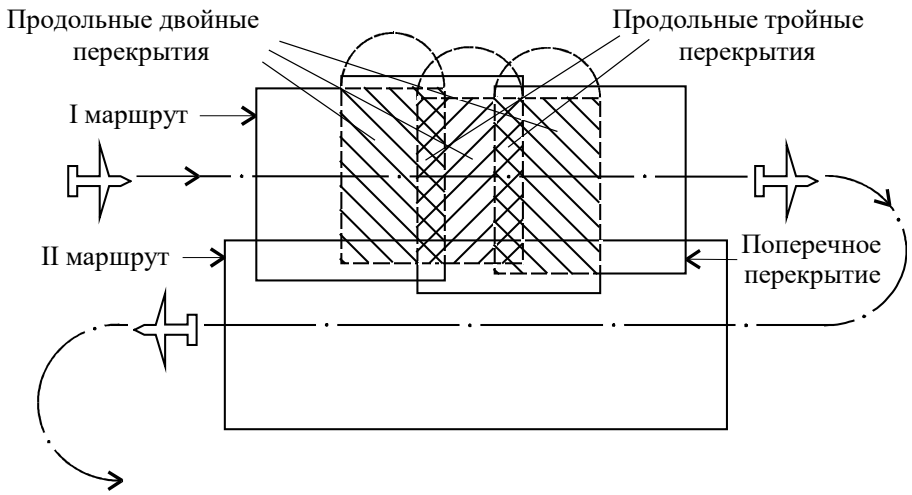


Рис. 5.4. Схема маршрутов аэросъемки

Для работы используют не весь снимок, а его центральную часть. Аэроснимок представляет центральную проекцию местности, полученную при помощи аэрофотоаппарата. Аэрофотоснимок подобен плану снимаемой местности, если местность представляет собой плоскость, а снимок горизонтален, т. е. оптическая ось АФА занимает вертикальное положение. Практически такие случаи невозможны. Поэтому для преобразования аэрофотоснимка в план используют элементы ориентирования, определяющие положение аэрофотоснимка в пространстве в момент фотографирования в заданной системе координат. Их подразделяют на внутренние и внешние элементы ориентирования.

Элементы внутреннего ориентирования позволяют определять положение центра проектирования *S* относительно аэроснимка (рис. 5.5) при помощи фокусного расстояния аэрофотоаппарата и прямоугольной системы координат аэрофотоснимка, образованной прямыми, соединяющими противоположные координатные метки прикладной рамки.

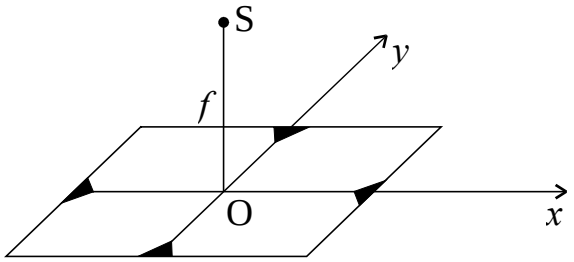


Рис. 5.5. Элементы внутреннего ориентирования
S - центр проектирования (объектив);
ƒ фокусное расстояние АФА;
O - главная точка (центр) аэроснимка

Элементы внешнего ориентирования определяют пространственное положение аэрофотоснимка в момент фотографирования (рис. 5.6). К ним относят:

координаты центра проекции (объектов) X_s, Y_s, $Z_s = H$ - высота фотографирования, при помощи которой определяют положение точки *S* (центра объектива) в принятой на местности системе координат (ось *X* параллельна направлению аэрофотосъемочного маршрута);

угол наклона аэрофотоснимка α, при помощи которого определяют угол отклонения главного луча проектирования *SO* от отвесной линии *Sn,* дирекционный угол направления снимка *A*. Дирекционный угол *A* определяет положение плоскости главного вертикала *W*, в которой находится главный луч *SO*;

угол поворота γ, составленный плоскостью главного вертикала n_o и определяющий поворот аэрофотоснимка в своей плоскости.

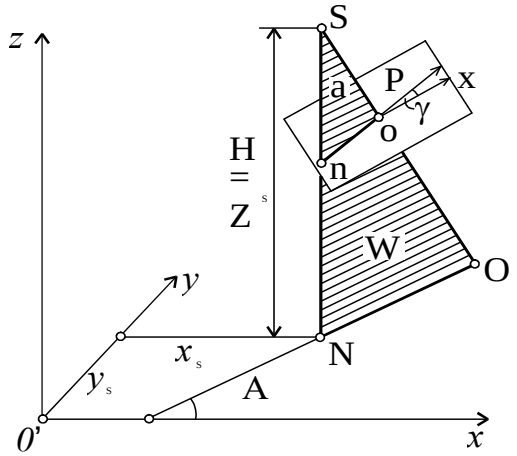


Рис. 5.6. Элементы внешнего ориентирования

Для внешнего ориентирования фотоснимков используют опорные точки, которые закладываются на местности. Плановое и высотное их положения определяют по методике, принятой для пунктов съемочного обоснования. Опорные точки располагают вдоль маршрута аэрофотосъемки. Для надежного опознания пунктов на снимках их маркируют в виде креста или окружностей. Размер знака на местности выбирается таким, чтобы на снимке длина штриха была не менее 0,2 мм, а толщина - 0,03 мм.

Количество опорных точек в карьере определяется с соблюдением следующих условий [3]:

при ежемесячной съемке карьеров глубиной до 200 м каждую стереопару снимков обеспечивают четырьмя планово-высотными опорными точками, расположенными в ее углах;

при съемке карьеров глубиной более 200 м, а также при съемке, выполняемой с целью контрольного определения объемов выемки за длительный период, необходимо дополнительно иметь высотную опорную точку в центре стереопары.

По окончании фотосъемки производится лабораторная обработка фотопленки и изготовляются контактные отпечатки на фотобумаге. Фотографии монтируются на общую основу (подложку) в таком порядке, чтобы в результате получился один общий аэрофотоснимок на весь участок съемки. По общему аэрофотоснимку производится оценка качества летно-съемочных работ, включающая проверку: допустимых отклонений продольного и поперечного перекрытий; сохранения направления и прямолинейности маршрутов; степени разномасштабности и углов наклона снимков и т. п.

Планы горных выработок составляют на универсальных фотограмметрических приборах, у которых средняя квадратическая погрешность определения координат точек модели не должна превышать для плановых координат 0,02 мм в плоскости снимка и для высоты - 0,01 % h, где h - высота проектирования на приборе, мм.

Приборы должны проверяться в соответствии с инструкциями по эксплуатации и юстироваться, если их точность не отвечает указанным требованиям.

Обработка материалов аэрофотосъемки выполняется с использованием ЭВМ для вычисления элементов геодезического

ориентирования модели местности, подсчета объемов выемки горной массы, складов полезных ископаемых и составления планов объектов съемки на графопостроителях.

5.3.2. Наземная фотограмметрическая съемка

Наземная фотограмметрическая съемка - метод изучения и регистрации формы, размеров и пространственного положения объектов по их фотограмметрическим изображениям, полученным с точек земной поверхности [6]. Наземную фотограмметрическую съемку применяют как самостоятельный вид съемки, так и совместно с тахеометрической съемкой. Главным ее преимуществом является значительное сокращение полевых работ и возможность съемки труднодоступных участков карьеров.

Идея метода состоит в том, что пространственное положение третьей точки определяется относительно двух других (базисных) прямой засечкой, причём эта засечка реализуется с помощью стереопары снимков, полученных с земли. В основе наземной фотограмметрии лежат общие математические зависимости между пространственным положением точек объекта и их фотографическими изображениями на фотоснимках.

Суть фотограмметрической съемки сводится к следующему. Фотографирование участка карьера выполняют с двух точек (S_1 и S_2) базисной линии $B_ф$. Полученные с разных точек базиса снимки - левый P_1 и правый P_2 являются стереопарой снимаемого участка (рис. 5.7).

В зависимости от используемой аппаратуры, фотоизображение получается либо в виде плоских фотоснимков (при съемке фототеодолитом), либо в цифровом виде (при съемке цифровой камерой). Элементами стереопары считают:

центры проекций S_1 и S_2 левого и правого фотоснимков, т. е. задние узловые точки объективов фотокамер;

базисную линию (базис фотографирования) $B_ф$, равную расстоянию между центрами проекций фотоснимков;

проектирующие лучи, создающие изображение соответственно a_1S_1A, c_1S_1C на левом, a_2S_2A, c_2S_2C - на правом снимках;

главные лучи, перпендикулярные к плоскостям левого S_1O_1 и правого S_2O_2 фотоснимков;

главные точки пересечения главных лучей с фотоснимками O_1 и O_2;

фокусные расстояния фотоснимков $f_1 = S_1O_1$, $f_2 = S_2O_2$.;

изображения одних и тех же точек снимаемого участка на каждом снимке (на двух снимках стереопары): идентичные точки a_1 и a_2, c_1 и c_2 по соответствующим лучам S_1a_1, S_2a_2, S_1c_1, S_2c_2.

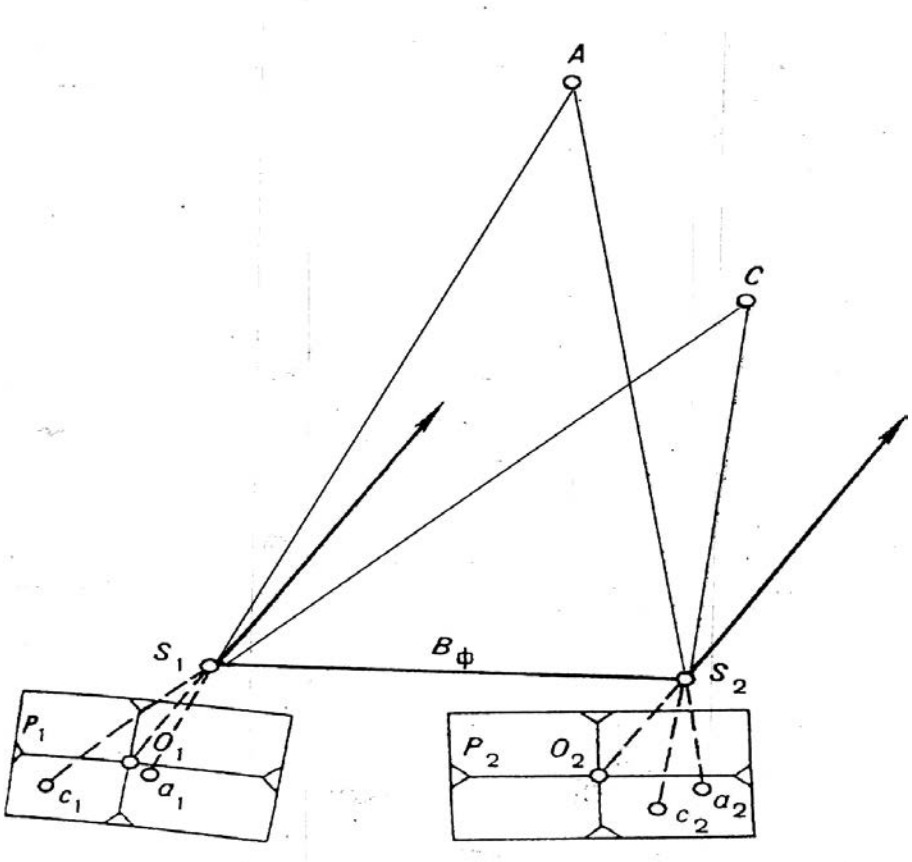


Рис. 5.7. Элементы стереопары снимаемого участка

Таким образом, в фотограмметрической съемке местоположение точки определяется прямой пространственной фотограмметрической засечкой, образующейся проектирующими лучами. Положение точки A (см. рис. 5.7) можно определить ,если известны направления проектирующих лучей a_1S_1А и a_2S_2A, точки C - c_1S_1C и c_2S_2C. Совокупность всех точек пересечения снимаемого участка, образующих поверхность, называется геометрической моделью или моделью участка.

Фотоизображение участка получают или с помощью фототеодолита, в котором конструктивно объединены фотокамера и теодолит, или с помощью цифровой камеры. Прибору обеспечи-

вается неподвижное и определенное положение в момент фотографирования.

Фототеодолитный комплект (Phototheo 19/1318) содержит следующие инструменты и оборудование: фотокамеру, оптический теодолит, двухметровую базисную рейку, три взаимозаменяемых трегера и три марки, три штатива, двадцать четыре деревянных кассеты, юстировочное устройство к фототеодолиту.

Фотокамера снабжена объективом «Ортопротар» с фокусным расстоянием 193 – 194 мм, постоянной диафрагмой с относительным отверстием 1 : 25 и постоянным желтым фильтром.

Полезные углы изображения по горизонтали ~ 47^0, по вертикали ~34. Для увеличения вертикального захвата местности объектив можно перемещать на 30 мм вверх и 45 мм вниз от среднего положения, что обеспечивает вертикальный захват вверх от горизонта ~ 26^0, вниз ~ 29^0.

Максимальная дисторсия объектива не превышает ± 5 мк. В фокальной плоскости его расположена металлическая фигурная прикладная рамка, к которой при съемке прижимается эмульсионный слой фотопластины.

Различают два вида съемки с земной поверхности: при горизонтальном положении оптической оси фотокамеры – горизонтальная съемка, при значительном отклонении оси фотокамеры от горизонтального положения – перспективная съемка. Съемку проводят в трех направлениях: перпендикулярно базисной линии и с отклонением влево или вправо до 35^0 (рис. 5.8). С каждой точки базисной линии фотографируют один и тот же участок карьера и получают стереоскопические пары фотоснимков.

Для обработки результатов фотограмметрической съемки с целью построения и пополнения плана горных работ карьера могут быть использованы оптико-механические приборы (при съемке фототеодолитом) и современные технологии, предназначенные для построения пространственных (фотограмметрических) моделей, цифровых моделей карьера, ортофотопланов, цифровых контурных планов и пространственных векторных объектов. В качестве исходных данных используется цифровая стереопара, которая получается при съемке цифровой камерой

или преобразуется в цифровую форму в процессе сканирования при съемке фототеодолитом.

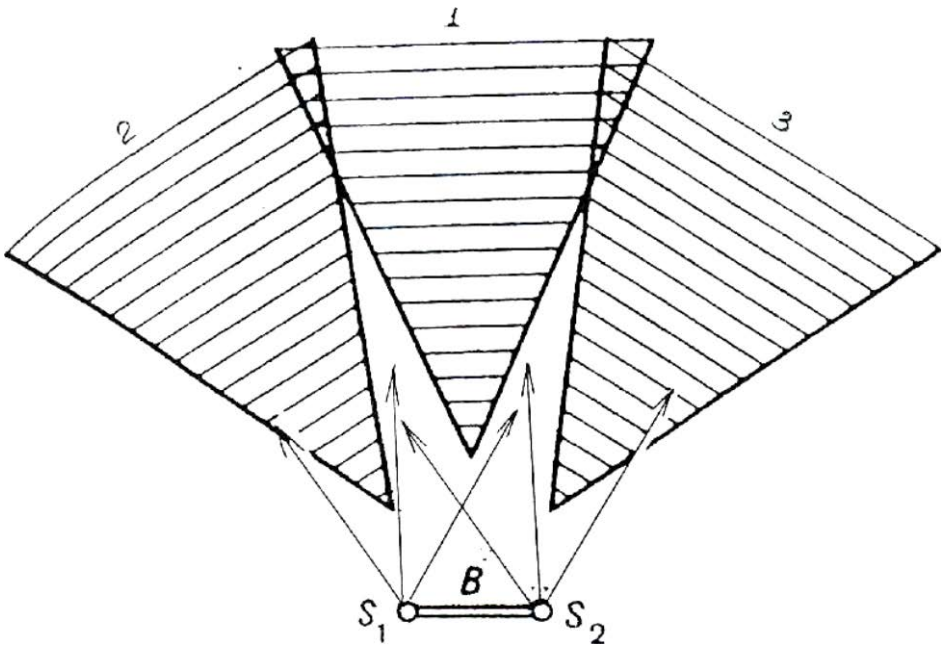


Рис. 5.8. Направление стереофотограмметрической съемки:
1 – перпендикулярно базисной линии;
2, 3 – отклонения от базисной линии влево, вправо

Построение пространственной модели позволяет производить пространственные измерения, т. е. определять и сохранять в специальном файле пространственные (трехмерные) координаты точек изображения и расстояния между точками; создавать, редактировать цифровую модель, измерять геометрические характеристики карьера, описывая их в реальной системе координат (рис. 5.9).

Общая организация наземной фотограмметрической съёмки при создании маркшейдерских планов местности включает ряд взаимосвязанных технологических процессов: подготовительные работы, полевые геодезические работы и фотографирование местности, камеральные фотограмметрические работы.

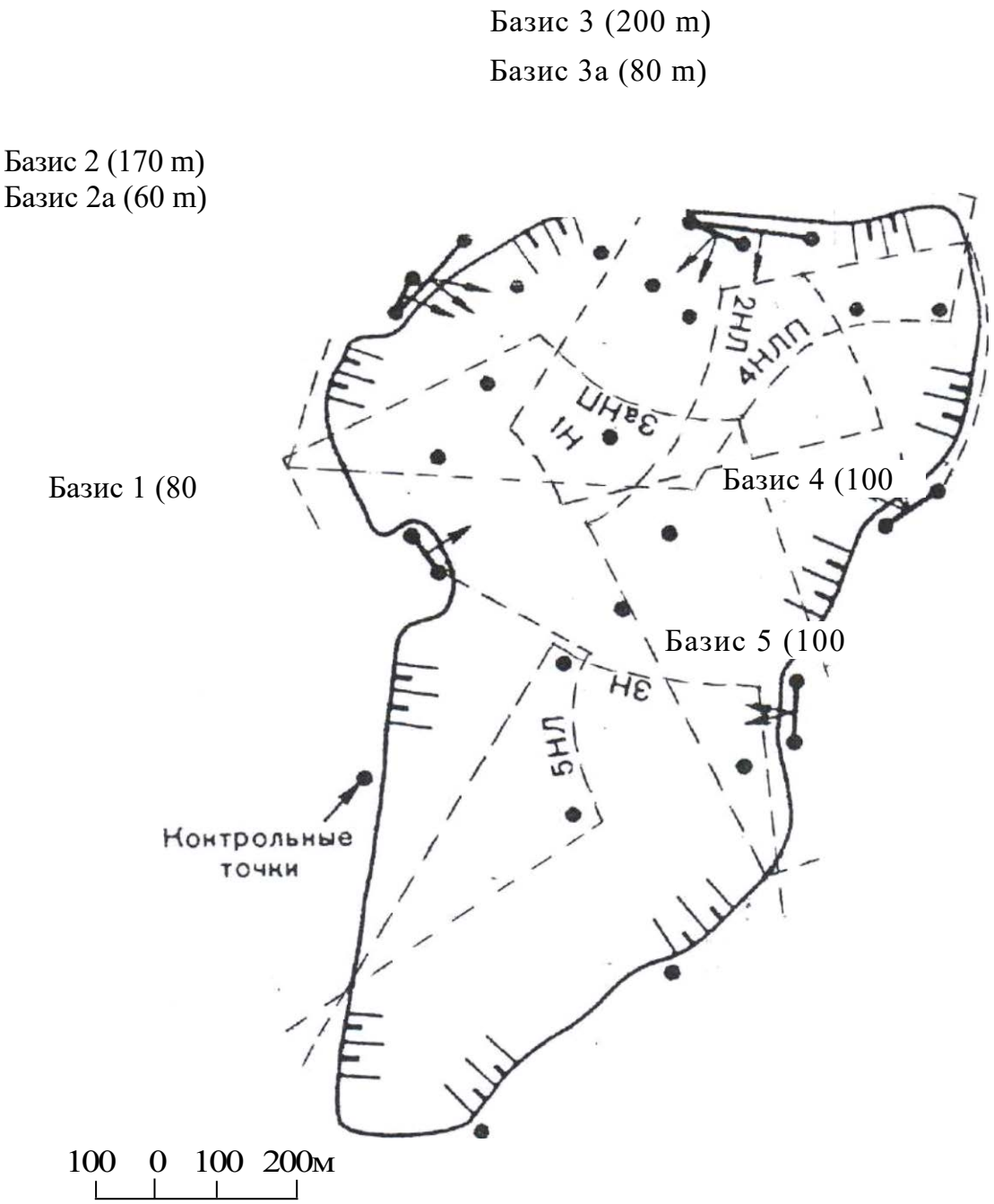


Рис. 5.9. Расположение базисных линий на карьере

Подготовительные работы предшествуют полевым съёмочным работам и включают: подготовку приборов и оборудования; сбор и изучение картографических материалов, имеющихся на район предстоящих работ; составление проекта полевых работ; рекогносцировка участка с целью уточнения проекта съём-

ки, выбора мест расположения базисов фотографирования, контрольных пунктов, точек сгущения опорной сети и уточнения схемы геодезической привязки всех этих точек; закрепление и маркирование выбранных точек на местности.

Подготовка приборов и оборудования состоит в выполнении поверок и юстировок фототеодолитного комплекта.

На основе собранных картматериалов, уточняют размеры и границы площади участка предстоящей съёмки и приступают к составлению предварительного технического проекта съёмки. Основная задача проектирования состоит в выборе мест расположения точек базисов фотографирования – фотостанций, направления осей съёмки, расположения контрольных пунктов и точек сгущения опорной сети.

В связи с тем, что пополнительные съёмки карьеров являются наиболее распространённым видом маркшейдерских съёмочных работ и представляют собой постоянно повторяемый процесс, составление проекта наземной стереофотограмметрической съёмки всего карьера носит преимущественно разовый характер, а в дальнейшем в этот проект вносятся уточнения и дополнения.

Основные требования, определяющие высокое качество проекта, сводятся к обеспечению максимальной полноты охвата участка съёмки наименьшим количеством базисом фотографирования при соблюдении минимального объёма геодезических работ по их привязке и необходимой точности построения плана в заданном масштабе, а также обеспечение необходимой точности определения пространственных координат отдельных точек карьера, удобство расположения базисов, с учётом обеспечения их длительной сохранности.

Проект съёмки состоит из графической части и пояснительной записки. Графическую часть проекта составляют в масштабе 1:5000 – 1:2000, начиная с размещения базисов фотографирования. При выборе мест расположения съёмочных базисов необходимо руководствоваться следующими правилами:

- съёмочные базисы должны располагаться выше снимаемых участков, так как только при этом условии можно обеспечить съёмку без «мёртвых пространств»;

- размещать базисы с таким расчётом, чтобы весь участок был заснят наименьшим количеством стереопар и проектировать по возможности на каждом базисе съёмку с нормальными и равноотклонёнными осями;
- располагать базисы группами, что заметно сокращает затраты времени на фотосъёмку, а также на геодезическую привязку фотостанций;
- соблюдать необходимое перекрытие смежных стереопар соседних базисов, которое в зависимости от сложности форм рельефа должно быть в пределах от 20 до 50%;
- размещать базисы в местах, где будет обеспечена их длительная сохранность.

Наметив на плане предполагаемое место расположения базиса, необходимо прежде всего определить границы участка, который может быть снят с этого базиса. Найдя предельное отстояние Y_{max}, на которое может быть выполнена съёмка с намеченного базиса, определяют его наименьшую длину B_{min}, которая может обеспечить заданную точность составляемого плана

$$B_{min} = \frac{Y_{max}^2 \cdot m_p}{m_y \cdot f \cdot t}$$

где m_p - погрешность измерения продольных параллаксов, принимаемая равной 0,01 мм.; m_y – погрешность планового положения определяемой контурной точки в м.; f – фокусное расстояние фотокамеры; t – коэффициент, учитывающий угол скоса. Если угол отклонения φ = 31,5□^{0}, □□то значение t принимают равным 0,70. при нормальном случае съёмки угол отклонения φ = 0□^{0}, □□поэтому t = 1.

При чрезмерном увеличении длины базиса сокращается площадь обработки стереопары за счёт увеличения минимального отстояния Y_{min} до ближней границы участка съёмки.

На стереопаре наземных снимков минимальное отстояние определяется из соотношения $Y_{min} < 3{,}5\ B$, то есть на отстояниях менее Y_{min} обработка наземной стереопары невозможна.

Необходимую длину базиса удобно находить при помощи номограммы, построенной по формуле нахождения B_{min}.

Полевые работы начинаются с рекогносцировки местности, основной задачей которой является выявление необходимых изменений и дополнений в предварительный технический проект съёмки, составленный в камеральных условиях. В процессе рекогносцировки определяют на местности границы участка съёмки, уточняют места расположения базисных точек и контрольных точек, уточняют схему геодезической привязки фотостанций и контрольных точек (см. рис. 5.9).

Вначале выбирают положение концов базиса, затем контрольные точки и дополнительные точки геодезического обоснования. Для выноса в натуру направления базиса намечают с его левой точки направление главного луча фотокамеры при нормальном случае съёмки, а затем по перпендикуляру к нему выносят правую точку с соблюдением условия прямой видимости между концами базиса.

Наиболее целесообразным является совмещение одной из базисных точек (предпочтительно левой) с точкой опорной геодезической сети, так как при этом резко сокращается объём привязочных работ.

Базисные точки закрепляют на местности постоянными или временными центрами, в зависимости от того, какая предусматривается с данного базиса съёмка – разовая или многократная.

Контрольные точки выбирают с таким расчётом, чтобы они были хорошо видны с обоих концов базиса. Для надёжного опознавания на снимках контрольных точек перед фотографированием их маркируют путём нанесения контрастной по отношению к фону краской правильных геометрических фигур (крест, круг и т.д.) с чётко обозначенным центром или установкой специальных марок.

В результате рекогносцировочных работ составляют рабочий проект съёмки, в котором показывают положение и нумерацию съёмочных базисов, границы и контуры участков съёмки с каждого базиса, положение пронумерованных контрольных точек и места возможного появления “мёртвых зон”.

В пояснительной записке отражают последовательность проведения съёмочных работ со всех базисов и порядок производства геодезических работ.

Полевые работы (фотографирование карьера) являются наиболее ответственным этапом, так как от качества негативов в значительной степени зависит успешное выполнение последующих работ и точность конечных результатов.

Последовательность фотографирования:

ориентируют фотокамеру относительно базиса съемки по меткам на ее корпусе;

на регистратуре устанавливают номер снимка и вид съемки;

горизонтируют фотокамеру и точно ориентируют ее относительно другой точки базиса;

выполняют экспонирование.

В аналогичной последовательности выполняют съёмку при другом положении главного луча камеры. Закончив фотосъёмку с одной точки базиса переходят на другую, где фотокамеру устанавливают в подставку вместо визирной марки.

После фотографирования с обоих точек базиса приступают к измерению его длины. Точность измерения базисов 1:2000 [3].

Измерение коротких базисов длиной до 130 м выполняют горизонтальной базисной двухметровой рейкой, входящей в фототеодолитный комплект.

Угол наклона базиса измеряют теодолитом с одной из базисных точек одним приёмом. Если известны высотные отметки обоих концов базиса, то угол наклона не измеряется.

Ориентирование базиса производят путём измерения теодолитом горизонтальных углов двумя полными приёмами в левой точке между направлениями базиса и направлениями на два пункта опорной геодезической сети.

Определение плановых координат базисных и контрольных точек, не совмещённых с пунктами съемочной сети, в зависимости от условий местности выполняют обратными, прямыми и комбинированными засечками или прокладкой теодолитных ходов. Высотные отметки вычисляют по результатам геометрического или тригонометрического нивелирования.

Камеральная обработка снимков выполняется с целью составления планов или карт, а также для определения пространственных координат отдельных точек сфотографированных участков карьера.

Методы камеральной обработки: аналитический, графический и графомеханический.

Аналитический метод основан на измерении фотокоординат и параллаксов соответственных точек на стереопаре снимков и последующем вычислении пространственных координат точек сфотографированного участка по формулам связи координат точек снимков и участка. Этот метод позволяет решить аналитические соотношения между координатами точек снимков и объекта с высокой точностью.

Обработка наземных снимков аналитическим методом состоит из двух этапов: измерения фотокоординат и параллаксов точек снимков, а затем решения соответствующих зависимостей между координатами соответственных точек сфотографированного участка.

По стереопаре снимков, полученных с базиса, положение которого известно, решается прямая фотограмметрическая засечка и определяются пространственные координаты точек объекта.

В ряде случаев решают обратную фотограмметрическую засечку, когда по нескольким изобразившимся на снимке опорным точкам с известными пространственными координатами определяют неизвестные элементы ориентирования снимка, в том числе и пространственные координаты центра фотографирования.

Для решения таких задач в фотограмметрии используют стереокомпаратор – высокоточный стереофотограмметрический прибор, предназначенный для измерения фотокоординат и параллаксов точек на фотоснимках способом мнимой марки.

Аналитический метод относится к самым точным методам обработки наземных снимков, поскольку в измеряемые фотокоординаты можно ввести поправки за погрешности элементов ориентирования. Благодаря этому можно максимально полностью использовать ту точность, которую дают фотоизображения. Погрешности аналитического метода обусловлены главным образом:

погрешностями полевых работ;

геометрическими искажениями самих снимков;

погрешностями измерений этих снимков.

Основным недостатком этого метода является то обстоятельство, что он представляет собой точечный метод обработки, то есть искомые координаты определяют по отдельным точкам.

Графический метод получения по снимкам координат точек местности основан на решении уравнений связи координат точек снимков и объекта путём графических построений.

В настоящее время графический метод на производстве не применяется, поскольку имеет существенные недостатки: невысокая точность и большая трудоёмкость.

Графомеханический метод позволяет составить план или карту сфотографированного участка местности по стереопаре наземных фотоснимков без непосредственного измерения фотокоординат и параллаксов точек снимков. От аналитического и графического методов он отличается тем, что объекты и контуры на плане наносятся непосредственным вычерчиванием, то есть не является точечным методам.

Графометрический метод позволяет составить план или карту сфотографированного участка местности по стереопаре без непосредственного измерения фотокоординат и параллаксов точек снимка.

Данный метод основан на использовании универсальных приборов: стереокомпаратора в комплексе с координатографом и современного аналитического фотограмметрического «стереоанаграфа» (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Стереоанаграф-6

По техническим характеристикам (табл. 5.2) и трудозатратам «Стереоанаграф» превосходит стереокомпаратор.

Таблица 5.2

Техническая характеристика фотограмметрического прибора “Стереоанаграф-6”

Максимальный формат обработки снимков, мм	300 х 300
Фокусное расстояние снимков, мм	0 - 100
Перекрытие обрабатываемых снимков, %	0 – 100
Разрешение, мкм	1
Инструментальная ср. квадратическая погрешность определения координат, мкм не более	± 3
Плавное изменение увеличения наблюдательной системы, крат	7 - 21
Возможность переключения оптических осей	имеется
Размер измерительной марки, мкм	25 - 100
Разворот изображения, градусов	360
Управляющий компьютер	Intel Windows
Питающее напряжение	220В/50/60 Гц
Потребляемая мощность, без компьютера	150 Вт (Макс)
Масса, кг	250
Габаритные размеры, мм	1600х1400х1000

Прибор аналитический фотограмметрический “Стереоанаграф-6” предназначен для создания планов и карт всего масштабного ряда. Расширенный пакет программ обеспечивает дополнительные возможности прибора по обработке космических, архитектурных и маркшейдерских фототеодолитных снимков.

Прибор работает под управлением оператора персональной электронной вычислительной машины, укомплектованной пакетом прикладных программ, который позволяет автоматизировать процессы:

тестирование прибора;

подготовку исходных данных;

внутреннее, внешнее и взаимное ориентирование снимков;

оценку точности ориентирования снимков обрабатываемой стереопары;

выдачу информации на плоттер, принтер.

Стереоанаграф состоит из ПЭВМ, стереокомпаратора, координатографа.

ПЭВМ включает в себя программное обеспечение, модуль связи стереокомпаратора (МСС), модуль связи координатографа (МСК), предназначена для:

- выполнения совместно со стереокомпаратором и координатографом задач технологических операций, заложенных в программном обеспечении прибора;
- вычисления координат элементов снимков обрабатываемой стереопары и создаваемых планов;
- хранения результатов обработки снимков, выдачи их на печатающее устройство, дискету и координатограф;
- обмена информацией между стереокомпаратором, координатографом и программным обеспечением;
- управления работой стереокомпаратора и координатографа в процессе выполнения технологических операций, заложенных в программном обеспечении;

Стереокомпаратор может работать в трёх режимах: режиме комбинированного управления, при котором управление осуществляется оператором с применением ручных штурвалов, ножного штурвала и программным обеспечением; режиме программного управления (без применения ножного и ручных штурвалов); режиме ручного управления (без участия программного обеспечения).

Координатограф включает вместо снимкодержателя пишущее устройство, сервопривод и датчик. Как и стереокомпаратор работает в трёх режимах.

В основе графоаналитического метода лежит решение фотограмметрической засечки с использованием ПЭВМ. Метод является перспективным при построении планов и карт, а также при решении различных маркшейдерских задач при разработке открытым способом.

5.4. Лазерное сканирование в карьерах и разрезах

5.4.1. Основные положения и технология лазерного сканирования

Для построения точной масштабной модели какого-либо объекта, будь это карта местности, план карьера или отвала, план-схема расположения технологического оборудования, необходимо сначала провести геодезические измерения и получить пространственные координаты всех характерных точек, а затем представить их в графическом виде. Определение пространственных координат точек объекта, или съемка, составляет наиболее трудоемкую и затратную часть всей работы. Как правило, при производстве достаточно больших объемов полевых измерений геодезистами используется современное оборудование, в первую очередь электронные тахеометры, позволяющие получать координаты съемочных точек с миллиметровым уровнем точности.

Принцип работы электронного тахеометра основан на отражении узконаправленного лазерного пучка от отражающей цели и измерении расстояния до нее. Отражателем в общем случае служит специальная призма, установленная на вешке или закрепленная на поверхности объекта. Измерение двух углов – горизонтального и вертикального дает возможность вычислить трехмерные пространственные координаты точки отражения, а возможности полевого кодирования позволяют назначить съемочному пикету уникальный идентификационный код. Поскольку скорость измерения тахеометра относительно невысока – не более 2 измерений в секунду, то такой метод эффективен при съемке разреженной, не загруженной объектами площади. Кроме этого, при производстве съемки зачастую приходится сталкиваться со сложностями, связанными с координированием неприступных объектов либо участков, где нахождение человека либо невозможно, либо небезопасно, либо создает препятствия для нормальной работы технологического оборудования.

Появление в последние годы безотражательных электронных тахеометров, имеющих возможность работать без специальных призм, и их широкое использование в практике маркшейдерско-геодезических измерений, позволило не только эффективно производить тахеометрическую съемку неприступных объектов, объектов сложной конфигурации, для съемки которых приходи-

лось использовать шесты и лестницы, но и в ряде случаев полностью отказаться от рабочего с рейкой. Для координирования пикетной точки достаточно просто навестись на нее, и нажать одну клавишу на панели управления, лазерный луч отражается от любой достаточно ровной поверхности, находящейся на расстоянии до 500 метров от точки установки прибора.

Внедрение новых технологий в области традиционных геодезических и смежных с ними координатных измерений все же не в полной мере удовлетворяет качество и полноту получаемых данных для построения цифровых моделей измеряемых объектов. До недавнего времени еще оставался открытым вопрос о том, сколько времени потребуется на съемку достаточно крупных и динамично изменяющихся объектов, таких, как рабочий борт карьера, отвал пустых пород или склад руды; с какой плотностью будут получены измерения, с какой точностью и достоверностью; какие затраты времени потребуются для детальной съемки объекта площадью десятки и сотни гектаров. Использование безотражательного электронного тахеометра может значительно сократить сроки выполнения полевого этапа работ, однако, все равно придется провести за прибором долгие часы и дни. Специфика горных работ: постоянное изменение объекта съемки во времени и в пространстве предопределяет необходимость проведения все новых и новых измерений. К тому же дискретные и разреженные координатные данные не позволяют с максимальной точностью описать объект съемки: слишком мало информации.

Удовлетворить все потребности маркшейдера и геодезиста смог бы, пожалуй, безотражательный тахеометр, который ведет съемку автоматически, без участия оператора, со скоростью 5 тысяч измерений в секунду. Еще несколько лет назад такая технология проведения геодезических съемок представлялась абсолютно нереальной, однако сегодня она уже широко используется для выполнения различного рода съемочных работ. Название этой технологии – метод лазерного сканирования.

Лазерное сканирование – это метод, позволяющий создать цифровую модель окружающего пространства, представив его набором точек с пространственными координатами. Несмотря на принципиальную новизну данного метода, его можно рассматри-

вать как логическое продолжение развития безотражательных технологий и их использования в геодезических инструментах. Основное отличие метода лазерного сканирования от традиционных тахеометров – гораздо большая скорость измерений, сервопривод, автоматически поворачивающий измерительную головку инструмента в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а самое главное – скорость (5000 измерений в секунду) и плотность (десятки точек на 1 кв. сантиметр поверхности). Полученная в результате измерений цифровая модель объекта представляет собой набор от сотен тысяч до нескольких миллионов точек, имеющих пространственные координаты с высокой точностью. Кроме этого в большинстве современных сканеров имеется встроенная цифровая камера, позволяющая для каждой точки трехмерного растрового изображения определить показатели интенсивности отражения и истинного цвета, которые на этапе камеральной обработки используются не только для трансформации растрового изображения в векторный формат, но и для изучения геологического строения объекта.

С другой стороны, лазерное сканирование не позволяет решить все проблемы маркшейдера простым нажатием кнопки. Законы физики и теории электромагнитного излучения не позволяют производить измерения сквозь непрозрачные объекты, вынуждая производить несколько сканов с различных точек и их дальнейшую сшивку для получения полной и цельной картины, но, несмотря на это, на сегодняшний день это самый быстрый и информативный метод получения данных об объекте.

Принцип работы лазерного сканера тот же, что и у обычного электронного тахеометра, – измерение расстояния до объекта и двух углов – горизонтального и вертикального, что в конечном итоге дает возможность вычислить пространственные координаты точки. Лазерный излучатель с заранее определенным временным интервалом генерирует пучок электромагнитных волн, который отражается от поверхности снимаемого объекта и возвращается в приемник, как показано на рис. 5.10.

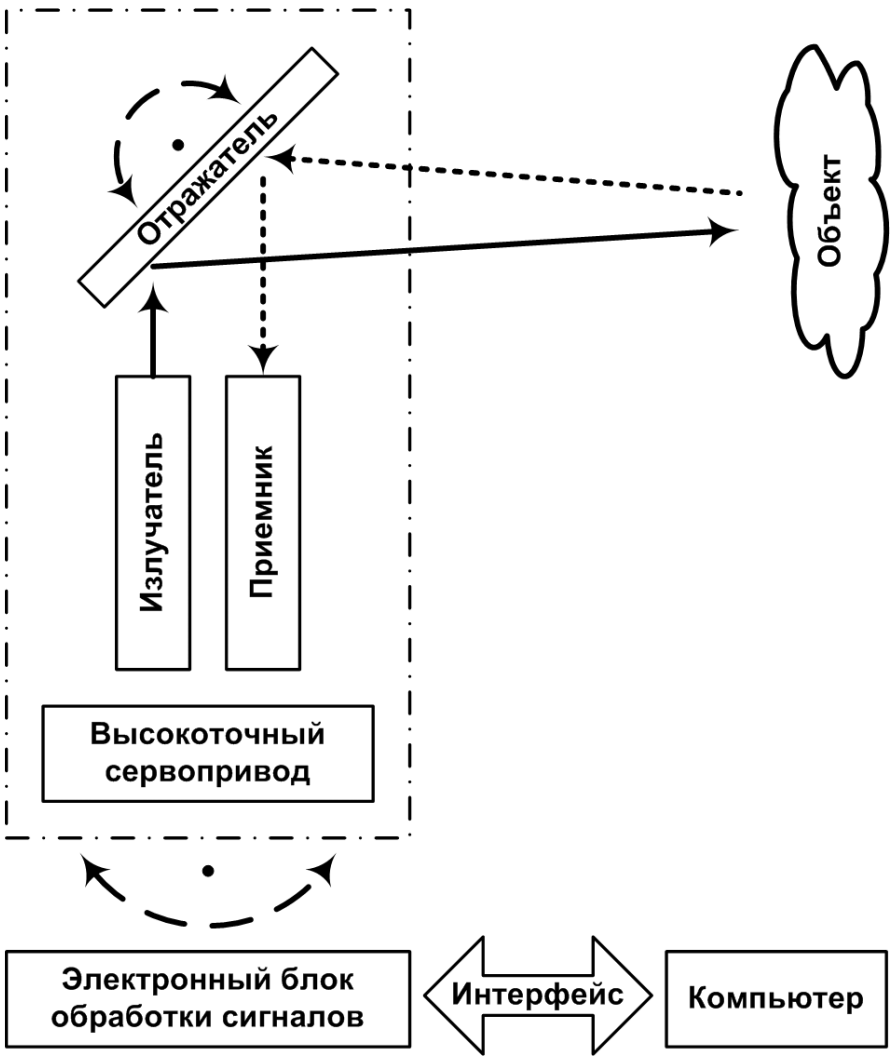


Рис. 5.10. Принцип работы лазерного сканера

Одновременно с генерацией сигнала излучатель посылает сигнал «старт», который поступает в электронный блок обработки сигналов; в этот же блок поступает сигнал «стоп» от приемника, когда он получает отраженный от объекта сигнал. Излученный и принятый сигналы сравниваются, и по времени прохождения вычисляется расстояние до объекта.

Вращающаяся призма, или зеркало, распределяет лазерный пучок по вертикали с заранее заданным шагом, например 0,1º. Таким образом, в отдельно взятом вертикальном скане будут измерены все точки с дискретностью 0,1º, что при вертикальном угле сканирования, равном 140º, даст 1400 съемочных точек. Затем высокоточный сервопривод поворачивает блок измерительной головки на угол, равный шагу измерения, и цикл измерений повторяется снова. При такой же дискретности 0,1º полный обо-

рот сканера состоит из 3600 отдельных вертикальных плоскостей.

Таким образом, полная цифровая картина пространства будет представлена в виде набора из более чем 5 миллионов (5040000) точек с известными пространственными координатами, для получения которой необходимо затратить около 30 минут времени. Как правило, весь процесс съемки полностью автоматизирован, оператору необходимо только ввести параметры съемки – граничные углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях и дискретность съемки. Данные измерений в реальном времени записываются на внешний или внутренний накопитель, а встроенная система визуализации выдает изображение на дисплей специального компьютера.

Схематично любой лазерный сканер можно разделить на несколько основных блоков:

1. Измерительная головка, в которой расположены лазерный излучатель и приемник, обеспечивающие измерение расстояния до объекта.

2. Вращающееся зеркало, или призма, которое обеспечивает распределение лазерного пучка в вертикальной плоскости.

3. Высокоточный сервопривод горизонтального круга, который обеспечивает вращение измерительной головки в горизонтальной плоскости.

4. Электронно-вычислительный блок обработки сигналов со встроенным прецизионным таймером обеспечивает высокоточное измерение расстояний до объекта.

5. Внешний или внутренний компьютер, который предназначен для управления процессом съемки и записи данных на носитель.

Типовая система лазерного сканирования способна проводить работы по получению трехмерной цифровой модели с точностью от долей миллиметра до 5 см на расстоянии от нескольких десятков до 2500 метров за время от нескольких секунд до десятков минут. Лазерный сканер имеет поле зрения от 40ºx40º до 360ºx180º и подходит для съемки и моделирования местности и инженерных объектов.

После того, как произведены измерения в полевых условиях, начинается процесс обработки. Изначально «сырые измере-

ния» представляют собой набор – «облако» точек, имеющих трехмерные координаты и дополнительные характеристики, такие как цвет и интенсивность отраженного сигнала. Облако точек, полученное при лазерном сканировании участка трансформаторной подстанции, приведено на рис. 5.11.

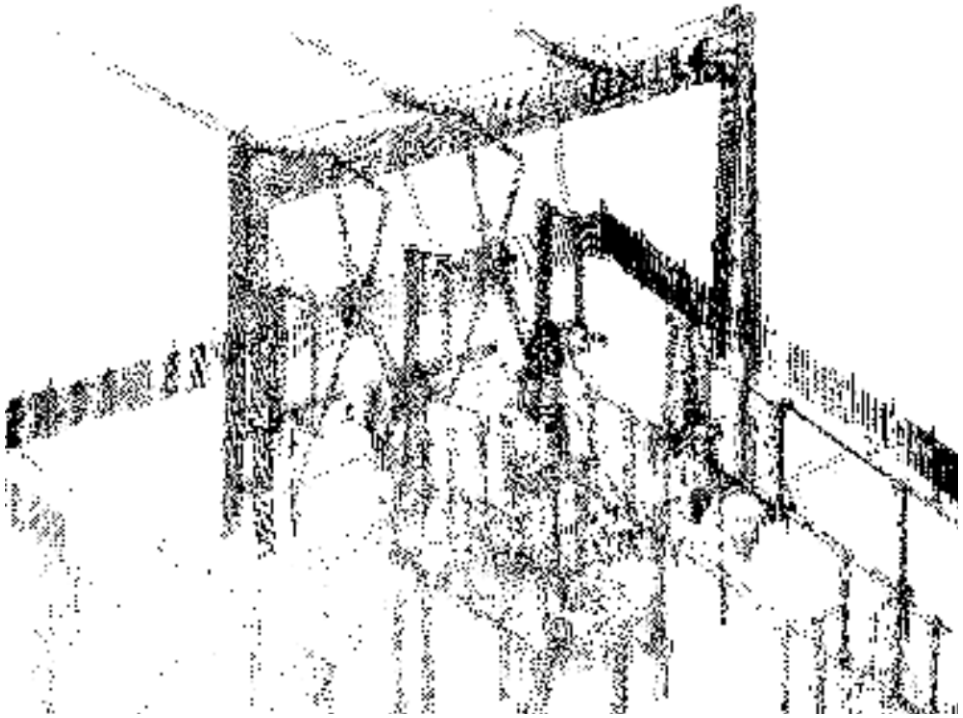


Рис. 5.11. Облако точек, полученное при лазерном сканировании объекта

Однако для практического применения результатов съемки облако точек необходимо представить в виде чертежей и схем в CAD-форматах и на твердых носителях. В настоящий момент времени никакое программное обеспечение не может успешно решить проблему распознавания образов в автоматическом режиме с той степенью достоверности, которая нужна пользователю, поэтому процесс обработки требует участия человека, и без кропотливого ручного труда в ближайшем будущем не обойтись.

Процесс обработки во многом зависит от желаемого результата, от того, что конкретно нужно получить. Это может быть само облако точек, пространственная сеть триангулированных ячеек (TIN), набор сечений, план, сложная 3D-модель либо просто набор измерений, таких, как длины, периметры, диаметры, площади, объемы. В целом камеральная обработка результа-

тов лазерного сканирования состоит из нескольких основных этапов:

1. *Предварительная обработка сырых сканов.* На этом этапе обработки определяется качество полученных пространственных сканов, удаляются некачественные измерения, шумы и «фантомные» объекты. Причиной шумов в большинстве случаев являются атмосферные условия измерений – осадки в виде дождя и снега, влияние которых можно исключить с использованием системы фильтрации помех. Фантомные объекты возникают при кратковременном нахождении в зоне сканирования людей, животных, работающих механизмов. Поскольку лазерный сканер на определенных установках съемки способен «пробивать» частично прозрачные объекты, например травянистую растительность до почвенного слоя, фантомные поверхности могут возникать при таких видах съемки.

2. *Объединение или «сшивка» сканов.* Как правило, во время съемки объекта проводится несколько сканов для полного покрытия поверхности. Для создания единого скана необходимо произвести объединение – «сшивку» единичных сканов. Существует множество методов сшивки сканов с различной степенью автоматизации. Наиболее часто используется метод совмещения сканов по опорным точкам, которые отображаются на смежных сканах. В качестве таких точек могут быть использованы четко идентифицируемые объекты местности, специальные марки, призмы, светоотражающие пластины или наклейки, имеющие более высокий коэффициент отражения и поэтому вполне однозначно определяемые.

3. *Трансформирование координат.* Для точного представление чертежа, плана или схемы необходимо задание определенной единой системы координат. Начало системы координат каждого отдельного скана, производимого с определенной точки, находится в центре измерительной головки сканера, и при каждой новой съемке (точки сканирования) происходит перемещение центра сканирования в пространственной системе координат. Для связи координат объекта, полученных из разных сканов, необходимо выбрать единую систему координат, определить в ней центр сканирования для каждого отдельного скана и трансформировать все полученные координаты в единую систему. Ес-

ли лазерное сканирование объекта выполняется с точек съемочного обоснования горного предприятия, особых проблем операция трансформирования координат не вызывает. В этом случае необходимо только указать в программе обработки координаты точек стояния прибора и высоту установки. В остальных случаях потребуется дополнительно закоординировать точки стояния прибора, например, при помощи электронного тахеометра.

4. *Создание поверхностей.* Основной и наиболее сложный процесс камеральной обработки заключается в представлении облаков точек математически описываемыми поверхностями. Как правило, математический аппарат прикладного программного обеспечения позволяет создавать простейшие правильные математические поверхности, такие, как плоскость, сфера, цилиндр и пр., либо аппроксимировать поверхность триангуляционным методом в виде TIN-поверхности. Созданные подобным образом поверхности вполне представимы в стандартных форматах типа DXF и могут быть экспортированы в любые CAD-приложения, в которых полученные поверхности можно трансформировать в планы и схемы, выделить характерные геометрические элементы, такие, как откосы, бровки уступов, назначить отдельным объектам условные знаки, построить изолинии, распечатать полученный чертеж на бумажном носителе. В случае, если сканирование сопровождается цифровой видео- или фотосъемкой, то на этапе обработки можно совместить сканированное изображение объекта с его видеоизображением, придав скану реальные цвета и структуру. Эта возможность позволяет попутно выполнять геологическое картирование при топографических съемках карьеров.

5.4.2. Приборное обеспечение технологии лазерного сканирования

Основой любой технологии производства геодезических съемок является ее приборное обеспечение. В настоящее время на рынке представлено несколько моделей лазерных сканеров, различающихся как по области их применения, так и по основным техническим характеристикам. Лазерные сканеры наземного сканирования по сфере их применения условно можно разделить на две большие группы:

1. Для работы в помещениях, внутри зданий, подземных выработок, для съемок резервуаров и насыпных объектов и еще целого ряда работ, где требуется высокая точность измерений, широкий диапазон сканирования и небольшая дальность измерений.

2. Для работы вне помещений, топографической съемки площадок, зданий, фасадов, дорог, мониторинга состояния сложных строительных объектов, создания 3D-моделей сложных технологических производств, где требуется большая дальность измерений.

Ниже будут рассмотрены две наиболее популярные системы лазерного сканирования, хорошо зарекомендовавшие себя при решении различных задач, с том числе в горной промышленности, в строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

Лазерная сканирующая система "Callidus" (Германия)

Лазерная сканирующая система "Callidus" (рис. 5.12.) обладает рядом уникальных особенностей, позволивших ей занять лидирующее положение в нише сканеров для архитектуры, съемки зданий, промышленных цехов и небольших объектов.

Главная техническая особенность лазерного сканера "Callidus" - большой угол обзора: 360º в горизонтальной плоскости и 180º - в вертикальной. Такое широкое поле зрения позволяет сканеру при съемке замкнутого пространства сделать всего один скан, где другим моделям сканера необходимо сделать не менее 40-50 сканов. Высокая точность измерений до 5 мм – еще одна особенность сканера "Callidus", и лишь немногие сканирующие системы способны достичь такой точности в линейных измерениях. Специальная технология определения объемов, реализованная в данном сканере, позволяет определять объемы резервуаров и насыпных объектов с погрешностью 0,07 %. Эти особенности и определяют место сканера "Callidus" как идеального прибора для съемки небольших объектов, внутренних поверхностей, подземного строительства, съемки резервуаров и насыпных объектов.



Рис. 5.12. Лазерная сканирующая система "Callidus"

"Callidus" широко используется в горной промышленности, в частности в тоннелестроении, где требуется высокая точность и максимально полная информация об объекте. При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых сканер успешно используется для детального структурно-геологического картирования бортов карьеров, мониторинга состояния бортов карьеров, определения объемов рудных складов, съемок технологического оборудования обогатительных фабрик, подкрановых путей и проч. Благодаря расширенному температурному диапазону работы (от -10 до +40 °С), сканер можно использовать зимой, а учитывая, что конструкция корпуса имеет повышенную пыле- и влагозащищенность, - и в сложных погодных условиях или в местах с высокой запыленностью (производственные цеха, подземные выработки, обогатительные фабрики). Просто реализован механизм сшивки сканов в единое облако, поддерживаемый на аппаратном уровне.

Прибор во время сканирования распознаёт стандартные геодезические отражатели и сохраняет в файле данных не только «облако» точек и цифровое растровое изображение, но и направление на область с высокой отражающей способностью. По известным координатам призмы и сканера, используя специализированное программное обеспечение, за считанные минуты можно не только сшить несколько сканов в единое облако, но и трансформировать координаты в любую систему. Сшивку сканов можно осуществить и вручную, по характерным точкам, находящимся в областях перекрытия, в том случае, если во время выполнения полевых работ не было возможности вычислить координаты.

Важной особенностью Callidus является встроенная в корпус цифровая видеокамера, получающая одновременно с процессом сканирования панорамные изображения объекта в формате RGB. Параметры камеры (18-кратное увеличение, изменяемое фокусное расстояние, возможность работы при освещённости в 1 люкс) позволяют в дальнейшем наложить на пространственную модель объекта высококачественную текстуру либо просто раскрасить все точки в реальные цвета, что позволяет использовать данную модель при геологическом картировании.

Основные технические характеристики лазерного сканера Callidus приведены ниже.

Общие характеристики

Метод измерения расстояний: измерение времени распространения лазерного луча.

Диапазон сканирования: горизонтальный 360º; вертикальный 180º.

Дискретность измерений (угловое разрешение): по горизонтали от 0,01º до 1º; по вертикали от 0,25º до 1º

Дальность измерения: до 150 м.

Скорость измерения: до 1750 точек/с.

Погрешность измерения расстояний: от 5 до 50 мм (зависит от дальности).

Особенности: вертикальное сканирование при помощи вращающейся призмы. Возможность многократного измерения координат одной точки. Лазер, безопасный для глаз. Встроенная цифровая камера с увеличением 18^x. Встроенный компас. Работа от сети и аккумуляторов

Физические характеристики

Размеры: сканер 460 (высота) х 300 мм. Компьютер 450х310х200 мм.

Вес системы: полный комплект – 42 кг, в т. ч. сканер – 13 кг, компьютер 13 кг.
Температура: рабочая от -10º до +40º. Хранения от -20º до +70º.

Лазерная сканирующая система "Mensi GS200" (Франция - США)

Лазерный сканер GS200 (рис. 5.13) французской фирмы "Mensi", вошедшей в состав компании "Trimble", предназначен в первую очередь для проведения работ на крупных объектах. Сканер может измерять расстояния до 350 м со скоростью до 5000 точек в секунду. При этом в зависимости от дальности, сохраняется уникальная точность измерений от 1,4 до 6,5 мм. Разрешающая способность сканера (0,0018°) наряду с малым угловым размером лазерного пятна (0,0036°) позволяет построить подробную 3D-модель объекта, находясь на значительном удалении от него.

Одним из главных достоинств GS200 является возможность фокусировки лазерного луча на объекте двумя способами - автоматическим и ручным. Первый способ позволяет сэкономить время, второй способ позволяет добиться минимального размера лазерного пятна. Для сканеров такого класса это крайне высокий показатель. Действительно, "Mensi GS200" способна различать довольно мелкие предметы на значительных расстояниях.



Рис 5.13. Лазерная сканирующая система "Mensi GS200"

Для повышения точности измерений дальности предусмотрен режим многократных измерений, когда значение дальности до объекта рассчитывается как среднее из набора. Повышение точности позволяет уменьшить рыхлость облака точек, что упрощает и ускоряет обработку точечного массива, открывая дополнительные возможности при обработке.

Сканер имеет встроенную видеокамеру, получающую RGB-информацию об объекте, что позволяет впоследствии раскрасить полученные точки в реальные цвета либо наложить текстуру на сетевую модель. Выбор сектора сканирования осуществляется при помощью камеры: необходимо выделить курсором на изображении объекта ту часть, которую нужно отсканировать, задать параметры, и сканер уже приступает к работе. "Mensi GS200" управляется программным обеспечением, устанавливаемым на обычный портативный компьютер, связь управляющей программы со сканером осуществляется либо по кабелю, либо по радиолинии. В последнем случае оператор во время работы может находиться за десятки и сотни метров от сканера. Поле зрения сканера ограничено только по вертикали - 60°. По горизонтали же сканер во время работы вращается вокруг собственной оси, делая полный оборот на 360°.

Лазерная сканирующая система "Mensi GS200" поддерживает несколько методов сшивки сканов в единое облако точек и привязки к системе координат. В первом способе используются стандартные отражатели в виде сфер диаметром 76 мм. Вокруг объекта расставляется, либо крепится на объект несколько сфер. Установка выполняется таким образом, чтобы сферы попали в сектора видимости с других точек установки прибора. В дальнейшем программное обеспечение позволяет автоматически распознать сферы, а затем вычислить координаты их центров и сшить сканы. Во втором способе используются пленочные отражатели. На объект наклеивается несколько марок-отражателей, координаты которых вычисляются с помощью тахеометра. При обработке задаются координаты каждой марки и с помощью программного обеспечения облака сшиваются в единый скан. Третий способ не требует ни сфер, ни отражателей, а при обработке дан-

ных сканы сшиваются вручную, по характерным точкам, попавшим в область перекрытия.

Основная область практического применения сканера "Mensi" - топографическая съемка достаточно крупных объектов, как площадных, так и со сложной застройкой, профилирование дорог и съемка мостов. Широко система используется при реконструкции, строительстве и обмере зданий, мониторинге технического состояния таких объектов как плотины и дамбы. В горной промышленности сканер используется для создания и мониторинга цифровых моделей карьеров и подземных выработок, причем для небольших карьеров возможна съемка рабочего борта с одной или двух точек, расположенных на нерабочем борту карьера. Использование системы лазерного сканирования для определения объемов горных выработок, рудных складов и отвалов позволяет не только в разы увеличить оперативность получения информации, но и производить работы с высокой степенью точности, а использование при замерах цифровых технологий, позволяет контролировать развитие горных работ в 3D-динамике.

Основные технические характеристики лазерного сканера "Mensi GS200" приведены ниже.

Общие характеристики

Метод измерения расстояний: измерение времени распространения лазерного луча.

Диапазон сканирования: горизонтальный 360º; вертикальный 60º.

Максимальное угловое разрешение: 0,0018º .

Дальность измерения: до 350 м.

Скорость измерения: до 5000 точек/с.

Погрешность измерения расстояний: от 1,4 до 3,5 мм (дальность до 150 м); от 6,5 мм (дальность свыше 200 м).

Особенности: вертикальное сканирование при помощи поворотного зеркала.

Возможность многократного измерения координат одной точки.

Имеется автофокус. Встроенная цифровая камера с увеличением 5х, разрешение 768х576. Координатная привязка к системе координат по отражателям. Работа от сети и аккумуляторов.

Физические характеристики

Размеры: сканер 420 (высота) х 300 мм. Блок питания 100 х 200 х 65 мм

Вес системы: полный комплект – 18 кг, в т.ч. сканер – 13,5 кг, блок питания 1,5 кг, дополнительное питание – 12-18 кг.
Температура: рабочая от -10º до +40º; хранения от -20º до +50º.

Лазерная сканирующая система Riegl

Основное предназначение и области применения лазерных сканеров RIEGL:

трехмерная съемка зданий, инженерных сооружений и сложных поверхностей;

геологическая и индустриальная съемка;

топографическая съемка открытых горных выработок, шахт, рудников, туннелей и т.п.;

определение размеров и объемов отвалов, котлованов, резервуаров, трубопроводов;

создание сцен виртуальной реальности для приложений трехмерного моделирования.

Сравнительные характеристики лазерных наземных сканеров RIEGL приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Сравнительные характеристики лазерных наземных сканеров RIEGL

Параметры	**LMS-Z620**	**LMS-Z420i**	**LMS-Z390i**	**LMS-Z210ii**	**LPM-321**
Максимальное измеряемое расстояние *для естественных целей,* ρ>80% *для естественных целей,* ρ>10%	2000 м 650 м	1000 м 350 м	400 м 140 м	650 м 200 м	6000 м 1500 м
Минимальное измеряемое расстояние	2 м	2 м	1 м	4 м	10 м
Точность измерения расстояний **- одиночного импульса** **- средняя повторяемость**	10 мм 5 мм	10 мм 4 мм	6 мм 2 мм	15 мм 10 мм	25 мм
Скорость сканирования	от 8000 до 11000	от 8000 до 11000	от 8000 до 11000	от 8000 до 10000	от 10 до 1000 (то-

	(точек/сек)	(точек/сек)	(точек/сек)	(точек/сек)	чек/сек)
Поле зрения сканирования	80 x 360 градусов	80 x 360 градусов	80x360 градусов	80 x 360 градусов	150 x 360 градусов
Расходимость лазерного луча	0,15 микрорадиан	0,25 микрорадиан	0,3 микрорадиан	0,27 микрорадиан	0,8 микрорадиан
Класс безопасности	1	1	1	1	1
Класс защиты	IP64	IP 64	IP 64	IP 64	IEC60825-1:1993+A1:1997+A2:2001
Рабочее напряжение (постоянного тока)	12-28 В	12-28 В	12-28 В	12-28 В	12-28 В
Потребляемая мощность	75 Вт	78 Вт	до 55 Вт	78 Вт	~ 60 Вт
Диапазон температур **- рабочий** **- при термостабилизации**	от 0° С до +40° С (работы) от -10° С до +50° С (хранение)	0°+40° С -25° +50° С	0 +40° С -20+ 50° С	-10° +50° С -25° +50° С	от 0° С до +45° С (работы) от -20° С до +70° С (хранение)
Основные размеры (диаметр х высота) (длина х ширина х высота)	463 x 210 мм (Длина х Диаметр)	210 x 463 мм	210x463 мм	210 x 437 мм	~315 x ~370 x ~450 мм
Вес	16 кг	16 кг	15 кг	13,5 кг	~ 16 кг

На рис. 5.14, 5.15 показан наземный лазерный сканер LMS-Z420i, в табл. 5.4 его технические характеристики.



Рис. 5.14. Наземный лазерный сканер LMS-Z420i

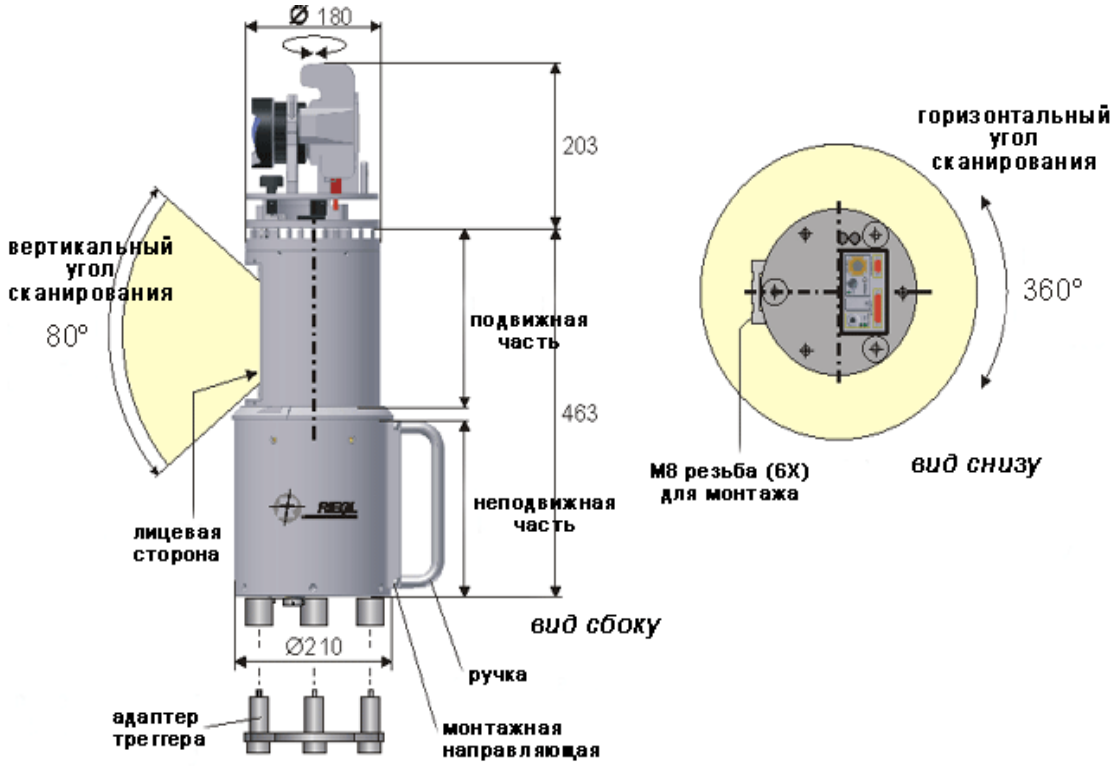


Рис. 5.15. Основные геометрические параметры
лазерного сканера LMS-Z420i

Таблица 5.4

Технические характеристики лазерного сканера Riegl LMS-Z420i

Тип инструмента	Импульсный лазерный скенер
Интерфейс	Защищенный планшетный компьютер
Двигатель	Сервопривод
Накопитель данных	Защищенный планшетный компьютер
Камера	Цифровая фотокамера (дополнительная опция)
Тип	Импульсный
Класс лазера	класс лазера 1 (БЕЗОПАСЕН ДЛЯ ГЛАЗ)
Диапазон измерения расстояний	от 2 до 1000 метров
Скорость	от 8000 точек/сек до 11000 точек/сек
Расхождение лазерного луча	0.25 микрорадиан
Точность измерения расстояния	10 мм одиночного выстрела 4 мм средняя повторяемость
Поле зрения	
Диапазон сканирования	по горизонтали 360 °
	по вертикали 80 °
Передача данных	Интегрированный TCP/IP Ethernet-интерфейс
Хранение данных	Защищенный PC
Компенсатор	Встроенный компенсатор наклона
Установка	Геодезический штатив с треггером
Питание	12-28 В постоянного тока, 94 Вт;
Диапазон температур **- рабочий** **- при термостабилизации**	 0°C +50°C -25°C +50°C
Защищенность	Прочный корпус со степенью защиты IP64
Размер	210x463 мм (диаметр x высота)
Вес	16 кг

Лазерная сканирующая система Leica HDS4400

Импульсный сканер Leica HDS4400 – это полноценное решение для маркшейдерии и горного дела от Leica Geosystems (рис. 5.16). Система предназначена для проведения съемок горных выработок на карьерах и там, где предъявляются высокие требования к оборудованию, работающему в условиях повышенной запыленности и низких температур окружающей среды.

Дальность работы сканера Leica HDS4400 (максимальная дальность - 700 м, 150 м до угля) позволяет использовать его для работы на крупных площадках. При этом сканер производит измерения со скоростью 4 400 точек в секунду, позволяя быстро выполнять работы в поле.

Программное обеспечение для управления сканером позволяет легко и быстро производить съемку. Защищенный планшетный компьютер с установленной программой входит в комплект сканера.

Рабочий температурный диапазон сканера HDS4400 от -40°C до +50°C. Благодаря использованию специальных встроенных греющих батарей сканер Leica HDS4400 может работать при экстремально низких температурах. Это позволяет производить съемку в любое время года.

Встроенная цифровая фотокамера позволяет получать фотоизображения местности высокого качества. По полученной фотографической информации можно точно задать границы съемки и впоследствии анализировать отсканированное пространство выработки и накладывать фотоизображения на модели поверхностей. Нет необходимости использовать внешнюю фотокамеру, выполнять её калибровку и дальнейшую привязку фотоснимка к облаку точек в программном обеспечении.

Поле зрения сканера Leica HDS4400 составляет 80° по вертикали и 360° по горизонтали, что вполне достаточно для выполнения площадных съемок, которые являются основным видом работ в маркшейдерии.

Интегрированный двухосевой компенсатор наклона применяется для установки сканера в вертикальное положение и отслеживания этого положения в процессе съемки. Компенсатор имеет разрешение 20” и позволяет:

- устанавливать сканер над точкой съемочного обоснования методом известной станции;

- прокладывать тахеометрический ход, выполнять прямую, обратную засечки;
- визироваться с использованием встроенной оптики на отражатель.

Точность сканирования (20 мм на расстоянии до 50 м; 50 мм при максимальной дальности 700 м) позволяет получать модели поверхности земли с высокой достоверностью, осуществлять контроль объемов выемки и перевозки сырья, производить геологическое картирование, съемка горных выработок карьеров, складов руды и отвалов вскрыши.

Специализированное программное обеспечение для обработки данных сканирования I-Site Studio специально разработано для горных работ и маркшейдерии. Ключевые особенности программы I-Site Studio:

- интерфейс программы в стиле Windows™;
- трехмерное отображение данных съемки;
- представление данных в реальных цветах и градациях интенсивности;
- регистрация (объединение) сканов;
- анализ точности регистрации облаков точек;
- отрисовка контуров;
- построение профилей, сечений и горизонталей;
- построение триангуляционных поверхностей;
- 3D моделирование;
- расчет объемов и площадей поверхностей;
- возможность экспорта данных в различные форматы.



Рис. 5.16. Лазерная сканирующая система Leica HDS4400

Технические характеристики сканера Leica HDS4400 приведены в табл. 5.5

Таблица 5.5

Технические характеристики сканера Leica HDS4400

Тип инструмента	Импульсный лазерный сканер
Интерфейс	Защищенный планшетный компьютер
Двигатель	Сервопривод
Накопитель данных	Защищенный планшетный компьютер
Камера	Встроенная цифровая камера 37 Мп
Тип	Импульсный 905 нм
Класс лазера	3R (IEC 60825-1)
Диапазон измерения расстояний	от 5 м до 700 м 600 м при 40 % альбедо 150 м при 5 % альбедо (угол)
Скорость	4 400 точек в секунду
Расхождение лазерного луча	1.4 микрорадиан
Угловое разрешение	0.108 °
Точность измерения расстояния	20 мм на расстоянии до 50 м 50 мм при максимальной дальности
Точность измерения углов	+/- 0.04 °

Окончание табл. 5.5

Поле зрения	
Диапазон сканирования	по горизонтали 360 °
	по вертикали 80 °
Визирование	Встроенная, оптическая труба (16х), лазерный указатель 670 нм (класс лазера 2R)
Передача данных	Ethernet кабель
Хранение данных	Защищенный PC
Компенсатор	Встроенный компенсатор наклона (20”)
Индикатор уровня	Внешний уровень 30” шкала, 20’ пузырек
Установка	Геодезический штатив с треггером
Питание	24 В пост. ток; 90 – 260 В перем. ток
Батарея	Встроенная, сменная 3800 NiMH (3 часа)
Рабочая температура	-40°C - +50°C (с использованием специальных батарей 7600 NiMH Heated)
Защищенность	IP 65 (IEC 60529)
Размер	431 х 271 х 356 мм
Вес	14 кг (с батареей)

5.4.3. Практическое применение систем лазерного сканирования

Как многие технические новшества и технологии, недавно вышедшие из лабораторий ученых, лазерное сканирование находится только в начале пути освоения разнообразных приложений. Совершенно очевидно, что лазерное сканирование быстрее, точнее, информативнее, чем большинство существующих методов измерений. Однако следует учитывать, что материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки. Это обусловлено как достаточно высокой стоимостью сканера – от $150 тыс., так и наличием условно постоянных затрат, таких, как затраты на со-

здание опорной съемочной сети, организационных затрат, транспорт, накладные расходы и прочее. Преимущества систем лазерного сканирования в полной мере проявляются при съемочных работах на участках большой площади или протяженности, при съемке сложных объектов либо при выполнении мониторинговых измерений на объектах, динамически изменяющихся во времени.

Достаточно широкое применение систем лазерного сканирования в горной промышленности в основном обусловлено тем, что геометрические параметры объектов горного производства – карьеров, отвалов и рудных складов постоянно изменяются во времени, при этом существует необходимость в постоянном пополнении горно-графической документации, вычислении объемов горной массы и учете ее движения. В связи с этим основными сферами использования систем лазерного сканирования при открытом способе разработки являются топографо-геодезические съемки горных выработок, мониторинг геомеханического состояния бортов карьеров и отвалов и определение объемов.

Топографо-геодезическая съемка карьеров, отвалов и подъездных путей

Как известно, крупномасштабные съемки являются самыми трудоемкими, требующими немалого количества времени и ресурсов. При ведении горных работ съемке, как правило, подлежат не только геометрические элементы уступов, но и рельсовые пути, семафоры, здания, трубопроводы, линии электропередачи и другие объекты. Топографическую съемку зачастую приходится производить в то время, когда ведутся работы на объекте, активно перемещается технологический транспорт. К тому же специфика горного производства требует постоянного обновления горно-графической документации.

Использование для решения подобных задач систем лазерного сканирования позволяет во много раз снизить затраты труда на проведение съемки, получать полностью обновленную 3D-модель карьера или отвала за короткие промежутки времени (рис. 5.14).

Так, полная съемка карьера и вычисление объемов на площади около 20 га требует затрат времени 3 дня. Выполнение

полевых работ занимает 1 день, в течение которого производится рекогносцировка местности, геодезическая привязка четырех точек съемочного обоснования и выполнение с этих точек четырех лазерных сканов. На выполнение цикла камеральных работ, включающих в себя построение 3D-модели карьера, оформление графической документации и вычисление объемов, требуется 2 дня.

а ***б***

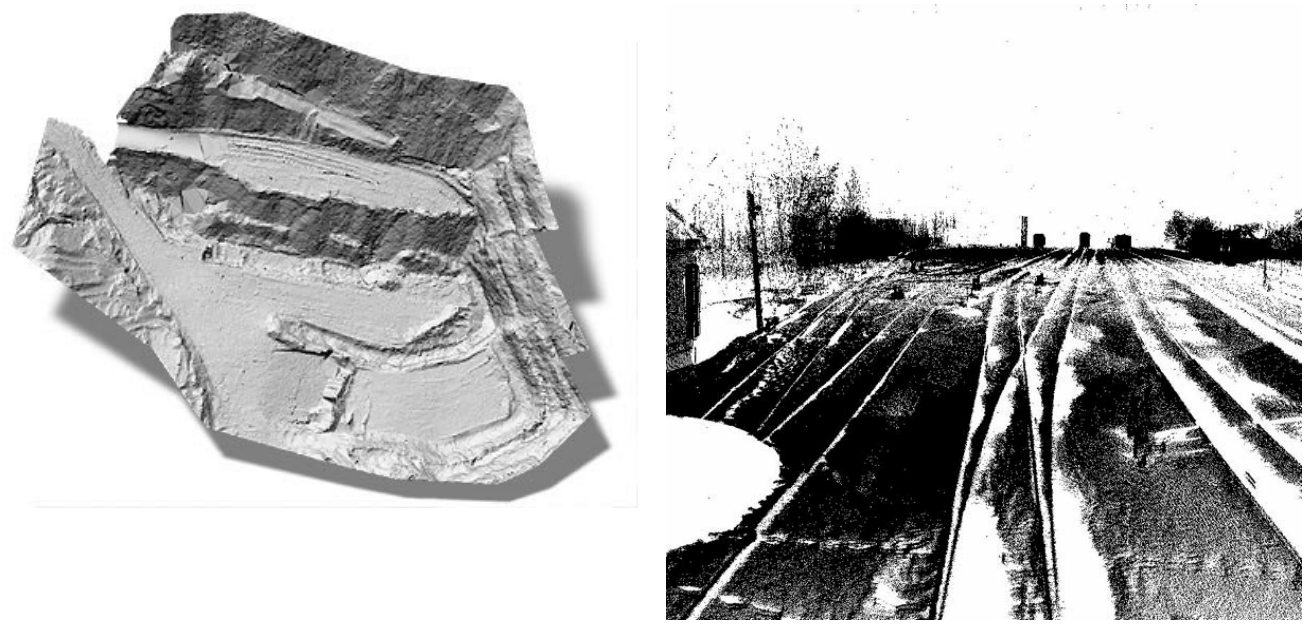


Рис. 5.14. Цифровая 3D-модель карьера (*а*) и облако точек съемки подъездных путей (*б*), полученные методом лазерного сканирования

Результаты съемок получаются сразу в цифровом виде, что позволяет, сравнив данные предшествующих съемок, проследить динамику развития горных работ на карьере. В зарубежной практике ведения открытых горных работ имеются случаи, когда один или несколько лазерных сканеров, установленных на постоянные наблюдательные пункты, в непрерывном режиме ведут сканирование участка карьера, результаты которого по кабельным системам передаются в диспетчерский пункт. Такая технология позволяет в режиме реального времени контролировать не только развитие горных работ, но и отслеживать передвижение технологического оборудования.

Мониторинг состояния и геологическое картирование откосов

В зарубежной практике системы лазерного сканирования широко используются для детального геологического картирования горных выработок. В этом случае для получения детальной 3D-модели борта сканер устанавливается на уступе, в непосредственной близости от объекта съемки, для уменьшения ошибок измерения длин линий и получения более качественного цифрового снимка поверхности (рис. 5.15).

В дальнейшем, при специальной обработке скана, выявляются структурно-тектонические особенности массива, контакты руды и породы, заполнитель контактов, типы руд и пород, слагающих массив.

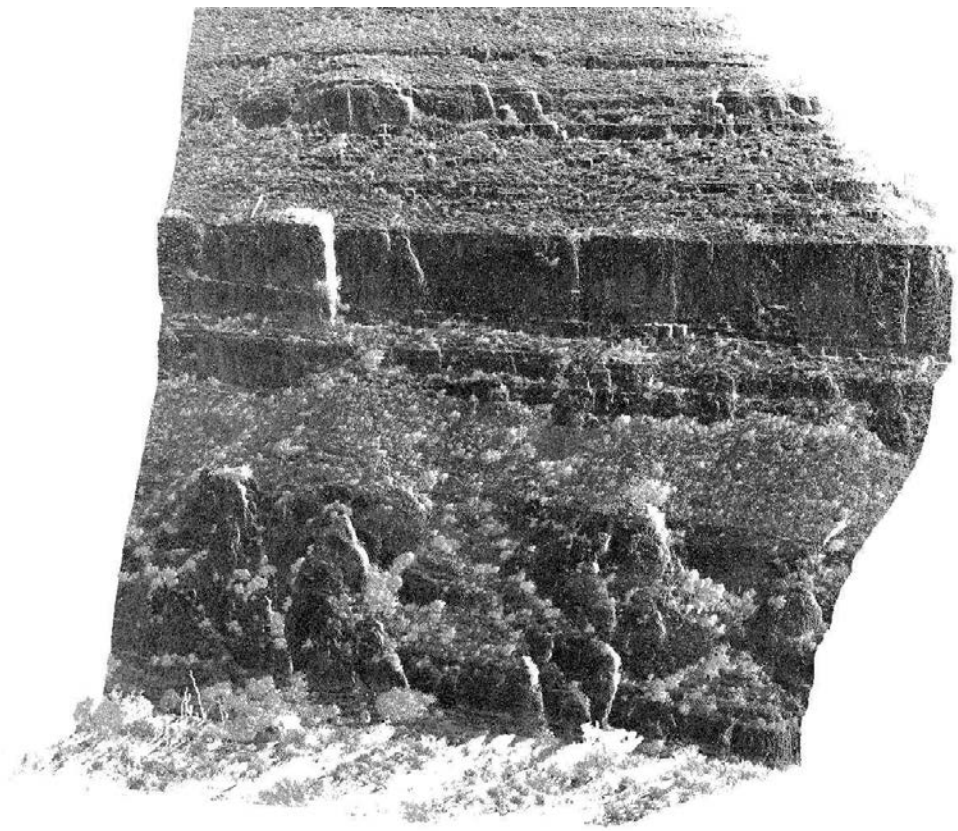


Рис. 5.15. Скан участка борта карьера с элементами геологической структуры

По результатам картирования отстраивается объемная геологическая модель участка месторождения, которая используется для подсчета запасов и выбора оптимальной технологии ведения горных работ. В случае, когда прибортовой массив находится в неустойчивом состоянии, совмещение сканов, выполненных в различные периоды времени, позволяет определить скорость и характер деформирования массива, раскрытие трещин и другие геомеханические особенности, что позволяет более обоснованно подходить к решению задач по обеспечению устойчивости бортов карьера.

Вычисление объемов рудных складов

Замеры и вычисление объемов горных масс, контроль за перемещением в пространстве и во времени – чрезвычайно трудоемкая задача, выполнять которую приходится в некоторых случаях несколько раз в месяц. При помощи технологии лазерного сканирования эта задача может быть решена с высокой степенью точности в течение нескольких десятков минут, а в некоторых случаях в режиме реального времени. Так как системы лазерного сканирования сами по себе являются объемно-ориентированными, поскольку промежуточным результатом измерений является трехмерное облако точек, вычисление объемов не вызывает особых проблем. Наиболее распространенный способ вычисления объема рудного склада - выполнение нескольких пространственных сканов объекта с различных точек, закрепленных на местности и заранее закоординированных, автоматическая сшивка единичных сканов в один пространственный объект по характерным точкам и вычисление объема этого объекта в программе обработки. Сканирование рудного склада с трех точек и вычисление его объема занимают 2-4 часа в зависимости от плотности сканирования. Для определения объема рудного склада в автоматическом режиме сканирующая головка устанавливается над рудным складом с таким расчетом, чтобы полное сканирование объекта осуществлялось за один проход сканера. В этом случае данные об изменении объема склада вычисляются автоматически, с дискретностью между замерами 20-30 минут (рис. 5.16).

Сфера применения технологий лазерного сканирования на открытых горных разработках не ограничивается вышеописанными примерами.

а *б*

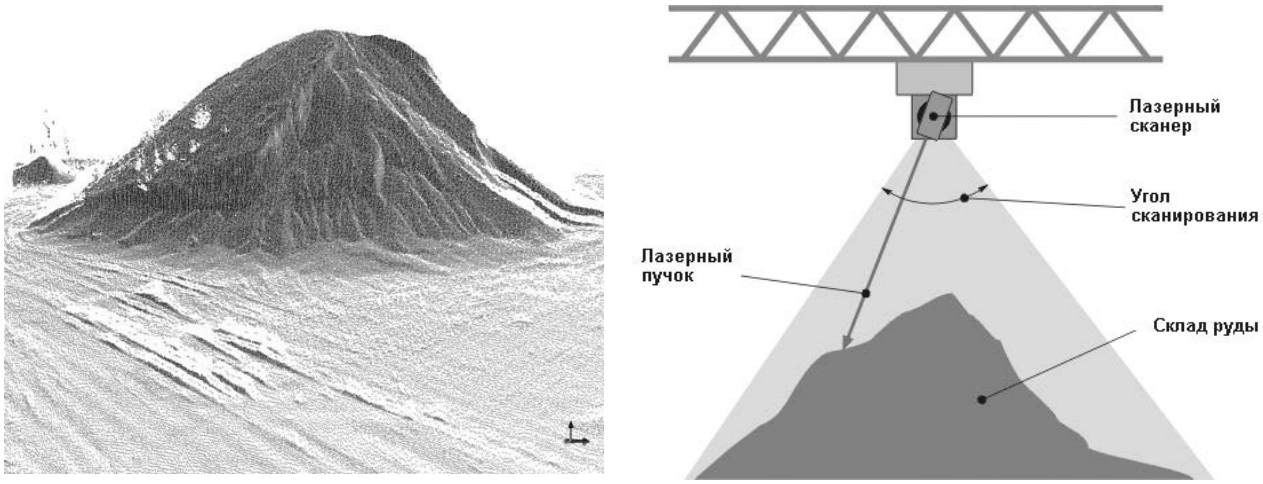


Рис. 5.16. Скан рудного склада с опорного пункта (*а*) и с галереи (*б*)

Лазерное сканирование применяется для контроля положения подкрановых путей, составления схем размещения и контроля исправности технологического оборудования на обогатительных фабриках, съемки мостов, галерей и других сложных объектов. А поскольку технология еще молодая, в ближайшее время сфера ее практического применения может значительно расшириться.

6. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ

6.1. Основные положения

К числу наиболее ответственных горно-строительных работ в карьере относятся: проходка траншей; укладка транспортных путей; буровзрывные работы; горно-техническая рекультивация нарушенных земель и др.

В общем случае задачами маркшейдерского обеспечения горно-строительных работ в карьере являются:

перенесение геометрических элементов проекта в натуру;

контроль соблюдения геометрических элементов горно-строительных работ, предусмотренных проектом;

производство маркшейдерской съемки, составление и пополнение горно-графической документации инженерных сооружений и горных выработок;

учет объемов и движения горной массы и добычи полезного ископаемого, если таковая производится в процессе горно-строительных работ.

При выполнении разбивочных работ, учитывая их особую ответственность, маркшейдеры выполняют вычисления и проверяют соответствие указанных в проектных чертежах координат и размеров основных элементов горно-строительных работ.

Проектные чертежи принимают к производству разбивочных работ после проверки правильности всех размеров и числовых значений, а также согласованности всего комплекса горно-строительных работ, указанных в проекте.

При маркшейдерской подготовке проекта выполняют его привязку, т. е. расчет разбивочных элементов по которым выносят его в натуру от пунктов маркшейдерских и съемочных сетей. Разбивочными элементами являются расстояния, углы и превышения (высотные отметки), выбор и расчет которых зависит от принятого способа разбивки. Результатом маркшейдерской подготовки проекта являются разбивочные чертежи, по которым выполняются разбивочные работы в натуре. Разбивочные чертежи выполняются в масштабе 1:500 – 1:2000 и крупнее в зависимости от сложности объекта.

На разбивочных чертежах показывают:

значения координат исходных пунктов маркшейдерских сетей;

дирекционные углы исходных сторон;

высотные отметки исходных маркшейдерских пунктов;

контур и размеры горно-строительных работ;

пункты маркшейдерских сетей, от которых производится разбивка;

разбивочные элементы, значение которых может быть указано прямо на чертеже.

Точность разбивочных работ зависит от многих факторов: вида, назначения, местоположения объекта, его размеров, поряд-

ка и способа производства работ, особенностей эксплуатации и т. п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или в нормативных документах (СНиПы, ГОСТы, ведомственные инструкции). Точность геометрических параметров объекта в нормативных документах и чертежах определяется предельно допустимыми отклонениями. По принципу равных влияний всех источников погрешностей (M) на каждых из них, в том числе и на маркшейдерские измерения ($m_{\text{М}}$), приходится доля от общей погрешности ($M_{общ}$):

$$m_M = \frac{M_{общ}}{\sqrt{n}}.$$

Переход от допуска к среднеквадратическому отклонению получают из выражения

$$\delta = \frac{m_M}{3}.$$

Разбивочные работы сводятся к фиксированию на местности отдельных точек, определяющих геометрические параметры объекта. Плановое положение этих точек определяют путем построения на местности проектного угла от исходной стороны и выноса проектного расстояния от исходного пункта (рис. 6.1).

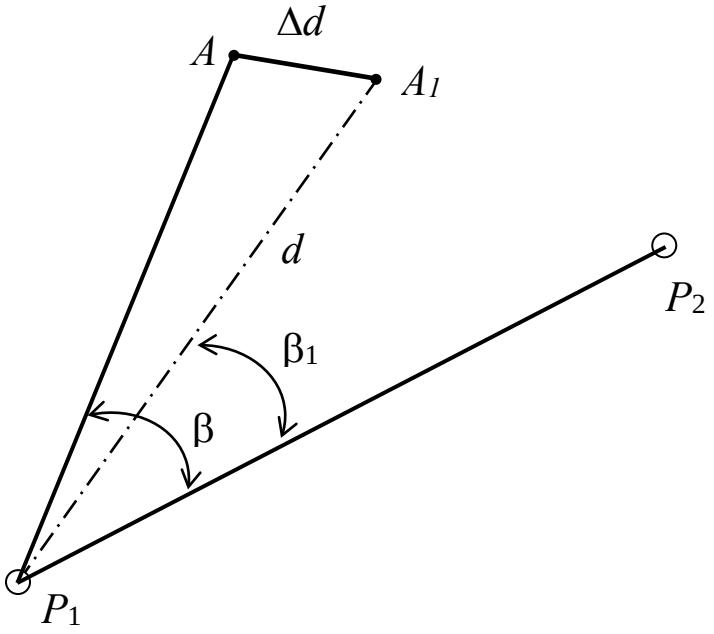


Рис. 6.1. Схема построения проектного угла на местности:
P_1P_2 – исходное направление, A – точка определяемого направления

Работы выполняются в следующей последовательности: в точке съемочного обоснования P_1 устанавливают теодолит, наводят зрительную трубу на точку съемочного обоснования P_2 и берут отсчет по лимбу горизонтального круга. К данному отсчету прибавляют проектный угол β и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Труба теодолита указывает проектное направление. Далее откладываем проектное расстояние (d) и фиксируем на местности точку A.

Маркшейдерские приборы по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. Поэтому точность вынесения разбивочных элементов оказывается ниже, чем точность измерений. Если необходимо построить проектный угол с заданной точностью, нужно построенный проектный угол измерить несколькими приемами (n)

$$n = \frac{m_{\beta 1}^2}{m_{\beta 2}^2},$$

где $m_{\beta 1}$, $m_{\beta 2}$ - средняя квадратическая погрешность соответственно: теодолита и требуемая для вынесения угла

Измерив построенный угол, вычисляют угловую $\Delta\beta = \beta - \beta_1$ и линейную $\Delta d = d(\frac{\Delta\beta}{\rho})$ поправки.

Далее откладывают в точке A перпендикулярно к линии P_1A линейную поправку Δd и фиксируют точку A_1. Полученный угол $A_1 P_1 A_2$ будет равен проектному с заданной точностью.

Вынос проектного расстояния от исходного пункта производится отложением в заданном направлении длины равной проектному значению. Для этого используются мерные приборы: рулетки, светодальномеры, оптические дальномеры, гарантирующие необходимую точность. В случае, когда требуется вынесение линии с высокой точностью, на местности от исходной точки сначала откладывают и закрепляют приближенное значение расстояния, а затем это расстояние измеряют с необходимой точностью с учетом всех поправок. Измеренную длину ($l_{изм}$) сравнивают с ее проектным значением ($l_{пр}$) и находят линейную поправку $\Delta l = l_{пр} - l_{изм}$.

Поправку Δl откладывают с соответствующим знаком от ранее закрепленной точки. Для контроля вынесенную линию повторно измеряют.

Вынос в натуру точки с проектной высотной отметкой ($Z_{пр}$) производится геометрическим, при угле наклоне земной поверхности менее 5 – 8^0 или тригонометрическим нивелированием, при угле наклона более 5 – 8^0.

Геометрическое нивелирование. Нивелир устанавливается примерно посередине между точкой съемочного обоснования с известной высотной отметкой ($Z_{изв}$) и выносимой точкой с проектной высотной отметкой ($Z_{пр}$). На точке с известной высотной отметкой устанавливают рейку и берут отчет (a). Вычисляют вначале горизонт инструмента

$$ГИ = Z_{изв} + a,$$

а затем значение отсчета по рейке которая будет установлена на выносимой точке ($в$)

$$в = ГИ - Z_{пр} = Z_{изв} + a - Z_{пр.}$$

Вычислив отсчет ($в$), в точке выноса проектной отметки поднимают или опускают рейку до тех пор, пока отсчет по ней не будет равен вычисленному значению ($в$). Данная позиция рейки (ее пятка) соответствует проектной отметке выносимой точки. После этого точка фиксируется в натуре.

Для контроля проводят геометрическое нивелирование необходимой точности, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

Тригонометрическое нивелирование. Теодолит устанавливается в точке съемного обоснования (P_1) с известной высотной отметкой ($Z_{изв}$), (рис. 6.2).

Измеряется высота инструмента (i) с точностью до 1 мм и вычисляется угол наклона визирного теодолита (δ)

$$\delta = a \quad (rZ_{п} \; c - Z_{ри} t \;) g_{з} d_{п} \; .$$

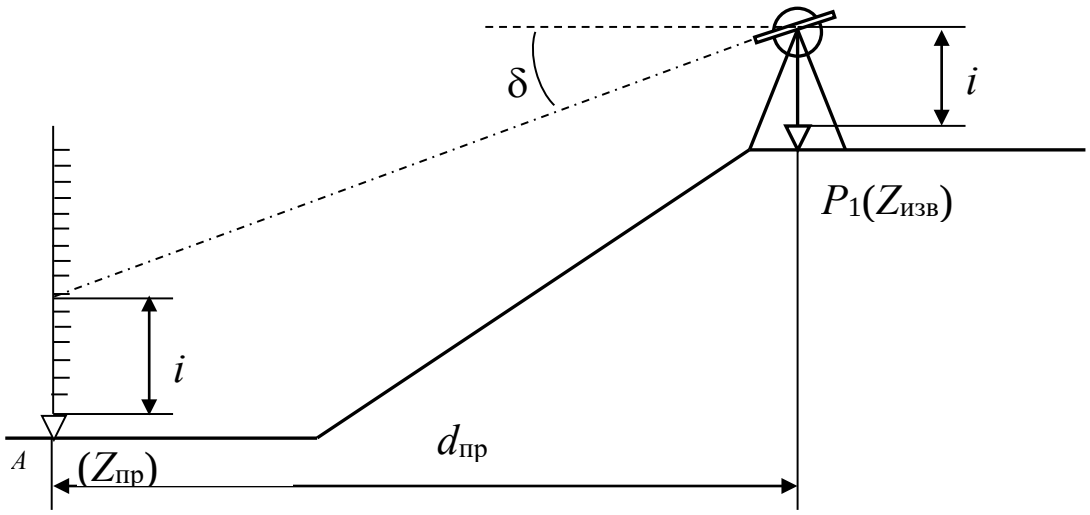


Рис. 6.2. Вынос проектной высотной отметки тригонометрическим нивелированием

Далее на вертикальном круге теодолита с учетом место нуля устанавливают вычисленный отсчет угла наклона (δ). В точке выноса проектной отметки (А) устанавливают нивелирную рейку и, поднимая или опуская фиксируют ее положение по горизонтальной нити зрительной трубы на высоте инструмента (*i*), отмеченной на рейке. Данное положение рейки (ее пятка) соответствует проектной отметки точки. Точка фиксируется в натуре
.

Для контроля проводят тригонометрическое нивелирование и определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу повторяют.

6.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов

Перенос элементов проекта в натуру выполняется следующими способами: полярный; засечек (угловой, линейной); перпендикуляров. Выбор того или иного способа зависит от геометрических размеров объекта, технологии его выполнения, имеющихся в наличии маркшейдерских приборов и инструментов и этапа производства разбивочных работ. Критерием выбора способа, при прочих равных условиях, является необходимая точность и минимальная трудоемкость.

Полярный способ. Положение выносимой точка (*A*) на местности находят путем отложения от направления (P_1P_2) пунктов съемочного обоснования проектного угла (β) и расстояния (*d*) (рис. 6.3.).

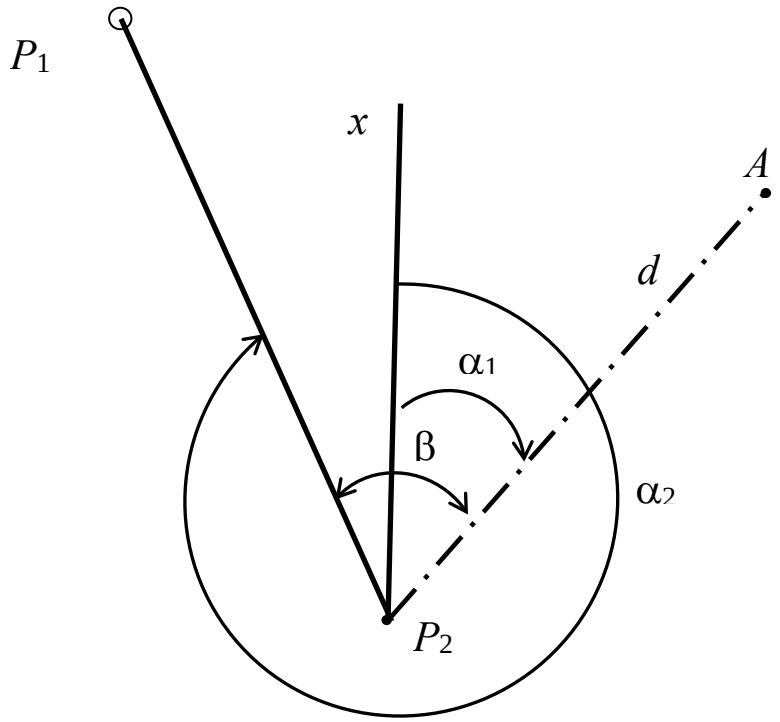


Рис. 6.3. Полярный способ разбивочных работ

Разбивочный угол (β) вычисляют по разности дирекционных углов $\alpha_1 = \alpha_{P_2A}$; $\alpha_2 = \alpha_{P_2P_1}$; $\beta = 3\quad 6 - (\alpha_2 - \alpha_1)$.

Дирекционные углы и расстояние (*d*) выполняются из решения обратной геодезической задачи по известным координатам точек P_1 ,P_2 и *A*. Данный способ целесообразно применять когда проектное расстояния (*d*) меньше базисного (P_1P_2).

Способ прямой угловой засечки. Положение выносимой точки (*A*) на местности находят путем отложения на пунктах съемного обоснования (P_1 и P_2) и углов (β_1 и β_2) (рис. 6.4).

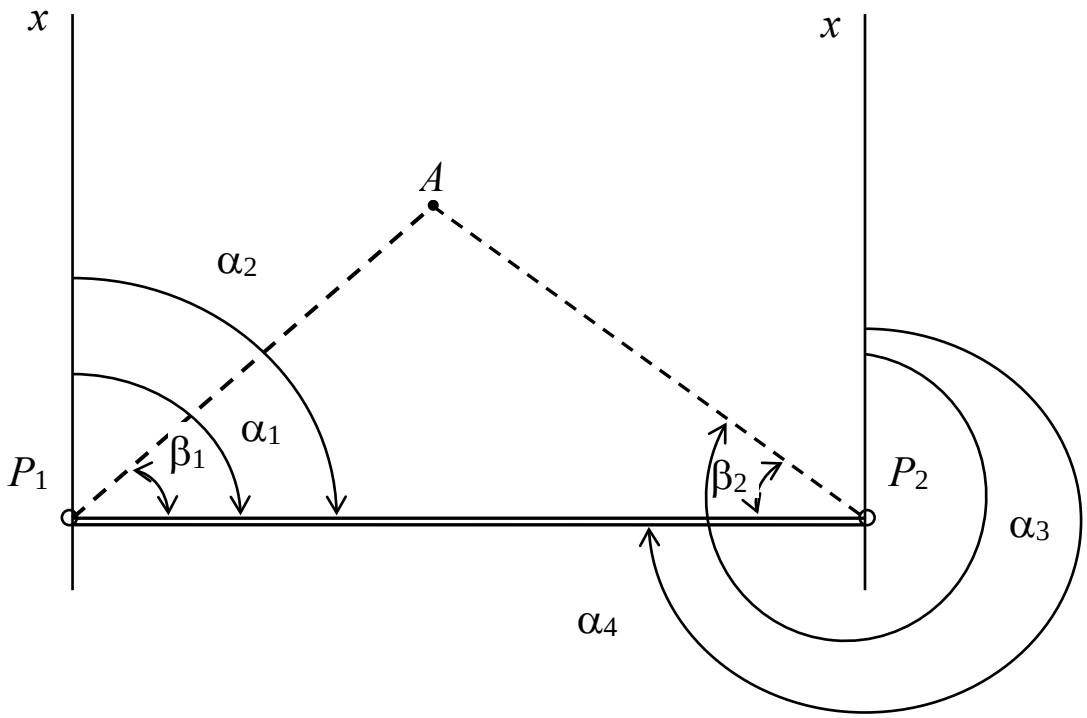


Рис. 6.4. Способ прямой угловой засечки при выполнении разбивочных работ

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют по разности дирекционных углов исходной стороны ($P_1\,P_2$) и сторон ($P_1\,A$) и ($A\,P_2$)

$$\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_2; \quad \beta_2 = \alpha_3 - \alpha_4.$$

Дирекционные углы сторон вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известным координатам точек P_1, P_2 и A.

Данный способ целесообразно применять для выноса точек, находящиеся на значительном расстоянии от исходных пунктов съемочного обоснования. В этом случае погрешность центрирования теодолита и фиксация вынесений точки выполняется сравнительно точно с основными погрешностями являются погрешности собственно засечки и исходных данных.

Способ обратной угловой засечки (*способ редуцирования*).

Способ применяется в случаях, когда доступ к пунктам съемочного обоснования затруднительный, а визирование на них беспрепятственное.

В этом случае находят приближенное проектное положение выносимой точки (A) и фиксируют ее на местности (рис. 6.5).

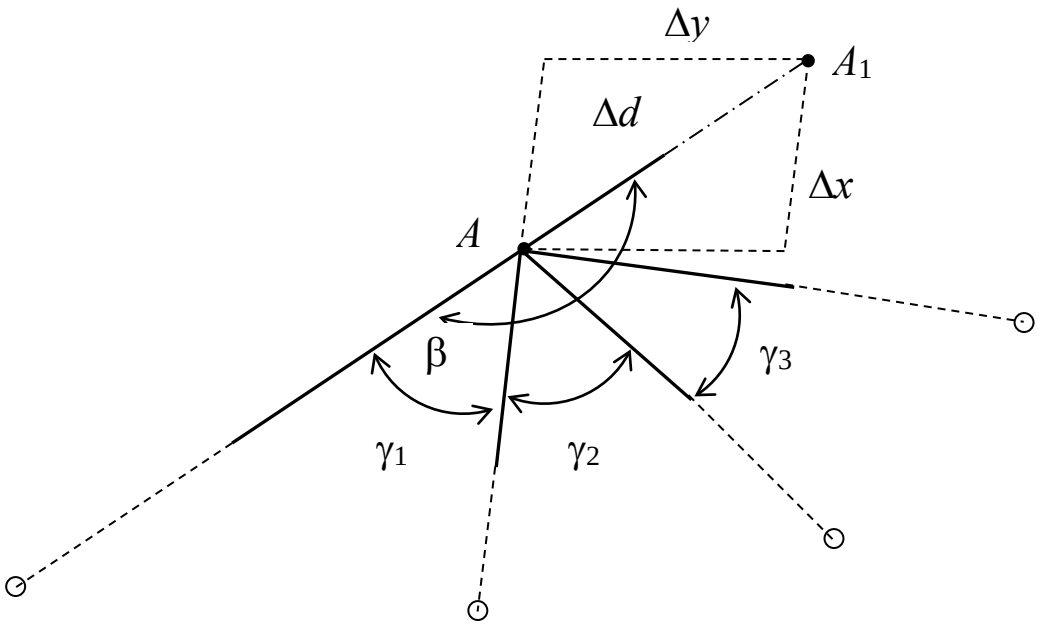


Рис. 6.5. Способ обратной угловой засечки (способ редуцирования)

Устанавливают теодолит и требуемой точностью измеряют горизонтальные углы не мене на три исходных пункта съемочного обоснования. По измеренным углам (γ) решают обратную геодезическую засечку и вычисляют координаты приближенно установленной точки. Полученные координаты сравнивают с проектными и по разности координат вычисляют величину смещения (редукции) точки в проектное положение. Отложив угол (β) и длину (Δ*d*) фиксируют проектное положение выносимой точки (A_1).

Способ линейной засечки. Положение выносимой точки (*A*) на местности находят путем пересечения двух проектных длин линий (d_1 d_2), отложенных от исходных пунктов съемочного обоснования (P_1P_2) (рис. 6.6).

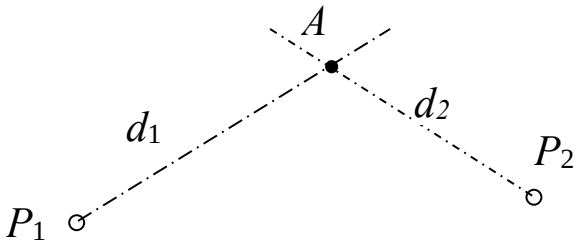


Рис. 6.6. Способ линейной засечки

Разбивку производят при помощи двух мерных приборов (рулетка, мерная лента). Расстояние от исходных точек до выносимой точки не должно превышать длины мерного прибора.

Способ перпендикуляров. Положение выносимой точки (A) на местности определяют путем отложения проектной длины (d_1) от створа исходных точек (P_1P_2) (рис. 6.7).

От одной из известных точек в створе линии откладывают проектную длину (d_2), устанавливают в точке (M) теодолит, откладывают прямой угол от створа (P_1P_2) и выносят на расстояние (d_1) точку (A).

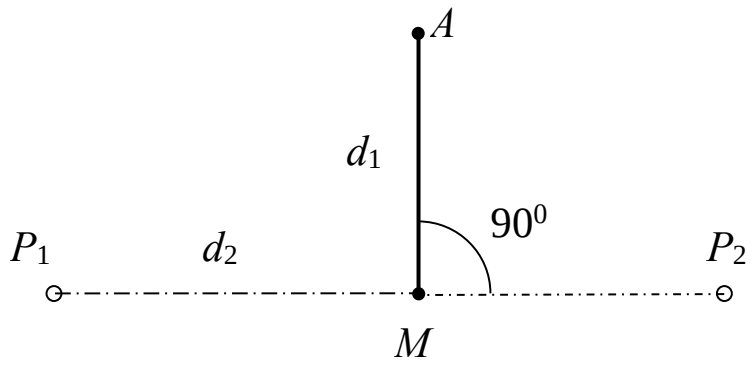


Рис. 6.7. Способ перпендикуляров

Целесообразно: большее расстояние - по створу исходной стороны, а меньшее – по перпендикуляру. Для контроля положения выносимой точки можно повторить от другого пункта.

6.3. Маркшейдерские работы при проходке траншей

Проходка траншей в карьерах предназначена для вскрытия карьерных полей с целью обеспечения доступа от поверхности земли (капитальные траншеи) или от какой-либо разрабатываемой части карьера к вновь создаваемым рабочим горизонтам (разрезные траншеи). Непосредственной задачей при проходке траншей является установление грузотранспортной связи между горизонтами разработки (добычи) и пунктами приема горной массы (отвалы, склады) на поверхности или в карьере. Параметры траншеи (ширина дна, уклон, углы поворота, углы откоса)

рассчитываются в зависимости от вида карьерного добычного оборудования, транспорта и инженерно-геологических условий.

На проходку траншеи составляется технический проект. К проекту прилагается:

генеральный план карьера;

план траншеи с указанием числовых значений координат *X, Y, Z* начала (устья) траншеи;

положение оси траншеи, углы поворота, радиусы кривых;

высотные отметки дна траншеи.

Маркшейдерские работы при проходке траншеи состоят в следующем:

обеспечение района проходки траншеи пунктами съемочного обоснования;

перенесение с проекта в натуру устья траншеи, оси траншеи и ее параметров;

систематическое наблюдение за проходкой траншеи, включая маркшейдерскую съемку фактических параметров траншеи, контроль ее направления и уклона;

подсчет объема вынутой горной массы;

разбивка транспортных путей.

В зависимости от рельефа земной поверхности, инженерно-геологических условий участка карьера в районе прокладки траншеи, имеющегося добычного оборудования и средств транспорта применяют различные способы проходки траншей. Во всех случаях маркшейдер на местности, в соответствии с проектом, разбивает и закрепляет специальными пунктами ось траншеи, ширину дна, верхние бровки и задает уклон дна траншеи.

При разбивке трассы траншеи маркшейдер показывает на проектных планах, составленных в масштабе 1:500 – 1:1000, координаты точек примыкания, дирекционные углы первоначальных направлений, расстояния между вершинами углов поворота оси траншеи с углами поворота и радиусами кривых.

На поперечных разрезах указывается очередность проходки заходок, углы откосов, положение транспортных средств. На продольных разрезах (профилях), построенных по оси траншеи, указываются фактические и проектные высотные отметки, проектные уклоны.

Наиболее распространенные способы проведения траншей следующие:

сплошным забоем при проходке по склону (рис. 6.8, *а*), поперек склона или на равнинных участках с погрузкой горной массы в думпкары (рис. 6.8, *б*), с отвалом непосредственно на борта траншеи драглайном (рис. 6.8, *в*) или с погрузкой на авто- и железнодорожный транспорт внутри траншеи;

ступенчатым забоем – заходками (рис. 6.9).

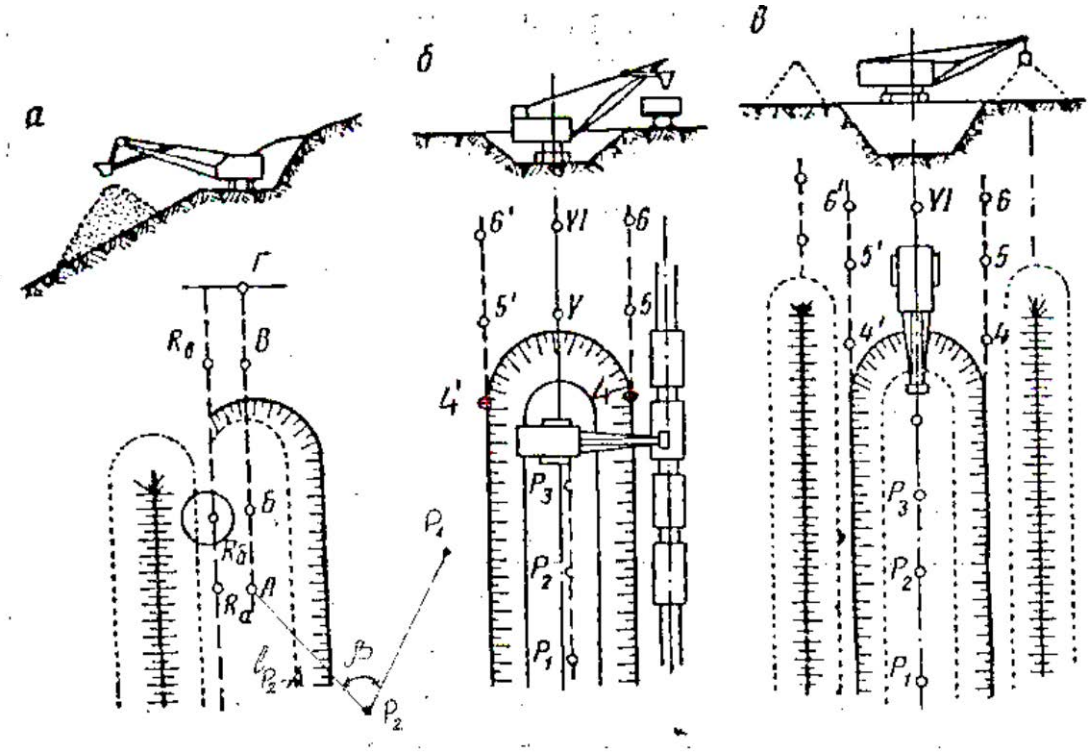


Рис. 6.8. Схемы проведения траншей сплошным забоем:
а – по склону; *б*, *в* – поперек склона или на равнинных участках с погрузкой в думпкары или с отвалом на борта траншей

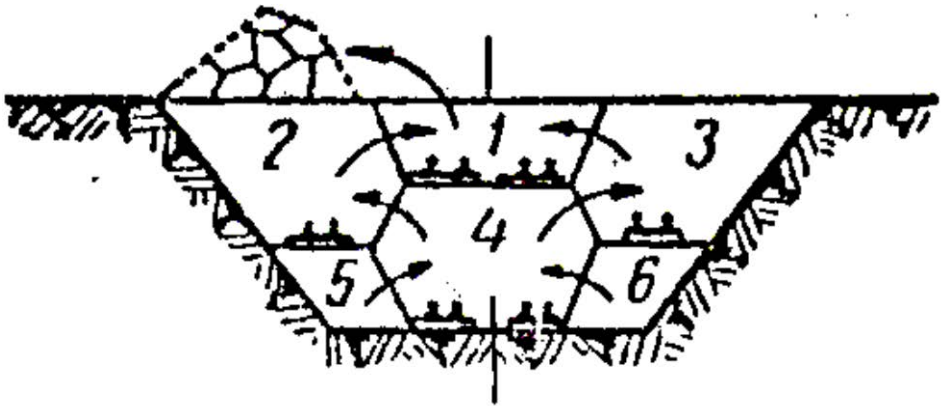


Рис. 6.9. Схема проведения траншей ступенчатыми забоями – заходками

Разбивочные работы при проведении траншеи выполняются следующим образом. При проходке по склону (см. рис. 6.8, *а*), производится разбивка оси траншеи временными пикетами *А*, *Б*, *В* и т. д. через 20 – 50 м. Для этого по известным координатам точки P_2 съемочного обоснования, измеренному углу β и расстоянию l_{P_2-A} определяют в натуре начальную точку *А* (устье) траншеи. По дну траншеи напротив каждого пикета закрепляются граничные точки $R_а$, $R_б$, $R_в$ и т. д. Высотные отметки граничных точек и пикетов определяются нивелированием. В этом случае отсчет по передней рейке $в_i$ определяется по заданному в проекте уклону *i* и расстоянию между пикетами l_i:

$$в_i = a_i - l_i \cdot i,$$

где a_i – отсчет по задней рейке.

Нивелирование пикетов начинается от пункта примыкания P_2.

После определения положения пикетов производится спрямление трассы траншеи. В точках поворота трассы разбиваются кривые. Спрямленная ось трассы, дно и верхняя бровка траншеи закрепляются кольями и вехами.

При проведении траншеи поперек склона или на равнинных участках местности разбивка трассы проводится аналогичным способом (см. рис. 6.8, *б*, *в*). Ось траншеи закрепляется пикетами V, VI и т. д. на расстоянии 20 – 50 м по прямым участкам трассы и 5 – 10 м по криволинейным. Верхние бровки траншеи закрепляются граничными точками (вехами) 4-4', 5-5', 6-6' и т. д. На дне траншеи закрепляются грунтовые реперы P_1, P_2, P_3 и т. д. на расстоянии 20 – 30 м. Торцы реперов должны соответствовать проектным отметкам (уклону) дна траншеи. Уклон дна траншеи задается Т-образными визирами, высота которых делается равной высоте гусениц экскаватора.

Одновременно с разбивкой трассы траншеи ведется разбивка осей транспортных путей породного отвала. На всех заданных точках вблизи забоя траншеи выставляются направляющие вехи.

При проведении траншей большого сечения (ступенчатыми забоями – заходками) (см. рис. 6.9) разбивается и закрепляется основная ось траншеи и ее верхние и нижние бровки по методике, описанной выше. Оси заходок разбиваются и закрепляются по мере необходимости.

При проведении траншей взрывным способом с последующей экскавацией (рис. 6.10) относительно пикетов 3, 4, 5 и т. д., обозначающих ось траншеи, по мере проходки закрепляется серия скважин. Количество скважин и их параметры рассчитываются специальным проектом.

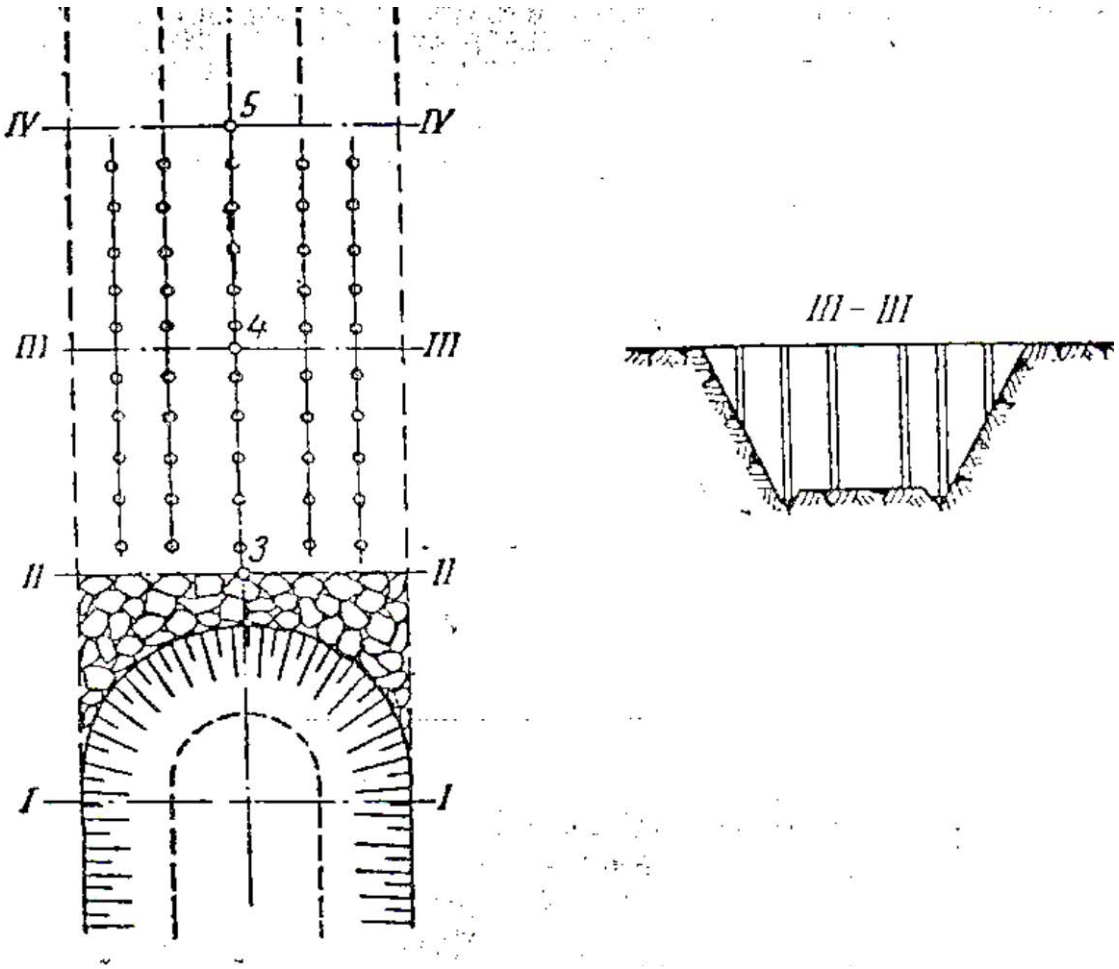


Рис. 6.10. Схема проведения траншеи взрывным способом

После взрыва производится маркшейдерская съемка. По плану и разрезам, составленным по результатам съемки, определяется объем взорванной горной массы. После этого приступают к экскавации и оформлению траншеи. Маркшейдерские работы

в этом случае выполняются в том же объеме и порядке, как было описано выше.

6.4. Маркшейдерские работы при разбивке и съемке транспортных путей

При строительстве и эксплуатации карьеров применяются следующие виды транспорта: железнодорожный, автомобильный, конвейерный, скиповой. Наибольшее распространение получили железнодорожный и автомобильный транспорт, протяженность дорог на крупных карьерах достигает 100 км и более.

Для стабильной и безопасной работы железнодорожного транспорта строятся внутрикарьерные станции, контрольные пункты и централизованные автоблокировки. Поэтому к производству маркшейдерских работ при строительстве и эксплуатации транспортных путей, особенно железнодорожных, предъявляются высокие требования.

Исходными проектными материалами, на основе которых производится разбивка транспортных путей, являются:

план трассы с координатами точек ее примыкания к пунктам опорного или съемочного обоснования, с указанием вершин углов поворота, радиусов сопрягающихся кривых (рис. 6.11);

поперечные разрезы и продольный профиль трассы с указанием фактических и проектных высотных отметок, а также проектных уклонов и подъемов;

план расположения переводных стрелок для железнодорожных путей с координатами центров переводов.

Карьерные железнодорожные пути бывают стационарные и передвижные. При строительстве карьерных железнодорожных путей маркшейдер выполняет следующие работы:

вынос в натуру оси траншеи в плане и по высоте в соответствии с проектом;

разбивку закруглений (участков поворота путей), стрелочных переводов, отводных путей, углов наклонов;

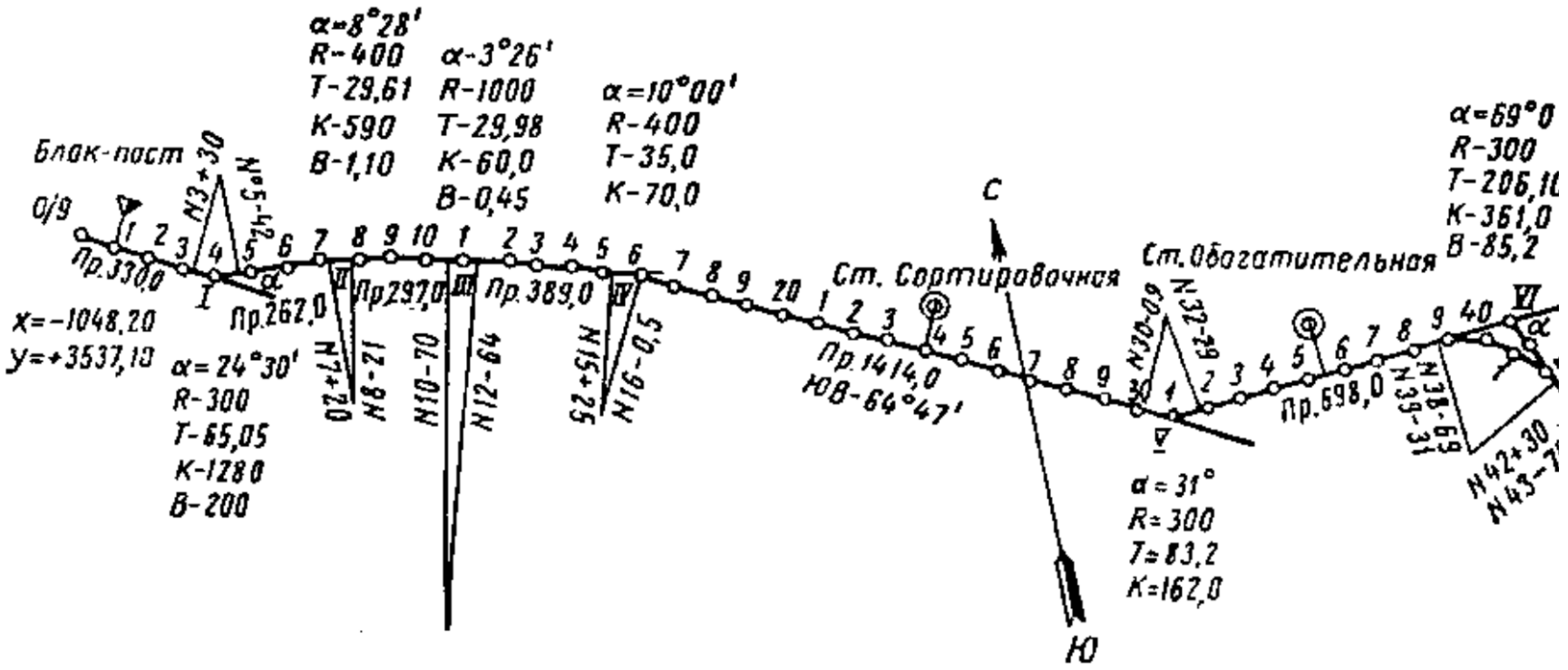


Рис. 6.11. План железнодорожной трассы

определение местоположения стационарных сооружений (станций, опор контактного провода, путепроводов и др.);

съемку и документирование рельсовых путей с указанием габаритов подвижного состава;

разбивку и съемку передвижных (забойных) железнодорожных путей, с отображением каждого их нового положения.

Разбивку осей транспортных путей производят от пунктов съемочного обоснования, определяя начальные пункты и направление оси. Затем при помощи теодолита и рулетки выносят вершины углов поворота, т. е. прокладывается теодолитный ход с проектными углами поворота и сторонами между точками поворота (способ проектного полигона).

Углом поворота трассы пути α (см. рис. 6.11) считается внешний угол между направлением предыдущей линии и направлением последующей линии трассы.

Для обеспечения плавного перехода железнодорожного состава с прямолинейного участка на сопряжения поворота разбивают переходные кривые, радиус которых постепенно изменяется от бесконечности до принятого радиуса круговой кривой.

В вертикальной плоскости трасса пути разбивается в соответствии с проектным профилем, на котором указаны уклоны (подъемы) и горизонтальные участки. Величина уклона i обозначается в тысячных долях и определяется отношением превышения h к горизонтальному проложению l:

$$i = \mathrm{tg}\delta = \frac{h}{l},$$

где δ - угол наклона участка пути.

Различают руководящие, вспомогательные и второстепенные уклоны. Максимальный руководящий уклон устанавливается в зависимости от типа локомотива и количества точек (одинарная, двойная). Вспомогательный уклон круче руководящего и строится на участках небольшой протяженности. Второстепенный уклон положе руководящего.

В местах перелома (изменения) уклонов смежных участков пути вертикальный профиль сглаживают, разбивая вертикальные кривые.

Точки поворота закрепляют деревянными кольями или металлическими стержнями, которые забиваются на уровне с землей и обозначаются "сторожками". В характерных точках рельефа (резкие перегибы земной поверхности) устанавливают плюсовые (дополнительные) точки. После разбивки точек поворота трассы и "плюсовых" точек разбивается и закрепляется пикетаж по всей оси трассы через 20 – 40 м. Впоследствии, по окончании строительства пути, пикеты переносят на обочину и закрепляют постоянными знаками - металлическими стержнями или бетонными столиками.

По закрепленным пикетам трассы проводят продольное и поперечное нивелирование. Продольное нивелирование выполняется по оси трассы, поперечное - по поперечникам, которые разбиваются перпендикулярно трассе на ширину 10, 20, 40 м, в зависимости от ширины дороги, в обе стороны. Поперечники разбивают на каждом пикете и на "плюсовых" точках и закрепляют реперами.

Результаты разбивки пикетов заносятся в пикетажную книжку, в которой записывают: все пикеты и "плюсовые" точки, вершины углов поворота, радиусы, начало и конец кривых; реперы поперечников с указанием номера пикета, расстояние до репера от оси трассы.

На пикетах подписывают номера и величину "подсыпки" или "срезки" грунта.

Разбивку криволинейных уступов транспортных железнодорожных и автомобильных путей выполняют по известному углу поворота трассы α и заданному радиусу кривой R (рис. 6.12).

Из решения треугольников ОАВ и ОСВ:

$$T = R \cdot \mathrm{t}\,\frac{\alpha}{2}; \quad \hat{E} = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{1}; \quad \acute{A} = R \cdot (\quad e\,\frac{\alpha}{2} - 1) \quad \gamma = 90^0 + \frac{\alpha}{2}.$$

При входе на кривую и выходе с нее делают вставки (переходные кривые), радиус которых изменяется от бесконечности до заданного R. Длина переходных кривых l - от 20 до 200 м.

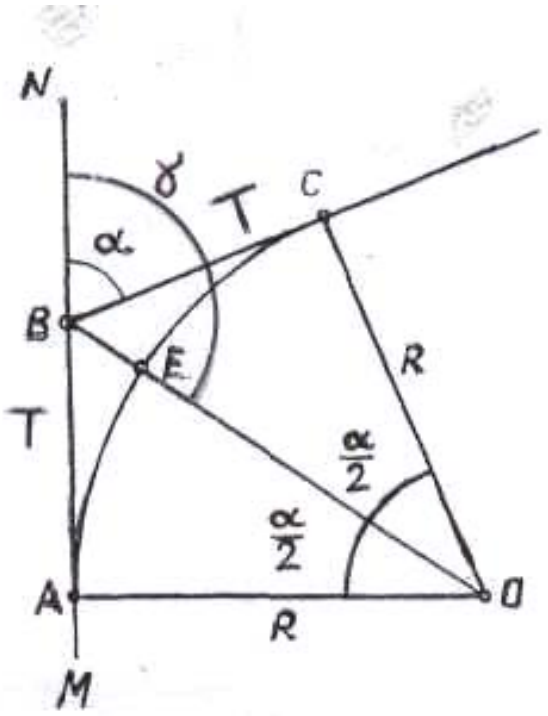


Рис. 6.12. Элементы кривой:
α = АОС = NBC – центральный угол поворота трассы;
Б = ОВ - ВЕ – биссектриса; R = ОА = ОС – радиус кривой;
Т = АВ = ВС – тангенсы (касательные) кривой;
НК – точка А – начало кривой; КК – точка С – конец кривой;
точка Е – середина кривой; К – кривая АЕС; Д = 2Т – К – домер

Заданный радиус кривой при этом сохранятся, но ее центр смещается на величину $OO_1 = p$ (рис. 6.13).

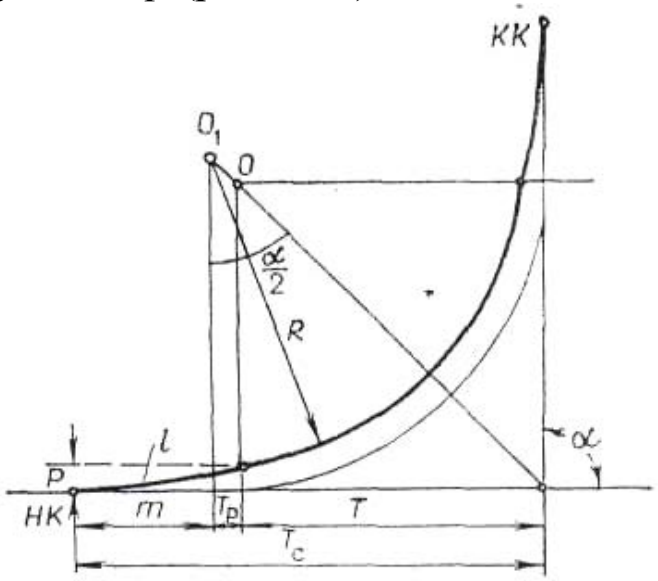


Рис. 6.13. Элементы кривой с переходными кривыми:
l – длина переходной кривой; T_c – суммарная длина тангенса

В этом случае суммарная длина тангенса

$$T_{\text{с}} = T + m + T_p; \quad T_p = \partial \cdot \text{t}\ \frac{\alpha}{2},$$

и точки начала кривой (НК) и конца кривой (КК) переместятся. Разбивку кривых в карьере производят по главным точкам через 10 или 20 м одним из известных из курса геодезии способов - ординат, продолженных хорд, способом углов от ближайших пунктов опорного или съемочного обоснования полярным способом.

6.5. Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом отделение от массива и дробление скальных и полускальных пород, рудных тел осуществляют массовыми взрывами с помещением зарядов взрывчатых веществ в предварительно пробуренные скважины. Скважины располагаются сериями на верхней площадке уступа в 1-2 и более рядов.

Буровзрывные работы должны обеспечить:

-заданную (расчетную) степень дробления горных пород для последующей погрузки ее в транспортные средства и транспортировки;

- требуемые качество и сортность взорванного рудного тела, достижение в необходимых случаях избирательного дробления пород различной крепости;
- проектный контур и угол откоса уступа;
- заданные размеры и форму развала взорванных пород, удобные для их экскавации;
- минимальные (допустимые) отклонения от проектных высотных отметок площадок уступов, их размеров и формы поверхности;
- минимальное сейсмическое воздействие взрыва на породный массив вблизи проектных (граничных) контуров карьера и окружающих инженерных сооружений;
- высокие показатели экономичности, производительности и безопасности горных работ.

Маркшейдерские работы до и после взрыва включают (рис. 6.14):

-составление крупномасштабного плана участка взрыва по результатам детальной маркшейдерско-геологической съемки;

- составление проекта буровзрывных работ с указанием расположения взрывных скважин, их глубин, перебура и линии наименьшего сопротивления (ЛНС);

-создание на участке работ съемочного обоснования для перенесения проектного положения скважин в натуру и последующей съемки фактического положения пробуренных скважин с точным определением их глубин и перебуров;

-определение положения скважин относительно верхней и нижней бровок откоса уступов;

-проведение детальной маркшейдерской съемки уступа после взрыва с составлением графической и отчетной документации и заключение об эффективности взрыва.

Размеры и форма взрываемого участка, высота и угол откоса уступа, общий объем и степень дробления взрывом горных пород, сейсмическое воздействие взрыва каждый раз задаются проектом. На каждый очередной массовый взрыв выдается задание с указанием длины, ширины и объема участка взрыва с приложением выкопировки из маркшейдерского плана.

На участке уступа, намеченного к взрыву, производится детальная планово-высотная съемка, по результатам которой составляют план-проект (план-задание) на буровзрывные работы и план карьера участка в масштабе 1:200 – 1:500. При сложном геологическом строении участка, одновременно с маркшейдерской съемкой, производится и геологическая съемка. Составляются поперечные разрезы, по которым определяют ЛНС, рассчитывают оптимальный заряд взрывчатки, конструкцию заряда. Геологические особенности, частоту и элементы залегания трещин наносят на план.

На рис. 6.14 показаны два блока, подготавливаемые к взрыву.

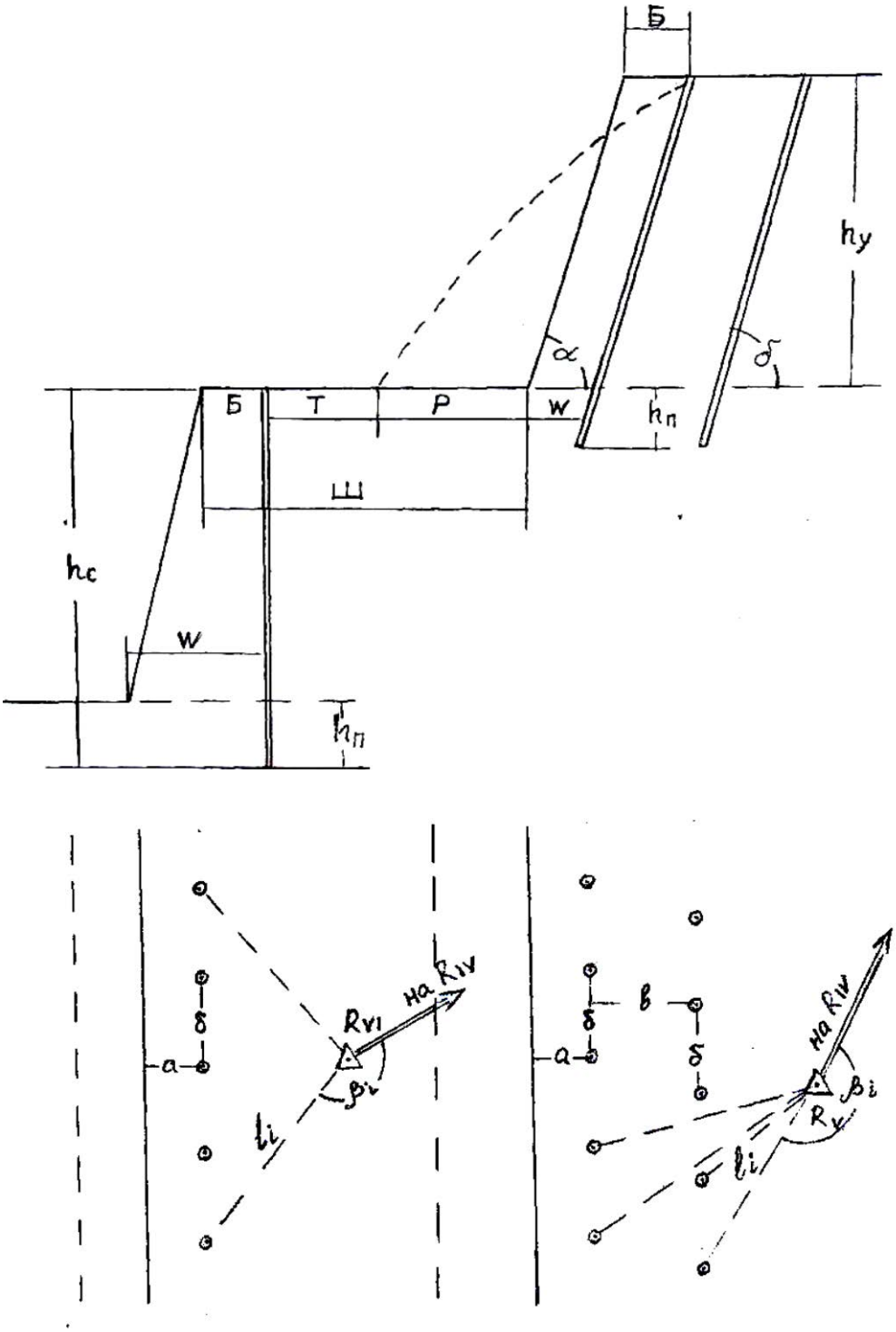


Рис. 6.14. Элементы борта карьера и буровзрывных работ:

Б – берма безопасности $\acute{A} = h_y(\text{c}\ \ \varphi g - \text{c}\ \ \gamma)\xi$, где φ, γ - углы обрушения и естественного откоса; *Т* – ширина бермы для транспорта; *Р* – ширина развала пород при взрыве; h_y – высота уступа; $h_п$ – глубина перебура скважины; α - угол откоса уступа; δ - угол наклона скважины

Исходные данные:

1) план участка карьера;

2) пункты маркшейдерского съемочного обоснования (R_V, R_{VI});

3) направление на пункт опорной сети $R_{VI.}$.

На план участка карьера наносится проектная сеть буровзрывных скважин по сетке с параметрами *а, б* и *в*, значения которых определяются расчетом.

Первыми на расстоянии "*а*" от верхней бровки проектного контура уступа наносятся скважины 1-го ряда, на расстоянии "*б*" – между скважинами.

После этого со сдвигом 0,5 "*б*" на расстоянии "*в*" от первого ряда наносятся скважины 2-го ряда и т. д. до заполнения всей площади подготавливаемого блока.

На плане участка карьера определяются разбивочные элементы каждой скважины: горизонтальные углы β_i на пунктах съемочного обоснования R_V и R_{VI}, измеренные между направлениями на пункт R_{IV} и на данную скважину; расстоянием l_i от пункта R_V и R_{VI} до данной скважины (полярный метод).

Исходное направление (R_V - R_{IV}) и (R_{VI} - R_{IV}) указывается на плане участка карьера. Направление определяется решением обратной геодезической задачи:

$$\text{arctg}\frac{Y_I - Y_V}{X_I - X_V}.$$

Углы β_i и расстояния l_i определяются с плана и заносятся в таблицу.

Находится проектная глубина скважины h_c по формуле

$$h_c = \frac{1}{\sin\delta}(h_y + h_п)$$

где δ - угол наклона скважины к горизонту, град.; h_y - высота уступа, м; $h_п$ - величина перебура скважины, м.

Высота уступа определяется как разность средней высотной отметки верхней бровки ($Z_{ср.в.}$) и средней высотной отметки нижней бровки уступа ($Z_{ср.н.}$):

$$h_{\acute{o}} = Z_{\tilde{n}\ \eth\ .\ \grave{a}} - Z_{\tilde{n}\ \eth\ .}.$$

Величина перебура скважины зависит от ее диаметра d_c и физико-механических свойств пород взрываемого участка.

Определяется минимально допустимое значение линии сопротивления по подошве *W* из выражения

$$W = \sqrt{\frac{c \cdot p}{q}},$$

где *c* – коэффициент, зависящий от степени дробления породы взрывом; *p* – вместимость 1 м скважины, кг; *q* – удельный расход ВВ, кг/дм^3.

По окончании бурения всех скважин производят съемку и определяют фактическое положение каждой скважины и каждого ряда относительно верхней бровки и откоса уступа. Измеряют глубину скважины и величину перебура. Несоответствующие проекту скважины бракуются.

После взрыва участка выполняют детальную съемку развала и линии вновь образовавшейся верхней бровки уступа. По результатам съемки определяют объем взорванной горной массы, ширину и угол откоса развала, линию бровки и угол откоса уступа, коэффициент разрыхления, выход негабаритов. Куски взорванной массы не должны превышать линейный размер (*K*):

$$K \le 0{,}5\sqrt[3]{V},$$

где *V* – вместимость ковша экскаватора, м^3.

После отгрузки взорванной горной массы выполняется детальная съемка уступа, по результатам которой определяются показатели взрыва: удельный расход взрывчатки, поверхность отрыва пород по почве уступа, производительность (эффективность) скважины.

6.6. Маркшейдерские работы при рекультивации нарушенных земель

Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного и растительного покрова, гидрологического режима и образованием техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека [34].

По характеру нарушенности все территории в пределах горного и земельного отвода карьера (разреза) подразделяются на два вида: при выемки полезного ископаемого; при складировании пород вскрыши и отходов обогатительных фабрик.

Степень нарушенности земель количественно оценивается объемом выемки или насыпки грунта на единицу площади, величиной площади нарушения, глубиной выемки или просадки, высотой насыпки, длиной и шириной линейных участков (дороги и другие коммуникации).

Объектами рекультивации на карьерах (разрезах) являются: картеры (выработанное пространство), внутренние и внешние породные отвалы, отвалы некондиционных руд, хвостохранилища, железные и автомобильные дороги, промышленные площадки предприятия и другие объекты, которые после окончания горных работ не могут быть использованы по назначению.

Рекультивация нарушенных земель с целью их дальнейшего освоения ведется в основном в направлениях пяти выводов [34]:

сельскохозяйственное - под пашню, пастбище, сенокосные угодья, садоводство, овощеводство;

лесохозяйственное – земельные насаждения, парковые, лесные рощи;

водохозяйственное – водохранилища различного назначения;

гражданского и промышленного строительства;

рекреационное – создание объектов отдыха.

Работы по рекультивации земель ведутся с соблюдением соответствующих требований, которые изложены в ведомственных указаниях по восстановлению земель в два этапа последовательно друг за другом: горно-технологические и биологические мероприятия.

Горно-техническая рекультивация – как завершающий этап технологии горного производства проводится с целью выполнения мероприятий, обеспечивающий наиболее эффективное использование восстановленных территорий для дальнейшего их использования, в том числе, и для биологической рекультивации. Эти работы выполняют горнодобывающие предприятия или специализированные организации.

Биологическая рекультивация выполняется после горно-технической и включает в себя работы по восстановлению биологической среды на восстановленных территориях, экологически чистых и безопасных для окружающей среды зон. Эти работы (в отличие от горно-технической рекультивации) выполняются организациями, в ведении которых передаются земли.

Объем и состав работ каждого этапа рекультивации определяется проектом, в соответствии с выбранным видом освоения земель. Проектирование работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами, ведут по горно-графической маркшейдерской документации, полученной на основании маркшейдерской съемки выполненной на период завершения горных работ.

Приемка – передача рекультивированных земель производится специальной комиссией по результатам работы, которой составляется и подписывается акт приемки-сдачи рекультивированных земель. После этого рекультивированные земли закрепляются за новым пользователем.

При выполнении горно-технической рекультивации круг вопросов, решаемых маркшейдерской службой, несколько специфичен по сравнению с общепринятыми маркшейдерскими работами на горных предприятиях.

При выполнении рекультивации маркшейдерской службе приходится выполнять следующие основные работы:

создавать на рекультивируемой территории сети опорных пунктов и пунктов съемочного обоснования; вести топографические съемки на начало рекультивации и после завершения ее; составлять маркшейдерские чертежи, связанные с проектированием и выполнением отдельных этапов рекультивационных работ, выделяя на них все виды повреждения земной поверхности; вести систематический контроль за восстановлением нарушенных земель во времени и пространстве, сопоставляя результаты с данными

проекта; учитывать объемы выполненных работ по производимым планировкам, снятию грунтов, их укладке на новое место; выносить в натуру геометрические элементы проекта и вести контроль за их исполнением в процессе выполнения горно-технических работ; подготавливать исходные данные и материалы для текущего и перспективного планирования рекультивации; выполнять предрасчеты с анализом точности ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в результате горных разработок, составлять планы-карты прогноза; участвовать в разработке мероприятий по рекультивации нарушенных земель и обеспечению сохранности плодородных почв; производить наблюдения за осадкой насыпных грунтов и контроль за соблюдением геометрических параметров породных отвалов в соответствии с проектом рекультивации; делать съемку недоступных участков на земной поверхности и дна затопленных водоемов; выполнять работы, связанные с селективной выемкой вскрышных пород и селективной укладкой их в отвал; производить маркшейдерские работы, связанные со снятием плодородных почв и почвообразующих пород; составлять почвенные планы и вести учет запасов, потерь и разубоживания наиболее ценных плодородных почв; контролировать формирование корнеобитаемого горизонта на рекультивируемых территориях; обеспечивать работы по выполаживанию и террасированию откосов карьеров и породных отвалов и созданию искусственных водохранилищ; выполнять работы, связанные с защитой от эрозии и благоустройством рекультивируемых территорий; участвовать в работе комиссии по сдаче землепользователям рекультивированных земель и подготавливать графический материал к акту передачи восстановленных земель; вести маркшейдерскую отчетность по рекультивационным работам.

Ответственность за выполнение работ по рекультивации и своевременную передачу в надлежащем состоянии земельных площадей, освобождающихся после добычи полезного ископаемого, несут руководители горных предприятий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Раздел 1. Общие сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых:

1.Что в горном производстве называется карьером и разрезом?

2. Назовите геометрические элементы карьера.

3. Что служит показателем оценки пригодности месторождения к разработке открытым способом?

4. Назовите элементы системы горных выработок для вскрытия карьерных полей.

5. Какие параметры карьера являются главными?

Раздел 2. Нормативно-правовые основы маркшейдерского обеспечения недропользования:

1. Каким основным Законом РФ утверждено, что земля и другие природные ресурсы принадлежат государству?

2. Каким законом регламентируется недропользование?

3. Что такое недропользование?

4. На чем основывается законодательство о недрах?

5. Что необходимо выполнить для обеспечения эффективного и безопасного недропользования?

6. Какие государственные задачи возлагаются на маркшейдерскую службу горного предприятия при пользовании недрами?

7. Какими законами определено правовое положение маркшейдерской службы в РФ?

8. чем регламентируется производство маркшейдерских работ?

9. Чем регламентируется составление и ведение маркшейдерской документации?

10. Чем регламентируется оформление горного отвода?

11. что понимается под понятием горный отвод, земельный отвод?

12. На основании чего осуществляется получение земельного отвода?

Раздел 3. Опорные маркшейдерские сети на территории горного предприятия:

1. Что является геометрической основой для всех видов съемки на земной поверхности и в карьере?

2. Государственные сети какого класса являются исходными

для опорных сетей на карьере?

3. Назовите методы построения и основные характеристики опорных сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов.

4. Как определяется количество пунктов опорных сетей на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия?

5. Какие требования предъявляются к измерению горизонтальных углов в триангуляции 1-го и 2-го разрядов?

6. Какие требования предъявляются к опорным сетям, создаваемым методом полигонометрии.

7. Какими знаками закрепляются пункты опорных сетей 4-го класса и 1-го и 2-го разрядов?

8. Какими требованиями руководствуются при построении опорных сетей, при планировании работ по ее пополнению и реконструкции?

9. Что является основой для высотных опорных сетей на карьере?

10. Назовите методы построения и основные характеристики высотных опорных сетей на карьерах.

Раздел 4.1. Классические способы созидания съемочных сетей:

1. Что является основой построения и развития съемочных сетей на карьерах?

2. От чего зависит выбор способа и схемы расположения пунктов и точек съемочного обоснования?

3. Как определяется количество основных пунктов и съемочных точек?

4. Какая допустимая средняя квадратическая погрешность положения пункта съемочного обоснования относительно ближайшего пункта опорной сети?

5. Как закрепляются пункты и точки съемочного обоснования?

6. Какие требования предъявляются к аналитическим сетям как к методу съемочного обоснования?

7. Какие предъявляются требования и существуют варианты решения теодолитных ходов при создании съемочных сетей?

8. Назовите условия применения и способы решения прямой

геодезической засечки.

9. Назовите условия применения и способы решения обратной геодезической засечки.

10. Назовите условия применения и способы решения линейной геодезической засечки.

11. Назовите условия применения и способы решения азимутальной засечки.

12. Назовите условия применения и способы решения полярной засечки (полярный способ определения координат).

13. Что представляет собой способ создания съемочного обоснования - прямоугольные (эксплуатационные) сетки?

14. При каких условиях применяется аналитическая фототриангуляция как способ создания съемочного обоснования?

15. Какие существуют способы определения высот пунктов съемочного обоснования"?

Раздел 4.2. Применение спутниковой геодезии на карьерах и разрезах:

1. Из каких сегментов состоит спутниковая система?

2. Объясните схему определения пространственных координат точки комплексом спутниковой геодезии.

3. Назовите основной принцип технологии дифференциальной съемки для определения точных координат точки.

4. Что такое вектор и геодезическая линия в эллипсоиде WGS-84?

5. Назовите основные технологии спутниковых съемок.

6. Назовите основные типы спутниковых приемников.

7. Как производится учет геометрии взаимного расположения спутников?

Раздел 4.3. Анализ точности и проектирование маркшейдерских сетей на карьерах;

1. Чему на местности равняется ошибка положения пункта съемочной сети при масштабе съемки 1:500?

2. Что такое «анализ точности сети» и какие задачи он решает?

3. От чего зависит ошибка положения последней точки линейно-углового хода?

4. Назовите критерии прямолинейности и равносторонности хода.

5. Укажите законы накопления ошибок в нивелирном ходе для условий равнинной и гористой местности.

6. Как выбрать нивелир для сети IV класса?

7. Назовите источники возникновения ошибок при тригонометрическом нивелировании.

8. От чего зависит точность геодезической засечки?

9. Назовите источники ошибок при спутниковом позиционировании.

10. Что такое «геометрический фактор» и как он используется при проектировании измерений?

11. Каким образом избавляются от влияния внешних условий на точность спутникового позиционирования?

12. Назовите основные составляющие технического проекта создания маркшейдерской сети.

13. Для чего нужны избыточные измерения и как они предусматриваются в проекте сети?

14. Как решаются прямая и обратная задачи при анализе проекта сети?

15. В чем отличие между априорной и апостериорной ошибками единицы веса?

Раздел 5. Съемочные работы на карьерах и разрезах:

1. Какие цели и задачи маркшейдерской съемка карьеров?

2. Какими способами выполняется маркшейдерская съемка на карьерах?

3. Перечислите основные требования, предъявляемые к съемке контуров горных выработок.

4. Характеризуйте схему и методику способа перпендикуляров (ординатного способа съемки).

5. Объясните схему и методику тахеометрической съемки.

6. Объясните основной принцип и методику выполнения стереофотограмметрической съемки.

7. Перечислите виды стереофотограмметрической съемки в

горном деле при открытом способе разработки.

8. Назовите предпосылки создания систем лазерного сканирования.

9. Каков принцип работы лазерного сканера?

10. Каков принцип обработки результатов лазерного сканирования?

11. Перечислите приборное обеспечение технологии лазерного сканирования.

12. Укажите возможности практического применения систем лазерного сканирования.

13. Объясните мониторинг состояния, геологического картирования откосов карьера при использовании лазерного сканирования.

14. Каков принцип замеров и вычисления объемов горных масс при помощи технологии лазерного сканирования?

Раздел 6. Маркшейдерское обеспечение горно-строительных работ в карьере:

1. Перечислите документы технического проекта на проходку траншей.

2. Какие маркшейдерские работы выполняются при проходке траншей?

3. Назовите способы задания направления трассы траншей в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

4. Перечислите исходные проектные материалы, на основе которых производится разбивка транспортных путей.

5. Какие маркшейдерские работы при строительстве карьерных железнодорожных путей?

6. Каковы порядок и методика разбивки осей, вынос вершин углов поворота транспортных путей в горизонтальной плоскости?

7. Каковы порядок и методика разбивки трассы пути в вертикальной плоскости?

8. Назовите способы разбивки криволинейных участков транспортных путей.

9. Перечислите основные требования, предъявляемые к буровзрывным работам в карьере.

10. Какие маркшейдерские работы проводятся при состав-

лении плана-проекта (плана-задания) на буровзрывные работы?

11. Перечислите маркшейдерские работы до и после взрыва горного массива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Певзнер, М. Е.* Маркшейдерия: учебник для ВУЗов / М. Е. Певзнер [и др] – М.: МГГУ, 2003. – 419 с.

2. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр. Утверждено Постановлением Госгортехнадзора от 22.05.01, № 18.

3. *Инструкция по производству маркшейдерских работ*. Серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. М. 2003. 118 с.

4. *Оглоблин, Д. Н*. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1981. 704 с.

5. *Справочник по маркшейдерскому делу* /Под ред. А. Н. Омельченко. М.: Недра, 1979. 576 с.

6. *Терминологический словарь по маркшейдерскому делу* / Под ред. А. Н. Омельченко. М.: Недра, 1987. 191 с.

7. *Дементьев, В. Е.* Современная геодезическая техника и её применение: Учебное пособие для вузов./ В. Е. Дементьев. – Изд. 2-е. – М.: Академический Проект, 2008. – 591 с.

8. *ГКИНП (ОНТА)-01-271-03.* Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. - М.: ЦНИИГАиК, 2003, 65 с.

9. *Официальный сайт Федерального космического агентства «Информационно-аналитический центр»:* http://www.glonass-ianc.rsa.ru

10. *Серапинас, Б. Б.* Глобальные системы позиционирования: Учеб. Изд. / Серапинас Б. Б. – М.: ИКФ «Каталог», 2002. – 106 с.

11. *РТМ 68-14-01.* Руководящий технический материал. Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения. М.: ЦНИИГАиК, 2001. - 14 с.

12. *Поклад, Г. Г.* Геодезия: Учебное пособие для вузов/ Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2007. – 592 с.

13. *Ворошилов, А. П.* Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: Учебное пособие. / Ворошилов А. П. – Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007. – 163 с.

14. *Michael Shaw (Министерство транспорта США)*, *Kanwaljit Sandhoo (Корпорация MITRE, CAASD)*, *David Turner (Аэрокосмическая корпорация.)* Модернизация системы глобального позиционирования (GPS). Перевод статьи опубликованной в GPS World, Октябрь 2000 г. Перевод выполнен "Навгеоком" © 2001.

15. *Инженерная геодезия* /под ред. Д. Ш. Михелёва Е. Б.– 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.

16. *Голубко, Б. П.*, *Панжин А. А.* Маркшейдерские работы при разработке месторождений открытым способом: Учебное пособие / Голубко Б. П. - Екатеринбург: УГГУ, 2004. - 154 с.

17. *Соловьёв, Ю. А.* Системы спутниковой навигации / Соловьёв Ю. А. – М.: Эко-Трэндз, 2000. – 270 с.

18. *Клепко, В. Л.* Глобальные навигационные спутниковые системы, их применение в геодезии: Учебное пособие / Клепко В. Л. - Екатеринбург: УГГУ, 2008. – 146 с.

19. *Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геолого-разведочных работ*. Министерство природных ресурсов РФ, 1996, 45 с.

20. *ГКИНП (ОНТА)-02-262-02.* Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Утверждена Федеральной службой геодезии и картографии России 18.01.02 г. – М.: ЦНИИГАиК, 2002.

21. *Руководство пользователя программного обеспечения* «Trimble Geomatics Office». Том «Wave Baseline Processing». Версия 1.50. Вариант А. – США. Trimble Navigation, 2001. – 84 с.

22. *Официальный сайт ФГУП* "Госземкадастрсъемка" – ВИСХАГИ: http://www.vishagi.com.

23. *http://www.gps.ru*

24. *Маркшейдерское дело*: Учеб. для вузов. – В двух частях / под ред. И. Н. Ушакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – Часть 2 / А. Н. Белоликов, В. Н. Земисев, Г. А. Кротов и др. – 437 с.

25. *Маркшейдерская энциклопедия* / Гл. ред. Л. А. Пучков. – М.: Мир горной книги, 2006. – 605 с.

26. *Гордеев, В. А.* Теория ошибок измерений и уравнительные вычисления. Учебное пособие / Гордеев В.А., 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. - 429 с.

27. *Гордеев, В. А*., *Раева О. С*. Анализ точности вытянутых теодолитных ходов / Гордеев В. А. // Известия УГГГА. – Сер. Горное дело. Вып.11. 2001. – С.231-239.

28. *ГКИНП (ГНТА)-03-010-02.* Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов – М.: Роскартография, 2003. – 134 с.

29. *Гордеев, В. А., Раева О. С.* Об уравнивании обратной угловой засечки / Гордеев В. А. // Маркшейдерский вестник. – № 1. – 2005. – С. 55-57.

30. *Селиханович, В .Г.* Геодезия: Учеб. для вузов / Селиханович В.Г., Ч. 2 – М.: Недра, 1981. 544 с.

31. *Гордеев, В. А*. Обобщенная формула оценки точности геодезических засечек / Гордеев В. А. // Состояние и перспективы развития маркшейдерского дела на Урале: Материалы Международной научно-практической конференции, 9-12 ноября 2005 г. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – С. 124-130.

32. *Яценков, В. С.* Основы спутниковой навигации. / Яценков В. С. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. – 272 с.

33. *Клепко, В. Л., Александров А. А.* Высшая геодезия: Учебное пособие./ Клепко В. Л. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 215 с.

34. *Попов, И. И, Немкин А. Ф.* Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горных предприятиях./ Попов И. И, Немкин А. Ф. – М.: Недра, 1984. – 184 с.

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Е.В. АНДРЕЕВА,
С.М. АБРАМОВ

ИСТОРИЯ

Учебно - методическое пособие
для организации самотоятельной работы
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2020

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

1. **Учебно-методический комплекс дисциплины «История»** составлен в соответствии с требованиями **Федерального государственного образовательного стандарта** (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) высшего профессионального образования к освоению основных образовательных программ

2. Требования к уровню подготовки студентов

Для успешного освоения дисциплины студенты должны обладать следующими *общекультурными* компетенциями:

✓способностью владеть культурой мышления, целостной системой научных знаний об окружающем мире, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1);

✓готовностью использовать базовые положения гуманитарных наук при решении социальных и профессиональных задач (ОК-2);

✓ способностью к анализу социально значимых процессов и явлений, к ответственному участию в общественно-политической жизни (ОК-5);

✓готовностью к восприятию культуры и обычаев других стран и народов, с терпимостью относиться к национальным, расовым, конфессиональным различиям, способностью к межкультурным коммуникациям (ОК-7).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В ходе изучения дисциплины студенты осваивают следующие *общекультурные* компетенции:

- обладают знанием базовых ценностей мировой культуры и готовы опираться на них в своем личном и общекультурном развитии (ОК-2);
- обладают способностью понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы (ОК-3);
- умеют анализировать и оценивать исторические события и процессы в их динамике и взаимосвязи (ОК-4);
- обладают способностью к социальному взаимодействию на основе принятых моральных и правовых норм, социальных стандартов; демонстрировать уважение к людям, толерантность к другой культуре, готовность к поддержанию партнерских отношений (ОК-8).

В результате освоения компетенций студенты:

знают

- основные факты, явления, процессы, понятия, теории, гипотезы, характеризующие целостность исторического процесса;

- периодизацию отечественной истории (основные закономерности и этапы исторического развития общества);

- особенности процессов социально-экономического, административно-политического и духовного развития Российского государства;

- современные версии и трактовки важнейших проблем отечественной и всемирной истории;

- историческую обусловленность формирования и эволюции общественных институтов, систем социального взаимодействия, норм и мотивов человеческого поведения;

- взаимосвязь и особенности истории России и мира; всемирной, региональной, национальной и локальной истории;

- методы исторического анализа (теоретические основы в области источниковедения и историографии для объективной оценки достижений выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории);

- роль России в мировом сообществе;

умеют

- пользоваться источниками информации (проводить комплексный поиск исторической информации в источниках разного типа; критически анализировать источник исторической информации (характеризовать авторство источника, время, обстоятельства и цели его создания);

- анализировать историческую информацию, представленную в разных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд);

- различать в исторической информации факты и мнения, описания и объяснения, гипотезы и теории;

- устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых исторических процессов и явлений;

- систематизировать разнообразную историческую информацию на основе своих представлений об общих закономерностях всемирно-исторического процесса;

- формировать собственный алгоритм решения историко-познавательных задач, включая формулирование проблемы и целей своей работы, определение адекватных историческому предмету способов и методов решения задачи, прогнозирование ожидаемого результата и сопоставление его с собственными историческими знаниями;

- участвовать в групповой исследовательской работе, определять ключевые моменты дискуссии, формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, использовать для ее аргументации исторические сведения, учитывать различные мнения и интегрировать идеи, организовывать работу группы;

- представлять результаты индивидуальной и групповой историко-познавательной деятельности в формах конспекта, реферата, исторического сочинения, резюме, рецензии, исследовательского проекта, публичной презентации;

владеют

- методами сбора, обработки и анализа информации (могут использовать при поиске и систематизации исторической информации методы электронной обработки, отображения информации в различных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд) и перевода информации из одной знаковой системы в другую);

- навыками исторического анализа при критическом восприятии получаемой извне социальной информации;

- собственной позицией по отношению к явлениям современной жизни, исходя из их исторической обусловленности;

- навыками участия в дискуссиях по историческим проблемам, могут формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации исторические сведения;

- нормами взаимодействия и сотрудничества; толерантностью, социальной мобильностью, осознают себя как представителей исторически сложившегося гражданского, этнокультурного, конфессионального сообщества, граждан России.

3. Технологии обучения

В преподавании используются методы активного обучения (работа в малых группах, тестирование), IT-технологии (лекции-визуализации), а также проблемное обучение (лекции-дискуссии).

5. Учебные материалы и методические разработки

Для реализации методов активного обучения используются: аналитические задания, сценарии дискуссий, тестовые задания, презентации.

6. Контрольно-измерительные материалы

В качестве оценочных средств используются: рефераты, доклады, презентации; тесты (открытые, закрытые, на сопоставление), контрольные работы.

Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

максимальной учебной нагрузки обучающегося 164 часа, в том числе:

обязательной аудиторной нагрузки обучающегося 114 часов;

самостоятельной работы обучающегося 50 часов.

II. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПО МОДУЛЯМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Учебно-тематический план занятий студентов очной формы обучения

Таблица 1:

№ п/п	Учебный модуль дисциплины	Всего часов (акад.)	Аудиторная работа (в акад. час.)		Самостоятельная работа (в акад. часах)
			Лекции	Семинары	
1.	Введение в курс «История России»	6	1	1	4
2.	История России с древнейших времен по XIX в.	24	7	3	14
3.	История России в начале XX в.	21	8	3	10
4.	История России во второй половине XX в.	21	8	3	10
	ИТОГО:	72	24	10	38

Учебно-тематический план занятий студентов заочной формы обучения

Таблица 2:

№ п/п	Учебный модуль дисциплины	Всего часов (акад.)	Аудиторная работа (в акад. час.)		Самостоятельная работа (в акад. часах)
			Лекции	Семинары	
	Введение			-	
	История России с древнейших времен по XIX в.				
	История России в начале XX в.				
	История России во второй половине XX в.				
	ИТОГО:	72	6	4	62

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Модуль, тема дисциплины	Содержание тем в дидактических единицах
Модуль 1. Введение в курс «История»		
1.	Тема 1.1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории	История как комплекс наук, ее основные разделы. **Сущность, формы, функции исторического знания**. Концепции исторического процесса: цивилизационный, модернизационный, формационный, либеральный пути развития. **Понятие и классификация исторического источника**. **Методы и источники изучения истории**. Вспомогательные исторические дисциплины. **Отечественная историография в прошлом и настоящем: общее и особенное**. **Методология и теория исторической науки**. **История России – неотъемлемая часть всемирной истории**. Факторы своеобразия российской истории: природно-климатический, геополитический, этно-конфессиональный, социокультурный.
Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.		
2.	Тема 2.1. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян	Праславянские племена и индоевропейцы. Аркаим. Древние народы на территории нашей страны. **Античное наследие в эпоху Великого переселения народов. Проблема этногенеза восточных славян**. Миграционные и автохтонная теории происхождения славян. Влияние античности на славянскую общность. Венеды, анты, склавины. Складывание славяно-русского этноса. Предпосылки создания Древнерусского государства. **Основные этапы становления государственности**. Варяги и Рюрик. Норманнская и антинорманнская теории. Проблема происхождения названия «Русь». Признаки государственности в среднем Поднепровье и в северном регионе в середине IX в. Объединение Киева и Новгорода под властью Олега. **Особенности социального строя Древней Руси. Византийско-древнерусские связи**. **Древняя Русь и кочевники**.
3.	Тема 2.2. Киевская Русь	**Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности**.

		Первое древнерусское государство – Киевская Русь. Внутренняя политика первых киевских князей. Русь и Хазарский каганат. Формирование системы государственного управления. Полюдье. Княгиня Ольга. Святослав и его походы. Владимир I. **Причины и последствия христианизации Руси. Распространение ислама.** Борьба за власть сыновей Владимира Святославича. Ярослав Мудрый. Любечский съезд князей. Владимир Мономах. Социальная структура Древнерусского государства. «Русская Правда». Проблема феодализма и феодальных отношений применительно к Киевской Руси. **Эволюция восточнославянской государственности в XI-XII вв.** Культура Киевской Руси.
4.	Тема 2.3. Русь в эпоху феодальной раздробленности	**Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв**. Предпосылки распада Киевской Руси и начала феодальной раздробленности. Основные феодальные центры. Новгородская боярская республика: географическое положение, хозяйство, государственное устройство. Владимиро-Суздальская Русь: географическое положение, хозяйство, причины формирования неограниченной власти владимирских князей. Юрий Долгорукий, Андрей Боголюбский, Всеволод Большое Гнездо. Галицко-Волынская земля: географическое положение, экономическое развитие, особенности политической жизни. Роман Мстиславич, Даниил Романович. Киевская земля в период феодальной раздробленности. Культура русских земель в период XII – начала XIII вв. Последствия раздробленности.
5.	Тема 2.4. Борьба русских земель с внешними вторжениями в XIII в.	Монголо-татарское нашествие. Держава Чингисхана. Завоевательные походы монголов. Битва на р. Калке. Нашествие Батыя на Русь. Проблемы сущности и характера «монголо-татарского ига»**. Золотая Орда и русские княжества: проблемы взаимовлияния**. Последствия монголо-татарского нашествия. **Россия и средневековые государства Европы и Азии**. Борьба с агрессией немецких и шведских феодалов. Причины вторжения на Русь немецких рыцарей. Оборона северо-западных рубежей русских земель. Невская битва. Александр Невский как военачальник и государственный деятель. Ледовое побоище. Последствия борьбы с немецкой и шведской агрессией.
6.	Тема 2.5. Складывание Московского государства в XIV - XVI в.	Экономическое, социальное и политическое развитие русских земель на рубеже XIII – XIV вв. **Специфика формирования единого российского государства.** Обособление Северо-Восточной Руси. Предпосылки объединения русских земель. Выделение трех центров формирования возможной государственности: Московского, Тверского и Великого княжества Литовского. **Причины и условия возвышения Москвы.** Иван Калита и его сыновья. Дмитрий

		Иванович Донской. Куликовская битва и ее историческое значение (1380 г.). Роль церкви в борьбе с монголо-татарским игом. Сергий Радонежский. Рост национального самосознания. Феодальная война в Московском княжестве. Завершение объединения русских земель (XV – нач. XVI в.). Правление Ивана III. Свержение монголо-татарского ига. Стояние на р. Угре (1480 г.). Присоединение Ярославля, Твери, Новгорода и других территорий к Московскому государству. Социальные процессы в Московском государстве. Начало оформления крепостного права. Формирование идеологии самодержавия «Москва – третий Рим». Государство и церковь в конце XV – нач. XVI в. Дискуссии между иосифлянами и нестяжателями. Иван IV, его оценки в исторической литературе. Социальная и политическая борьба в XVI в. Начало деятельности Земских соборов. Период внутренних преобразований в эпоху Избранной рады. Внешнеполитическая деятельность Ивана IV. Присоединение Казани и Астрахани. Ливонская война. Начало присоединения Сибири. Утверждение идеи неограниченной власти в общественном сознании. Опричнина. Дискуссии в исторической науке о причинах и сущности опричнины. Итоги деятельности Ивана Грозного. Царь Федор Иоаннович и его правление. Борис Годунов и его деятельность. Итоги развития Русского государства в XVI в.
7.	Тема 2.6. Русское государство в XVII в.	Смута. Власть и общество в смутное время. Крестьянское выступление И. Болотникова. Самозванчество: Лжедмитрий I и Лжедмитрий II. Царь Василий Шуйский. Польская и шведская интервенция. Формирование народных ополчений. Д.Пожарский и К.Минин. Земский собор 1613 г. и начало династии Романовых. Последствия Смутного времени: экономические и социальные процессы в русском государстве. Вотчинное хозяйство, развитие мелкотоварного производства и появление мануфактур. Политика государства в сфере экономики. **Эволюция форм собственности на землю**. **Структура феодального землевладения**. **Формирование сословной системы организации общества**. **Крепостное право в России**. Земский собор 1649 г., его значение. **Складывание русского абсолютизма, его особенности.** Реформы Алексея Михайловича и Федора Алексеевича. Государство и церковь. Патриарх Никон. Церковный раскол. Соляной и медный бунты. Крестьянская война под руководством С. Разина. Внешняя политика Московского государства в XVII в. Тенденции культурного развития в XVII в.
8.	Тема 2.7. Россия в XVIII в.	Предпосылки преобразований первой четверти XVIII в. Северная война 1700-1721 гг. **Реформы Петра I**. Эпоха «дворцовых переворотов»: политические и социально-

		экономические процессы. Екатерина I и Меньшиков. Петр II. Анна Иоанновна. «Бироновщина». Елизавета Петровна. Петр III. Манифест о вольности дворянства. **Век Екатерины II**. Крестьянская война под руководством Е. Пугачева. 1773-1775 гг. Жалованная грамота дворянству и Жалованная грамота городам. Результаты деятельности Екатерины II. Русско – турецкие войны. Павел I: особенности внутриполитического курса. Причины его свержения. **Дискуссии о генезисе самодержавия.**
9.	Тема 2.8. Россия в перв. пол. XIX в.	Россия в первой четверти XIX в. **Особенности и основные этапы экономического развития России**. Александр I. Особенности либеральных реформ. Проекты М.М. Сперанского. Отечественная война 1812 г.: причины, ход событий, последствия. Заграничные походы русских войск. Декабристы: «Южное» и «Северное» общества. Проекты конституционных преобразований Н.М.Муравьева и П.И.Пестеля. Исторические последствия движения декабристов. Эпоха Николая I. Противоречивость внутренней политики. Консервативная модернизация. Укрепление полицейско-бюрократического аппарата. Начало промышленного переворота. **Общественная мысль и особенности общественного движения России XIX в**. Крымская война.
10.	Тема 2.9. Россия во втор. пол. XIX в.	Александр II. Подготовка крестьянской реформы. Сущность и последствия отмены крепостного права. Земская, судебная, городская, военная реформы и реформы в сфере просвещения и печати. Последствия преобразований. Идейно-политическая борьба в пореформенной России. «Земля и воля». Народовольцы. Убийство Александра II. Александр III и «эпоха контрреформ». Экономическое и социальное развитие в пореформенной России. **Становление индустриального общества в России: общее и особенное.** Появление марксизма в России: Г.В.Плеханов, В.И.Ленин. **Реформы и реформаторы в России**. **Русская культура XIX в. и ее вклад в мировую культуру**.
		М
11.	Тема 3.1. Россия в начале XX в.	**Роль XX столетия в мировой истории. Глобализация общественных процессов. Проблема экономического роста и модернизации. Революции и реформы. Столкновение тенденций интернационализма и национализма, интеграции и сепаратизма, демократии и авторитаризма.** **Россия в начале XX в**. **Объективная потребность в индустриальной модернизации России**. Экономическое и социальное развитие страны. Николай II. Деятельность С.Ю.Витте. **Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика**. Внешняя политика страны в начале XX в.

		Русско-японская война. Первая русская революция: причины, ход событий, последствия. Манифест 17 октября. Создание либеральных партий. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика. Деятельность П.А.Столыпина. Аграрная реформа. Деятельность Государственной Думы. **Российские реформы в контексте общемирового р** **а**Международные противоречия в начале XX в. Причины **1**Первой мировой войны. **Россия в условиях мировой войны и общенационального кризиса**. Февральская **революция 1917 г**. Борьба за выбор путей развития **с**страны в марте – октябре 1917 г. Апрельский, июньский, **и**июльский кризисы Временного правительства. **я**Корниловский мятеж. Большевизация Советов. Октябрьская революция: дискуссии о причинах, **в**характере и последствиях. Судьба Учредительного собрания. **Гражданская война и интервенция, их р**езультаты и последствия. Российская эмиграция. **а**Начало складывания советской государственности.
12.	Тема 3.2. Советское государство в 1920 – 1930-е гг.	Советское государство после окончания Гражданской войны: **социально-экономическое развитие страны в 1920-е гг. Новая экономическая политика**. **Образование СССР**. «Политическое завещание» В.И.Ленина и его судьба. Л.Д.Троцкий. И.В.Сталин. Хозяйственные, социальные и идеологические сдвиги в стране в 1920-е гг. Внутрипартийная борьба в 1920-е гг. Альтернативы развития страны. **Формирование однопартийного политического режима**. Сталинская модель модернизации страны - «Большой скачок» (1928-1939 гг.). **Социально-экономические преобразования в 1930-е гг.** Индустриализация страны. Первые пятилетки. Коллективизация сельского хозяйства. Административно-командные методы ее осуществления. **Культурная жизнь страны в 1920-е гг. Усиление режима личной власти И.В.Сталина**. **Курс на строительство социализма в одной стране и его последствия**. Складывание советского тоталитаризма. Репрессии. **Сопротивление сталинизму**. **Внешняя политика Советской России и СССР в 1920-1930-е гг**.
13.	Тема 3.3. СССР в годы Второй мировой войны	**СССР накануне и в начальный период Второй мировой войны**. Советско-германский пакт о ненападении. Внешняя политика СССР в условиях начавшейся войны**. Великая Отечественная война (1941-1945 гг.**). Дискуссии о причинах и характере войны. Боевые действия в июне 1941 – осенью 1942 гг. Битва за Москву. Оборона Ленинграда. Коренной перелом в ходе войны. Сталинград. Курская битва. Советский тыл в годы войны. Государство и общество. Завершение Великой Отечественной войны. Боевые действия в 1944-1945 гг. Разгром Германии. Разгром Японии. Окончание Второй мировой войны. Итоги и

		уроки войны.
	М	
14.	Тема 4.1. СССР в 1945-1964 гг.	**Социально-экономические последствия Великой Отечественной войны**. **Страна в послевоенный восстановительный период**. Начало «холодной войны». Смерть И.В.Сталина и борьба за власть в высшем партийно-государственном руководстве страны. Н.С.Хрущев. XX съезд КПСС, осуждение культа личности Сталина. Курс на построение коммунистического общества. Социально-экономическое развитие страны в конце 1950 - начале 1960-х гг. Противоречивость и непоследовательность политики Н.С.Хрущева. Духовное развитие советского общества. «Оттепель». **Внешняя политика в 1950-1960-х гг**. **Холодная война**.
15.	Тема 4.2. Советское общество в эпоху «застоя»	**Попытки осуществления политических и экономических реформ**. Поиски новых форм и методов управления. **НТР и ее влияние на ход общественного развития**. **СССР в 1960-80-е гг.: нарастание кризисных явлений**. Бюрократизация партийного и государственного аппарата. Л.И.Брежнев. Концепция «развитого социализма». Противоречивость духовной жизни общества. Диссидентское движение: А.Д.Сахаров, А.И.Солженицын. Приход к власти Ю.В.Андропова. «Мини-застой» К.У.Черненко. Внешняя политика в эпоху «разрядки» и начало новой конфронтации с Западом.
16.	Тема 4.3. СССР в сер. 1980-х – начале 1990-х гг.	**Советский Союз в 1985-1991 гг**. М.С.Горбачев: динамика политических взглядов и позиций. **«Перестройка»**: сущность и этапы. КПСС и реформы. Утверждение многопартийности. Политические партии и их лидеры. Размежевание общества на основе политических воззрений и идеалов. Обострение национальных противоречий. Духовная культура в новых условиях. «Новое политическое мышление». Кризис политики «перестройки». **Попытка государственного переворота 1991 г. и ее провал**. **Распад СССР**. **Беловежские соглашения**.
17.	Тема 4.4. Современная Россия	Начало радикальных социально-экономических преобразований. Б.Н.Ельцин. Либерализация цен и ее последствия. Приватизация государственной собственности. Рост социального расслоения в обществе. Поляризация политических сил. Противостояние законодательной и исполнительной власти в **октябре 1993 г.** Конституция РФ 1993 г. **Становление новой российской государственности (1993-1999 гг.)**. Россия и субъекты Федерации. Война в Чечне. Россия и мировое сообщество. Экономический кризис 1998 г. Уход Б.Н.Ельцина. Президентские выборы 2000 г. В.В.Путин. **Россия на пути радикальной социально-экономической модернизации**.

		Культура в современной России. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.

СОДЕРЖАНИЕ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задачи семинарских занятий:

В ходе работы на занятиях студенты научатся практически применять приобретенные теоретические знания:

1) вести дискуссии по проблемным вопросам курса;
2) осознавать взаимосвязь прошлых и настоящих событий;
3) критически относиться к различным аспектам развития общества;
4) вырабатывать и формулировать собственную точку зрения по той или иной проблеме;
5) видеть и оценивать значимость экономического, политического, социального и культурного окружения, в котором осуществляется образование или работа;
6) аргументировать свои ответы на поставленные вопросы;
7) оценивать и формировать социальные привычки, связанные со здоровьем, потреблением, сохранностью окружающей среды.

Модуль 1. Введение в курс «История»

Тема 1.1. История как наука и учебная дисциплина

1. Место истории в системе наук. Специфика исторического знания.
2. Исторический источник.
3. Концепции (интерпретации) исторического процесса.
4. Всеобщая история и Отечественная история.
5. Историография отечественной истории.

Основные понятия:

История, этнос, менталитет, государство, цивилизация, формация, классы.

Вопросы:

1. Что означает понятие «история»? Для чего необходимо знать историю?
2. Какими основными источниками пользуются в познании истории? Каких русских историков вы знаете? Как они трактуют значение истории, выделяют ее периодизацию?
3. Какова периодизация истории России? Какие этапы всемирной истории совпадают с хронологическими рамками истории России?
4. Назовите факторы и особенности российского исторического процесса. В чем причины чрезмерной роли государства в истории России?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место и роль России в мировом сообществе;
- ✓ узнают периодизацию истории России;
- ✓ получат представление об особенностях российского исторического процесса.

Литература

Основная:

1. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.

История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – С. 5-18.

. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.I.- Глава 2-3. – С. 6-24.

Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – С. 15-49.

Дополнительная:

. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – С. 3-9.

5. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. - Глава 1. – С. 12-37.

6. Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- С.4-20.

7. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – С. 4-52.

Текущий контроль знаний:

Познавательная функция истории заключается в …

А) изучении и теоретическом обобщении исторических фактов и событий

Б) формирование нравственных и гражданских ценностей

В) формирование историзма мышления

Г) укрепление обороноспособности государства

Субъективистский подход к историческому процессу, отождествление истории России с историей самодержавия был характерен для …

А) Н.М. Карамзина

Б) В.О. Ключевского

В) А.А. Корнилова

Г) М.Н. Покровского

Историческая наука в СССР основывалась на _____ подходе к истории

А) марксистском

Б) эволюционном
В) теологическом
Г) субъективном

Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.

Тема 2.1. Восточные славяне и Киевская Русь

1. Этногенез восточных славян.
2. Быт, общественный строй и верования восточных славян в древности.
3. Норманнская и антинорманнская теории происхождения Древнерусского государства.
4. Киевская Русь: особенности социального и политического развития.
5. Древнерусская культура.

Основные понятия:

Этногенез, военная демократия, язычество, полюдье, варяги, вече, Боярская дума, «Русская Правда», вотчина, децентрализация, уделы, иго.

Вопросы:

1. Каково происхождение восточных славян? На какой территории они проживали и каким был общественный строй восточных славян?

2. Каковы точки зрения современных ученых на проблему образования Древнерусского государства?

3. Каким был экономический и политический строй Древнерусского государства?

4.Какое значение имело принятие христианства для Киевской Руси и последующей истории России?

5. Как развивалась внутренняя и внешняя политика киевских князей в IX-XII вв.? Почему на Руси установилось монголо-татарское иго?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ узнают теории этногенеза и теории образования древнерусского государства;
- ✓ получат представление о культурном влиянии Византии на Русь;
- ✓ осознают последствия монголо-татарского нашествия на Русь.

Литература

Основная:

. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 1. – С. 12-45.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел I. – Глава 1-3, 5-7. - С. 3-61, 78-106.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.II.- Глава 1-2. – С. 26-66.
. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 1. – С. 50-76.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 2. – С. 38-68.
. Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства. - М., 2006.
. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 5-64.
. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава I-IV. – С. 13-169.

Текущий контроль знаний:

1. **Заключение династических браков стало основным средством внешней политики Киевской Руси в годы правления …**
   А) Ярослава Мудрого
   Б) Владимира Крестителя
   В) Владимира Мономаха
   Г) Мстислава Великого

Памятником древнерусской литературы XII в., посвященным походу на половцев новгород-северского князя Игоря Святославича в 1185 году, является …

А) “Слово о полку Игореве”
Б) “Поучение Владимира Мономаха”
В) “Слово о погибели русской земли”
Г) “Сказание о Мамаевом побоище”

В 1223 г. первое сражение русских дружин с монголо-татарами произошло на реке …

А) Калке
Б) Дон
В) Угре
Г) Воже

Тема 2.2. Образование русского централизованного государства

1. Предпосылки образования Московского государства:
   а) экономические;

б) социальные;
в) политические;
г) причины возвышения Москвы.

2. Основные этапы централизации русских земель.
3. Государство и церковь в XV – нач. XVI вв.

Основные понятия:

Централизация, поместье, сословно-представительная монархия, Земский собор, «Москва – третий Рим», митрополит, крепостное право.

Вопросы:

1. Каковы были предпосылки и причины объединения русских земель? Почему борьба за объединение сопровождалась соперничеством между русскими княжествами?

Почему Москва стала центром объединения русских земель? Каков вклад Ивана Калиты в возвышение Москвы?

3. Какую роль сыграла Русская православная церковь в период ордынского ига и борьбы за единство русских земель? Почему сложился союз между церковью и московскими князьями?

4. В чем значение Куликовской битвы? Охарактеризуйте деятельность Дмитрия Донского. Почему объединение русских земель привело к разрушению традиций самоуправления?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место Московского княжества и роль московских князей в процессе объединения земель;
- ✓ получат представление о взаимоотношениях Москвы, Твери, Новгорода, Литвы;
- ✓ узнают этапы объединения русских земель вокруг Москвы.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-61.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 3-5. - С. 132-177.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 1. – С. 81-98.

Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 2. – С. 99-160.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 8-10. – С. 232-334.

Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.

7. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VI. – С. 241-302.

Текущий контроль знаний:

Основателем династии московских князей был …

А) Даниил Александрович
Б) Юрий Данилович
В) Алексей Михайлович
Г) Иван Данилович

2. Земельное владение, предоставляемое на условиях несения службы, называется …

А) поместьем
Б) вотчиной
В) уделом
Г) отрезком

3. Победа русского войска на Куликовом поле в 1380 г.:

А) полностью освободила Русь от ордынского ига
Б) была первой крупной победой русских в борьбе с Ордой
В) завершилась гибелью Дмитрия Донского
Г) усилила роль Москвы как центра объединения русских земель

Тема 2.3. Русское государство в XVI в.

1. Реформы Избранной рады.
2. Опричнина.
3. Русское государство в конце XVI в.
4. Внешняя политика в XVI в.

Основные понятия:

Венчание на царство, Избранная рада, реформа, Приказы, стрельцы, Стоглав, опричнина, губные избы, династический кризис.

Вопросы:

1. Какие реформы были проведены в середине XVI в.? Каковы их результаты?

2. Какова роль Ивана Грозного в укреплении самодержавия?

3. Что такое опричнина? В чем ее смысл? Почему она была отменена?

4. На каких направлениях внешней политики Россия достигла наилучших результатов? Почему?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль Ивана Грозного в установлении монархического правления;
- ✓ узнают последствия опричнины;
- ✓ смогут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 7. - С.83-104.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-47, 61-77.

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 6. - С. 178-212.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 2. – С. 99-121.

Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 185-238.

Дополнительная:

. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 12. – С. 352-396.

. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 68-86.

. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VII. – С. 303-339.

Текущий контроль знаний:

1. В 1552 г. к России было присоединено _____ ханство.

А) Казанское
Б) Астраханское
В) Сибирское
Г) Крымское

2. В 1551 г. был созван Собор русской церкви, получивший название …

А) Стоглавого
Б) Земского
В) Негласного
Г) Избранного

Результатами опричнины были:
А) принятие Соборного уложения
Б) экономический кризис в стране
В) завоевание Россией Сибирского ханства
Г) сокращение посевных площадей и голод
Д) установление режима неограниченной власти Ивана IV
Е) создание регулярной армии

3.

Тема 2.4. Россия в XVII в.

1. Причины, периодизация и последствия Смуты.
2. Социально-экономическое развитие России в XVII в.
3. Русское государство и его институты в XVII в. Возникновение русского абсолютизма.
4. Внешняя политика России в XVII в.

Основные понятия:

Смута, польско-шведская интервенция, крестьянская война, Семибоярщина, народное ополчение, Земский собор, сословно-представительная монархия, патриарх, бунты, тягло, урочные и заповедные лета, мануфактуры.

Вопросы:

1. Что такое Смутное время?
Какие страны и с какой целью предприняли в начале XVII в. интервенцию в Россию? Каковы последствия Смутного времени?
3. Что позволило отстоять независимость России?
4. С чем связано усиление роли Земских соборов в начале XVII в.?
5. Какова роль Русской православной церкви и ее деятелей в годы Смуты и после нее?
6. Почему вторую половину XVII в. называют «бунташным веком»?
7. С кем воевала Россия в XVII в.? Каковы результаты этих войн?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место социальных институтов (Земского собора, Боярской думы, патриарха и Русской православной церкви) в период Смуты и правления первых Романовых;
- ✓ узнают об основных изменениях в государственном управлении, об установлении крепостного права в России.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.
Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование,

– 668с. – Глава 8-9. - С. 105-128.
. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 3. – С. 78-118.
. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во П
История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 3. – С. 122-144.
Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 239-461.

Дополнительная:
История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2
Козляков В.Н. Марина Мнишек. - М., 2005.
Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. - М., 2006.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 87-
Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.
Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VIII-X. – С. 340-474.

Текущий контроль знаний:

Кодекс законов Российского государства, принятый Земским собором в 1648-1649 гг., называется …
А) Соборным уложением
Б) Судебником
В) Русской Правдой
Г) Конституцией

К причинам поражения восстания С. Разина относится …
А) стихийность и низкая организованность
Б) появление самозванцев
В) вмешательство интервентов
Г) смерть С. Разина

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с …

А) Речью Посполитой
Б) Швецией
В) Данией
Г) Австрией

Тема 2.5. Россия в XVIII в.

1. Реформы Петра I и их историческое значение.
2. Эпоха дворцовых переворотов.
3. «Просвещенный абсолютизм». Екатерина II.
4. Внешняя политика России в XVIII в.

Основные понятия:

Абсолютизм, империя, регулярное государство, Синод, Сенат, министерства, «Великое посольство», подушная подать, Табель о рангах, рекруты, ассамблеи, Кунсткамера, протекционизм, дворцовые перевороты, гвардия, Верховный Тайный совет, кондиции, «бироновщина», просвещенный абсолютизм, Уложенная комиссия, Жалованные грамоты дворянству и городам.

Вопросы:

1. Почему XVIII в. называют веком Просвещения и модернизации?
2. Каковы особенности складывания абсолютизма в России?
3. Каковы предпосылки реформ Петра I? Как Петр проводил реформы одновременно или в какой-то хронологической последовательности?
4. Что стало причиной Северной войны? Каковы ее последствия?
5. Почему после смерти Петра Великого происходили дворцовые перевороты?
6. Какие социально-экономические процессы происходили во время правления Екатерины II и Павла I? Каково значение крестьянской войны под предводительством Е. Пугачева?
7. Какие успехи были достигнуты во внешней политике во второй пол. XVIII в.?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль личности правителя для развития государства;
- ✓ имеют представление о дворцовых переворотах;
- ✓ знают основные реформы XVIII в. и их значение для становления абсолютизма в нашей стране;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2
0 История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям 0
для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 7
2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 4,5. – С. 119-150, 151-168.
. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел III. – Глава 3-5. - С. 305-438.
И История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б
Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава IV-V. –С. 92-124, 125-153.
Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.3. – С. 462-686.
Д
Е ***Дополнительная:***
История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Синбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 1, 3-4, 6-7, 10, 12-13. – С. 9-45, 74-97, 127-195, 216-267, 280-308.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 146-1
00. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава X-XII. – С.475-579.
2
о ***Текущий контроль знаний:***

Крестьянская война под руководством Е.И. Пугачева началась в _____ году.

А) 1773
Б) 1767
В) 1775
Г) 1785

В 1727-1730 гг. российским императором был внук Петра I …

А) Петр II
Б) Петр III
В) Иван V
Г) Иван VI

Назовите имя непримиримого противника церковной реформы XVII в.:

А) патриарх Никон
Б) митрополит Макарий
В) протопоп Аввакум

Г) Алексей Михайлович

Тема 2.6. Россия в первой половине XIX в.

1. Александр I и его преобразования. М.М.Сперанский.
2. Царствование Николая I.
3. Общественно-политические движения в первой пол. XIX в.
4. Внешняя политика России в первой половине XIX в.

Основные понятия:

Либеральные реформы, конституционализм, Гос. Совет, реакция, консерватизм, общественное движение, декабристы, западники, славянофилы, бюрократизация, кодификация, финансовая реформа Е. Ф. Канкрина.

Вопросы:

1. В чем суть государственных преобразований при Александре I в начальный период царствования? Какова роль в них М.М. Сперанского?

2. Почему «дней Александровых прекрасное начало…»? Что такое «Аракчеевщина», какие последствия она имела для развития государства?

3. Какие последствия для России имели Отечественная война 1812 г. и восстание декабристов?

4. Почему первую половину XIX в. называют «золотым веком» русской культуры?

5. В чем состоял кризис николаевской системы правления? Почему Россия потерпела поражение в Крымской войне?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение общественного движения XIX в.;
- ✓ знают основные либеральные реформы Александра I, реакционные м
- ✓ умеют отличать программные документы декабристов;
- ✓ знают главные достижения культуры «золотого века».

о

п

Литература

Основная:

История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», 2007. – 668с. – Глава 13-14. – С. 206-267.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 1-3. - С. 439-504.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 6. – С. 169-197.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 1-3. - С. 439-504.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б
Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Вкатеринбург, 2004. – Глава VI. – С. 154-192.
.

Дополнительная:

Л В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: иборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 107-ч
История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. ац
История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 1-3. – С. 5-124.
10. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 189-в
Р1. Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы. - СПб., 2004.

Текущий контроль знаний:

В 1809 г. по заданию Александра I проект преобразований в сфере государственного управления подготовил …

А) М.М. Сперанский
Б) Е.Ф. Канкрин
В) П.И. Пестель
Д) Н.М. Муравьев
:

В 1803 г. император Александр I издал указ о (об) …

А) вольных хлебопашцах
В) обязанных крестьянах
В) отмене крепостного права
Г) секуляризации церковных земель

Форма организации войск, появившаяся в период правления Александра I, при которой строевая служба совмещалась с ведением хозяйства, - это:

А) опричное войско
Б) Запорожская Сечь
В) стрелецкое войско
Г) военные поселения

Тема 2.7. Эпоха «Великих реформ»

1. Кризис феодально-крепостнической системы к середине XIX в.
2. Крестьянская реформа.

3. Буржуазные реформы 1860-1870-х гг. и их значение.
4. Общественно-политические движения в пореформенной России.

Основные понятия:

Буржуазия, капитализм, рабочий класс, промышленный переворот, крестьянская реформа, выкупные платежи, временнообязанные, уставные грамоты, крестьянская община, народничество, социал-демократия, контрреформы.

Вопросы:

1. Каковы предпосылки и идеология реформ Александра II?

2. В чем суть и каковы результаты крестьянской реформы 1861 г.?

3. Почему реформы 60-70-х гг. XIX в. называют либеральными? Какие изменения произошли в стране в итоге проведения земской, судебной, финансовой, образовательной и военной реформ?

4. Каковы были сильные и слабые стороны пореформенной модели развития России? В чем своеобразие российского капитализма?

Как развивалось общественное движение в России во второй половине XIX в.? Почему «царя-освободителя» убили в 1881 г.?

6. Почему Александр III проводил «контрреформы»? Каковы их цели и результаты? В чем суть курса, предложенного министром финансов С.Ю. Витте? Каковы итоги его «золотой» реформы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение «Великих реформ»;
- ✓ умеют отличать реформы и контрреформы;
- ✓ знают основные общественно-политические движения в пореформенной России.

Литература

Основная:

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 15-16. – С. 268-320.

2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 7. – С. 198-234.

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во П

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.IV.- Глава 4. – С. 234-248.

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VII. – С. 193-230.

6. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 4. – С. 293-340.

, ***Дополнительная:***

2
0
0

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. – Глава 6. – С. 179-200.
История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Цинбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 24-26. – С.

9. Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век. - М., 2006.
10. Юрьевская Е.М. Александр II.- М., 2004.

Текущий контроль знаний:

С отменой крепостного права связан термин …

А) заповедные годы
Б) урочные лета
В) присяжные заседатели
Г) временнообязанные крестьяне

Один из важнейших итогов Крестьянской реформы 1861 г.:

А) началась крестьянская война против царя и помещиков
Б) резко выросла производительность сельского хозяйства
В) были сняты препятствия для капиталистического развития России
Г) возрос экспорт хлеба

Укрепление российских финансов на рубеже XIX-XX вв. связано с именем …

А) С.Ю. Витте
Б) Е.Ф. Канкрина
В) Н.А. Милютина
Г) К.П. Победоносцева

Модуль 3. История России в начале XX в.

Тема 3.1. Создание Советского государства. Советская Россия и СССР в 1920-30-е годы

1. Великая русская революция начала XX в.
2. Гражданская война в России.
3. Этапы формирования советского авторитаризма и тоталитаризма. Особенности советского тоталитаризма.
4. Внешняя политика страны в 1920-1930-е гг.

Основные понятия:

Модернизация, революция, «Манифест 17 октября», конституционная монархия, политическая партия, Государственная дума, Прогрессивный блок, Антанта, аграрная реформа П.А. Столыпина, Советы, Учредительное собрание, «военный коммунизм», продразверстка, гражданская война, авторитаризм, тоталитаризм, Коминтерн, республика, индустриализация, коллективизация.

Вопросы:

1. Каковы причины революции 1905-1907 гг.? Какие позиции занимали в годы революции политические партии? В чем причины неудачи революции? В чем ее значение?
2.Как зародился парламентаризм в России? В чем суть аграрной реформы П.А. Столыпина? Каков ее ход и каковы результаты?
3. Почему Россия оказалась втянутой в Первую мировую войну? Каково значение участия России в мировой войне?
4. В чем причина свержения самодержавия? Что такое двоевластие? Как произошла Октябрьская революция? Почему большевикам удалось взять власть?
5. В чем причины гражданской войны? Почему большевики одержали победу?
6. Каковы причины перехода большевиков к новой экономической политике, а дальнейшем отказ Сталина от нее?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима и конституционной монархии;
- ✓ осознают роль политических партий в обществе;
- ✓ знают особенности становления многопартийной системы в России, основные события революции и гражданской войны;
- ✓ умеют отличать советский авторитаризм от тоталитаризма;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1894-1939 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2010. - 1023 с.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 8-9. – С. 559-591. - Раздел V. – Глава 1-4. – С. 591-658.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.V.- Глава 1-3. – С. 249-304. - Ч.VI. – Глава 1-2. – С. 305-336.

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VIII-IX. – С. 231-352.

Оськин М.В. История Первой мировой войны. – М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с. Глава 1-2. – С. 7-195.

Дополнительная:

7. Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце. - М., 2006.

. В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 23-50.
История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 13-14, 16-19. – С. 343-408,

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 1-3. – С. 10-112.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 234-

Текущий контроль знаний:

Созданная в октябре 1905 г. партия кадетов относилась к _____ направлению общественного движения.

А) радикальному
Б) либеральному
В) революционному
Г) охранительному

Союзником России в Первой мировой войне была …

А) Германия
Б) Австро-Венгрия
В) Болгария
Г) Великобритания

1 сентября 1917 г. Россия была провозглашена …

А) дуалистической монархией
Б) конституционной монархией
В) республикой
Г) федерацией советских республик

Тема 3.2. СССР в годы Второй мировой войны

1. Причины Второй мировой войны. СССР в начальный период мировой войны.
2. Начало Великой Отечественной войны, ее происхождение и характер. Этапы Великой Отечественной войны.
3. Власть и общество в годы войны. Исторические последствия Великой Отечественной войны.

Основные понятия:

Мюнхенский сговор», Лига наций, коллективная безопасность, пакт о ненападении, ГКО, антигитлеровская коалиция, план «Барбаросса»,

коренной перелом, партизанское движение, добровольцы, фашизм, ленд-лиз, безоговорочная капитуляция..

Вопросы:

1. Какая была международная обстановка в 1930-е гг. и какую внешнюю политику проводил Советский Союз? Почему СССР оказался участником Второй мировой войны? Какую цель преследовала Германия, нападая на СССР?

2. Каковы причины военных неудач СССР в 1941-1942 гг.? Почему советским войскам удалось победить под Москвой, Сталинградом, на Курской дуге?

3. Почему советско-германский фронт был решающим фронтом в годы Второй мировой войны?

4. Как сложилась антигитлеровская коалиция? Почему СССР победил в войне? Каковы были последствия этой победы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность фашизма;
- ✓ знают основных участников и периодизацию Второй мировой и Великой Отечественной войн;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России;
- ✓ осознают цену победы в войне.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава VIII. – С. 298-328.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 12. – С. 362-400.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 5. – С. 658-675.

. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VI.- Глава 3-4. – С. 337-

Дополнительная:

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Т.2. – Глава 20. – С. 619-656.

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 4. – С. 113-136.

Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное

пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 554-

Текущий контроль знаний:

Заключительной операцией Великой Отечественной войны стало в мае 1945 г. освобождение …

А) Минска
Б) Парижа
В) Праги
Г) Лондона

СССР был исключен из Лиги Наций в декабре 1939 г. в связи с нападением на …

А) Прибалтику
Б) Польшу
В) Финляндию
Г) Бессарабию

План германского командования под кодовым названием «Барбаросса» предусматривал …

А) захват Мурманска
Б) уничтожение Красной Армии под Курском
В) разгром Красной Армии под Сталинградом
Г) молниеносный разгром сил Красной Армии

Модуль 4. История России во второй половине XX в.

Тема 4.1-3. СССР в 1945 – 1991 гг.

1. Борьба за власть в советском руководстве на рубеже 1940-1950-х гг.
2. Реформы Н.С.Хрущева.
3. СССР в эпоху «застоя». Л.И.Брежнев. Поиск путей развития в первой половине 1980-х гг.
4. «Перестройка» в СССР. Причины неудавшегося реформирования советского общества.

Основные понятия:

Либерализация политического режима, , десталинизация, «оттепель», ГУЛАГ, реабилитация, НТР, «холодная война», косыгинская реформа, паритет, правозащитное движение, диссиденты, «развитой социализм», герантократия, разрядка, «новое политическое мышление», плюрализм.

Вопросы:

1. Какие задачи стояли перед экономикой страны после окончания войны? Насколько обоснованным было возвращение И.В. Сталина к довоенным методам руководства?

2. Какие изменения произошли после смерти И.В. Сталина во внутренней и внешней политике? С чем связана либерализация политического режима? Как развивалась экономика в 1950-60-е годы?

3. Что такое «эпоха застоя»? Какие изменения произошли в эти годы в экономическом, социальном, политическом развитии, во внешней политике?
4. Почему советское государство, добившись в 1960-70-е гг. в соревновании с капиталистическим миром паритета в военной области, не смогло добиться в это же время паритета в области экономики?
5. В чем причины перестройки? Каковы ее цели и результаты? Каковы объективные и субъективные причины распада СССР?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ умеют отличать реформаторские проекты Маленкова, Берии, Хрущева;
- ✓ понимают сущность политики «оттепели» и «развитого социализма»;
- ✓ знают события и результаты эпохи перестройки;
- ✓ осознают последствия августовского политического кризиса 1991 г.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.
Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава IX-XII. – С. 329-528.
. История России с древнейших времен до наших дней / Под ред. А.Н. Сахарова, Морозова Л.Е. М., 2008.
История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 13,14,15,16. – С. 401-427, 428-449, 450-474, 475-

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 6-9. – С. 675-731.
. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VI.- Глава 4-6. – С. 351-

Дополнительная:

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное п
История России с начала XIX до начала XXI вв. / Под ред. А.Н. Сахарова. – М
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 571-
и
2

Текущий контроль знаний:

Правящий слой, господствующий в бюрократической системе управления СССР в 1960-1980-е гг., назывался …

А) коллаборационистами
Б) общественниками
М
-
:
Т

В) шестидесятниками
Г) номенклатурой

Заключительный акт Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе, подписанный в Хельсинки в августе 1975 г., констатировал …
А) создание Совета Безопасности ООН
Б) окончание «холодной войны» между Востоком и Западом
В) нерушимость послевоенных границ в Европе
Г) создание в Европе системы коллективной безопасности

Одной из причин кризисных явлений в экономике СССР в 1970-е – первой половине 1980-х гг. было …
А) развитие предпринимательства
Б) создание частных банков
В) господство административно-командной системы
Г) создание валютных и других бирж

Тема 4.4. Современная Россия

1. Август 1991 г. и его последствия. Начало становления современной России.
2. Социально-экономические и политические преобразования 1990-х гг., их последствия.
3. Россия в начале XXI в. В.В.Путин.
4. Россия и современный мир: опыт конца XX – начала XXI в.

Основные понятия:

СНГ, приватизация, «шоковая терапия», ваучер, правовое государство, рыночная экономика, дефолт, «вертикаль власти», олигархи, глобализация, Совет Федерации, ВТО.

Вопросы:

1. Имелась ли возможность сохранить СССР, советский строй, социалистические производственные отношения в начале 1990-х гг.? Каковы проблемы и перспективы развития СНГ?
2. Какие реформы проводились в России после 1991 г.? В чем причины их неудач? Какие силы и партии участвуют в политической борьбе в современной России?
3. Какие события и действия властей способствовали укреплению российской государственности, развитию экономики страны на рубеже XXI в.? Какие задачи стоят перед современной Россией?
4. Какие трудности и противоречия выявились в процессе формирования в России рыночной экономики и правового государства в начале XXI в.?
5. Каковы место и роль современной России в международной политике?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима;

- ✓ знают основные вехи становления многопартийности и демократии в России;
- ✓ умеют различать ветви государственной власти в Российской Федерации;
- ✓ осознают необходимость модернизации современной России.

Литература

Основная:

1. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 17. – С. 500-534.
2. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 10. – С. 737-760.
3. История России с древнейших времен до наших дней: учебник / Н.Л. Клименко, В.Г. Кошкидько, С.В. Пронкин (и др.); под ред. А.В. Сидорова. – М.: Проспект, 2009.- 464с. – Глава 5. – С. 410-462.
4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VII.- Глава 2. – С.426-

Мотревич В.П. Экономическая история России. Екатеринбург, 2004. – Глава XVIII. – С. 559-592.
Семенникова Л.И. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 11. – С. 747-761.

Дополнительная:

История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – Ч. V. – Глава 20. – С. 385-417.
Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 7. – С. 188-213.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 614-

Текущий контроль знаний:

Договор о создании СНГ был подписан 8 декабря 1991 г. между:
А) РСФСР, Украиной и Белоруссией
Б) РСФСР, Грузией и Азербайджаном
В) РСФСР, Казахстаном и Белоруссией
Г) РСФСР, Татарстаном и Украиной

2. **Политический кризис 1992-1993гг. проявился в:**
А) противостоянии законодательной и исполнительной ветвей власти
Б) роспуске СССР и создании СНГ
В) принятии Федеративного договора

Г) переходе к рыночным отношениям

3.**Референдум о принятии Конституции РФ проходил одновременно с выборами в новый парламент:**
А) 19 августа 1991 г.
Б) 11 марта 1985 г.
В) 8 декабря 1991 г.
Г) 12 декабря 1993 г.

V. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ТЕКУЩЕЙ, ТВОРЧЕСКОЙ, ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ)

№ п/п	Формы организации	Формы контроля
1	Подготовка к семинарским работам, запоминание терминов, дат, известных личностей	Заполнение таблиц, диктанты
2	Выполнение проблемных, творческих заданий	Подготовка сообщений, докладов, презентаций
3	Работа с карто-схемой	Заполнение контурных карт , работа с атласами
4	Освоение тем, вынесенных на самостоятельное изучение	Собеседование, дискуссии, задания в тестовой форме
5	Структурирование информации	Схемы классификаций

VI. СОДЕРЖАНИЕ ТЕКУЩЕЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ПОДГОТОВКА К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ)

При изучении дисциплины студенты должны овладеть научными и прикладными знаниями в области истории Отечества. Для более успешного усвоения материала рекомендуется:

- систематически работать с учебной, прикладной, дополнительной литературой;
- применять полученные знания в процессе деловых игр и упражнений;
- использовать выдаваемый раздаточный материал;
- выполнять задания к семинарским занятиям;
- активно участвовать в лекционных и семинарских занятиях;
- выполнять промежуточные тестовые и контрольные задания по пройденным темам;
- использовать знания других дисциплин, близких по направленности с «Историей Отечества»;
- подбирать дополнительный материал на изученные темы.

Семинарские занятия являются формой организации самостоятельной работы студентов и активизации их познавательной самостоятельности.

Целью семинарских занятий является развитие интеллектуальных возможностей и способностей студентов, которые должны стать средством индивидуального освоения науки и культуры, основой профессиональной

компетентности и внутренним источником ее развития. Содержание семинарских занятий - совместное проективно-деятельностное решение студентами и преподавателем познавательных задач, возникающих в результате **проблематизации** учебного процесса.

В процессе семинарских занятий по дисциплине студент должен приобрести умения получать новые эмпирические, теоретические и аксиологические знания, их систематизировать и концептуализировать; оперировать базовыми понятиями, теоретическими и ценностными конструктами учебного курса; решать познавательные задачи; логично выстраивать устные и письменные тексты.

С целью приобретения навыков усвоения знаний эмпирического характера студенту предлагаются задания для самостоятельной работы, например, заполнить **таблицы тематического содержания** (см. табл. 1,2,3).

С целью приобретения умений систематизации и концептуализации исторических знаний студент должен научиться выстраивать **устные и письменные тексты** в соответствии с определенным алгоритмом, который предварительно разрабатывается самим преподавателем. Подобный алгоритм студент может использовать во время своего ответа как на экзамене, так и на семинарском занятии.

Таблица 1.

Политика правителей Киевской Руси

Правители	Внутренняя политика	Внешняя политика
Олег		
Игорь		
Ольга		
Святослав		
Владимир		
Ярослав Мудрый		
Владимир Мономах		

Таблица 2.

Основные события внешней политики России XVI-XVIII вв.

Западное направление	Южное направление	Восточное направление

Одним из возможных алгоритмов такой систематизации и концептуализации может быть следующее:

1. Хронология, периодизация, время исторических событий (процессов).
2. Историография (знание различных научных точек зрения по тому или иному вопросу, исторической проблеме).
3. Теория вопроса (определение базового понятия вопроса).
4. Предпосылки и причины исторических процессов или событий.

5. Ход исторических событий (процессов).
6. Значение (необходимо показать историческую роль, дать оценку, выявить последствия для развития России).

Таблица 3.

Реформы в России

Годы проведения	Содержание реформы
Первая четверть XVIII в.	
1860-70-е гг.	
Начало XX в.	
1920-30-е гг.	
Середина 50-х-начало 60-х гг.	
Середина 60-х-конец 70-х гг.	
1980-е гг.	
1990-е гг.	
Начало XXI в.	

С целью активизации познавательной самостоятельности и развития логики исторического мышления студентам предлагаются задания по решению разного рода познавательных задач, например, на доказательство и сравнение. При этом студент должен вначале усвоить определенный алгоритм их решения. Так, при решении **задачи на доказательство** можно использовать следующий алгоритм: 1) дать определение того, что надо доказать; 2) выявить, исходя из определения, основные направления поиска доказательства; 3) найти согласно этим направлениям конкретно-исторические факты доказательства. При решении **задачи на сравнение** можно использовать такой алгоритм: дать определение того, что сравнивается; 2) выделить, исходя из определения, параметры сравнения; 3) установить общее и различное между сравниваемыми историческими явлениями.

С целью развития творческой самостоятельности и креативного мышления, связанного с формализацией исторических знаний, студентам могут быть предложены **задания на составление** (заполнение) структурно-логических **схем** по вопросам семинарских занятий.

Особое место в структуре семинарского занятия принадлежит учебным докладам студентов. **Доклад** – важный вид самостоятельной деятельности студента по изучению истории, способствующий углубленному усвоению проблем курса, формированию навыков научно-исследовательской работы и ораторского мастерства. Доклад может быть выполнен как в письменной, так и в устной форме, но обязательно в ходе доклада должна быть освещена проблема по тому или иному историческому событию или процессу.

Доклад требует от студента: теоретического осмысления первоисточников, умения применять усвоенные знания в анализе исторических событий прошлого и современной общественно-политической

жизни, приобретения навыков работы с литературой, грамотного изложения изученной темы, правильного оформления (если в виде письменного сообщения – по плану раскрытия содержания с постраничными сносками) или составления презентации (если в виде слайд-шоу).

Для проверки качества полученных знаний и умений на семинарских занятиях практикуются 10-15-минутные контрольные **проверочные работы**. Например, дать определение 2-3 понятий; решить логическую задачу на доказательство или сравнение; ответить на вопрос, каковы были причины того или иного события; заполнить хронологическую таблицу или структурно-логическую схему и т.д.

Семинарские занятия по дисциплине завершаются **тестированием** студентов по соответствующему изученному разделу (см. примеры тестовых заданий в пункте «VIII. Содержание различных видов контроля по дисциплине»).

VII. УЧЕБНЫЙ СЛОВАРЬ ДИСЦИПЛИНЫ

АГК – антигитлеровская коалиция в составе СССР, Англии и США.

Антанта – неофициальное название военно-политического союза России, Франции и Великобритании в ходе Первой мировой войны.

Антоновщина – антибольшевистское выступление крестьян в Тамбовской губернии под руководством А.С. Антонова в 1920-1921 гг.

Баскачество – сборщики дани, представители ордынского хана на Руси.

Булыгинская Дума – законосовещательный орган по проекту председателя Особого совещания А.Г. Булыгина, о создании которого было объявлено 6 августа 1905 г.

Бояре – высший слой общества в России в X-XVII вв., владеющие вотчинами, осуществляющие подле великого князя государственное управление.

Брестский мир – сепаратный мир между Советской Россией и Германией, подписанный в Брест-Литовске 3 марта 1918 г.

Варяги – в русских источниках скандинавы или викинги, в Западной Европе их называли норманнами, были отважными мореходами и храбрыми воинами.

Вече – орган государственного самоуправления на Руси. На вече обсуждались вопросы войны и мира, кандидатуры князя, посадника, тысяцкого и др.

Вотчина – наследственное земельное владение князей, бояр, Церкви.

ВЧК – ОГПУ – НКВД – Всероссийская Чрезвычайная Комиссия по борьбе с контрреволюцией и саботажем, созданная по постановлению Совнаркома в 1917 г., переорганизованная в Объединенное государственное политическое управление на правах самостоятельных наркоматов в 1923 г. В последующие годы слияние и разделение наркоматов внутренних дел и государственной безопасности (как и их переименование) происходило неоднократно.

«Выход» - дань Золотой Орде, которую платили русские княжества в период ига.

Государственный Совет – высшее законосовещательное учреждение Российской империи в период с 1810 по 1906 г.

ГУЛАГ – главное управление трудовых лагерей и трудовых поселений.

Двоевластие – деятельность двух органов власти - Временного правительства и Петроградского Совета рабочих и солдатских депутатов после Февральской революции 1917 г.

Дворцовые перевороты – смена власти после правления Петра I, происходившая при поддержке дворянских группировок и гвардии.

Дворянство – слой служилых людей при князе, а позднее при царе, исполняющие административно-судебные и хозяйственные поручения, владеющие поместьем.

Депортация – принудительное переселение некоторых народов СССР.

Закупы – полузависимые крестьяне, взявшие в долг «купу» - ссуду на заранее оговоренных условиях. При ее погашении должник становился свободным, в ином случае – он оставался в зависимом положении.

Земские соборы – периодически созываемые царем съезды представителей всех слоев русского общества, за исключением помещичьих крестьян.

Интервенция – насильственное вторжение в политику другого государства.

КВЖД – Китайская Восточная железная дорога, построенная Россией в 1896-1904 гг.

Кодификация – систематизация и расположение в хронологическом порядке всех существующих законов и государственных актов.

Комбеды – комитеты бедноты, которые осуществляли продразверстку в деревне в годы гражданской войны.

Коминтерн - Коммунистический Интернационал.

Кондиции – условия ограничения царской власти.

«Кормление» - форма «платы» наместникам – князьям и боярам, передача им земель с правом сбора дани как средство их содержания.

Кровавое воскресенье – расстрел рабочих, обратившихся с петицией к царю в ходе манифестации у Зимнего дворца 9 января 1905 г.

Кронштадтский мятеж – антибольшевистское выступление моряков Кронштадта в 1921 г.

Ленд-лиз – передача в аренду или взаймы другому государству ресурсов, необходимых для обороны.

«Люди» - свободные крестьяне-общинники.

Мануфактура – производственное предприятие с разделением ручного труда.

Местничество – порядок назначения на должности по знатности рода и давности службы великому князю.

Наместник – с XII в. глава местной администрации.

Национализация – огосударствление собственности в годы советской власти.

НЭП – новая экономическая политика 1921-1928 гг.

Община (мир, вервь) – коллектив земледельцев в рамках одной деревни или села. Она решала все важные вопросы внутренней сельской жизни: вопросы оборота земель (передела земель внутри общины), организации общих и общественных работ (в пользу князя, государства), распределения и сбора с ее членов податей и сборов, розыска преступников.

Печенеги – тюркоязычный кочевой народ, с IX в. обитавший в южнорусских степях, совершавшие набеги на Русь, победу над ними в 1036 г. одержал князь Ярослав Мудрый.

Полюдье – форма сбора дани от Рюрика до княгини Ольги. Полюдье начиналось в ноябре, продолжалось всю зиму и заканчивалось в апреле; полгода князь ездил «по людям», собирал дань, общался с местным населением, «напоминал» о своем руководстве, судил местное население.

Православие – восточное направление в христианстве.

Приказы – органы государственного управления по отраслям.

Продналог – продовольственный налог взамен продразверстки с 1921 г.

Продразверстка – продовольственная разверстка по деревням в качестве натуральной повинности принудительное изъятия у крестьян требуемого государством количества продовольствия.

«Просвещенный абсолютизм» - политика ряда монархов Европы второй половины XVIII в., пытавшихся воплотить идеи Просвещения в практику правления.

Полки «иноземного строя» - наемные войска, сформированные по новому принципу, находились на полном довольствии государства.

Поместье – условное землевладение дворян.

Посадские люди – торговцы и ремесленники.

Промышленный переворот – переход от ручного труда к машинному от мануфактур к фабрично-заводскому производству.

Протекционизм – политика покровительства отечественной торговле и промышленности путем предоставления налоговых льгот, кредитов, заказов.

Раскол – религиозно-общественное движение, отделение от РПЦ части верующих, не принявших реформу патриарха Никона (1653-1656 гг.).

Реестр – список казаков Украины, состоящих на военной службе и получающих жалованье.

Родовая община – коллектив кровных родственников, который имеет общую собственность и хозяйство. Несколько родов объединялись в племена.

РПЦ – Русская Православная Церковь.

Рядовичи - полузависимые крестьяне, служившие феодалам по договору («ряду»), по положению близкие закупам.

Самодержавие – самодержавное правление царя в России.

Семибоярщина – правительство, состоящее из семи бояр, организовавшие заговор против Василия Шуйского во время Смуты.

Совнарком – Временное рабоче-крестьянское правительство, появившееся в результате декрета о власти с 26 октября 1917 г..

Тягло – денежные и натуральные повинности крестьян и посадских людей в пользу государства.

Усобицы – войны между князьями за великокняжеский престол.

Уроки – четкая форма сбора дани, введенная княгиней Ольгой.

«Урочные лета» - срок розыска беглых крестьян в XVI-XVII вв. С 1649 г. установлен бессрочный сыск беглых.

Феодализм – система имущественных и общественных отношений (преобладавшая в средние века), связанная с феодом – землей, как с основным средством жизнеобеспечения.

Феодальные повинности - барщина и оброк.

Хазарский каганат – государство, созданное хазарами – тюркоязычным кочевым племенем в Прикаспийских и Причерноморских степях в VII в.

«Холодная война» - политика противостояния, проводимая двумя сверхдержавами СССР и США.

Холопы – безземельные и полностью бесправные крестьяне, фактически находящиеся на положении рабов.

Челядь – домашние слуги.

Ярлык – ханская грамота на великое княжение.

Ясак – натуральный налог с народов Севера и Сибири, чаще пушниной.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ»

Примеры текущих тестовых заданий

по модулю II «История России с древнейших времен по начало XVIII в.»

Вариант №1

1.Какое из событий произошло позже всех других?

1) восстание древлян
2) крещение Руси
3) призвание варягов
4) объединение Киева и Новгорода

2. Среди перечисленных дат найди год образования древнерусского государства: 1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.

3. Заполнить таблицу. Основные точки зрения на генезис Древнерусского государства

Название теории	Содержание	Представители теории
Норманская		
Антинорманская		

4. Расположи имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:

1) Владимир Мономах; 2) Святослав; 3) Ярослав Мудрый; 4) Игорь; 5) Рюрик

5. **Сравните:** А) полюдье и повоз; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?

6. Чем прославились в русской истории Д. Пожарский и К. Минин?

7. Первый письменный свод законов Древней Руси:

1) «Русская Правда»
2) Судебник
3) «Домострой»
4) Стоглав

8. Перечисли княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.

9. Расположите в хронологической последовательности следующие события:

1) княжение Даниила Александровича;
2) «стояние на реке Угре»;
3) присоединение Новгорода к Москве;
4) «Мамаево побоище».

10. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:

1) к падению монголо-татарского ига;
2) к усилению позиций московского князя;
3) к гибели Золотой Орды;
4) к ликвидации системы баскачества

11. Объясни отрицательные и положительные последствия монголо-татарского ига на Руси.

12. Распишите все события в истории России в начале XVII в. Почему этот период в истории прозвали Смутным временем?

13. Опишите все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно? Почему Петр назван Великий?

Вариант №2

1.Какое из событий произошло позже всех других?

1) крещение Руси
2) Невская битва
3) Куликовская битва
4) призвание варягов

2. Среди перечисленных дат найдите год крещения Руси:

1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.

3. Расположите имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:

1) Святослав; 2) Игорь; 3) Ярослав Мудрый; 4) Олег Вещий; 5) Рюрик

4. Сравните: А) барщину и оброк; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?

5. Чем прославился в русской истории Александр Невский?

6. Сохранившийся до наших дней первый письменный исторический источник:

1) Повесть временных лет;
2) «Русская Правда»
3) «Домострой»
4) Стоглав

7. Перечислите княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.

8. Расположите в хронологической последовательности следующие события:

1) княжение Ивана Калиты;
2) битва на реке Калке;
3) присоединение Твери к Москве;
4) «стояние на реке Угре»

9. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:

1) к падению монголо-татарского ига;
2) к усилению позиций московского князя;
3) к гибели Золотой Орды;
4) к ликвидации системы баскачества

10. Объясни отрицательные и положительные последствия правления Ивана Грозного в XVI в.

11. Заполните таблицу. Этапы закрепощения крестьян

Этап	Краткое содержание этапа
1497 г.	
1550 – 1581 гг.	
1597 г.	
1649 г.	

12. Распишите все события в истории России второй половины XVII в. Почему этот период назван «бунташным веком»?

13. Опиши все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно?

. Примеры текущих тестовых заданий *по модулю II «История России XVIII-XIX вв.»*

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) правление Елизаветы Петровны
2) восстание Е.Пугачева
3) правление Петра III
4) губернская реформа Екатерины II

2. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?

А) судебник; Б) коллегии; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах; Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.
Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

3. Главные итоги петровских реформ:

А) ослабление центральной власти
Б) полное подчинение церкви государству
В) укрепление крепостного гнета
Г) сокращение бюрократического аппарата
Д) создание боеспособной профессиональной армии и военного флота.

4. Восстановите последовательность царствований русских монархов 1725 – 1762 гг.:

А) Елизавета Петровна
Б) Екатерина Алексеевна
В) Петр Алексеевич
Г) Иван Антонович
Д) Петр Федорович
Е) Анна Ивановна

5. Каким было условие для получения Анной Иоанновной престола?

1) ликвидация Верховного совета, восстановление Сената;
2) командование гвардейскими полками;
3) освобождение дворян от обязательной военной службы;
4) совместное правление с Верховным советом.

6.Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:

1) Анна Иоанновна	А) временнообязанные крестьяне
2) Екатерина II	Б) бироновщина
3) Александр I	В) «теория официальной народности»
4) Николай I	Г) «Аракчеевщина»
5) Александр II	Д) Уложенная комиссия

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Почему «дней Александровых прекрасное начало»?

9.Что обозначают понятия: уставные грамоты, Секретный комитет, мировые посредники, крестьянская община, отрезки.

10. Заполнить таблицу. Реформы 60-70- х гг. в России.

Название реформы	Время проведения	Основные положения
Крестьянская		
Земская		
Городская		
Судебная		
Военная		
Финансовая		

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?

А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) суд над народовольцами.
Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АВД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

12. Почему русская культура XIX в. получила название «золотого века»? Докажите примерами.

Вариант №2

1. Причинами дворцовых переворотов в период 1725-1762 гг. были:

А) отсутствие четкого порядка престолонаследия
Б) народные волнения
В) высокая роль гвардии при дворе
Г) недовольство дворян петровскими реформами
Д) борьба за власть среди высшей знати.

2. Какое из событий произошло позже всех других?

1) правление Петра II
2) кондиции Анны Иоанновны
3) Семилетняя война
4) правление Елизаветы Петровны

3. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?

А) судебник; Б) ассамблеи; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах;
Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.
Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД

4. Что из названного относится к эпохе дворцовых переворотов?

1) прекращение деятельности Земских соборов;
2) упразднение Боярской Думы;
3) усиление роли гвардии;
4) учреждение патриаршества.

5. Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:

1) Анна Иоанновна	А) народовольцы
2) Екатерина II	Б) кондиции
3) Александр I	В) «чугунный устав»
4) Николай I	Г) указ о вольных хлебопашцах
5) Александр II	Д) Жалованная грамота дворянству

6. Расположите события периода правления Александра I в правильной хронологической последовательности:

1) созыв Государственного Совета
2) насаждение военных поселений
3) восстание декабристов на Сенатской площади
4) деятельность негласного комитета
5) «Указ о вольных хлебопашцах»
6) Бородинское сражение
7) учреждение министерств

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.
8. Важнейшие государственные посты в первые годы правления Александра I занимали:
А) либералы
Б) революционеры
В) консерваторы
9**. Что обозначают понятия: редакционные комиссии, Главный комитет, мировые посредники, крестьянская община, выкупные платежи.**
10. Опишите военную реформу 1874 г. Ее сильные и слабые стороны.
11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?
А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) конституция Лорис-Меликова.
Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АВД; 3) БГЕ; 4) ВГД.
12. Храм Христа Спасителя был построен в Москве в честь:
А) победы русского народа в войне 1812 г.
Б) 900-летия введения христианства на Руси
В) тысячелетия российского государства
Г) победы советского народа в войне 1941-1945 гг.

. Примеры текущих тестовых заданий *по модулю III «История России начала XX в.»*

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?
1) первая русская революция;
2) русско-японская война;
3) аграрная реформа П.А. Столыпина;
4) деятельность I Гос. Думы.

2. Какая партия представляла либеральное движение России начала XX в.
1) меньшевики; 2) кадеты; 3) анархисты; 4) эсеры

3.Заполните таблицу: Основные политические партии (1900 – 1917):

Название партии (дата образования)	Лидеры политической партии	Политическая программа	Аграрная программа

4. Первая российская революция привела к
1) провозглашению России республикой;
2) опубликованию Манифеста 17 октября;
3) формированию многопартийности;
4) провозглашению демократических прав.

5. Что является результатами

А) русско-японской войны;
Б) Первой мировой войны;
В) внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

1) А.Ф. Керенский и Гапон;
2) Л.П. Корнилов и Троцкий;
3) П.А. Столыпин и С.Ю. Витте;
4) Николай II и Г.К. Жуков.

7. Почему гражданская война является трагедией победителей и побежденных?

8. Опишите причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1924 г. в СССР объединились:

1) РСФСР, УССР, ЗСФСР, Туркменская ССР, БССР, Узбекская ССР;
2) РСФСР, БССР, Киргизская ССР, УССР, Казахская ССР;
3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР, БССР, Узбекская ССР;
4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «новая экономическая политика», и какие она имела положительные и отрицательные результаты?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

12. О событиях 25 октября 1917 г. в Петрограде

Спокойствие на октябрьских улицах, отсутствие толп и боев давали противникам повод говорить о заговоре ничтожного меньшинства, об авантюре кучки большевиков … В действительности же большевики могли свести в последний момент борьбу за власть к «заговору» не потому, что были маленьким меньшинством, а, наоборот, потому, что имели за собою в рабочих кварталах и казармах подавляющее большинство, сплоченное, дисциплинированное.

(Троцкий Л.Д. История русской революции. М., 1990)

Вопросы: Какие причины победы большевиков называет автор? Вы согласны с ним? Свой ответ аргументируйте.

Вариант №2

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) декабрьское вооруженное восстание в Москве;
2) русско-японская война;
3) издание Манифеста о политических свободах и созыве Гос. Думы;
4) реформы С.Ю. Витте.

2. Какая партия представляла консервативное движение России начала XX в.

1) союз русского народа; 2) кадеты; 3) большевики; 4) эсеры.

3. Первая российская революция привела к

1) созданию Гос. Совета;

2) появлению Гос. Думы»
3) провозглашению России республикой;
4) крушению самодержавия.

4. Расположите в хронологическом порядке события первой буржуазно-демократической революции:

1) восстание на броненосце «Потемкин»
2) Декабрьское вооруженное восстание в Москве
3) Кровавое воскресенье
4) Третьеиюньский переворот
5) провозглашение Манифеста 17 октября
6) начало деятельности Первой Государственной думы

5. Что является причинами

А) русско-японской войны;
Б) Первой мировой войны;
В) противоречивой советской внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

1) А.Ф. Керенский и Троцкий;
2) Л.П. Корнилов и Гапон;
3) Николай II и С.Ю. Витте;
4) П.А. Столыпин и Г.К. Жуков.

7. Причины и источники победы большевиков в октябрьские дни 1917 года
8. Опиши причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1922 г. в составе СССР объединились:

1) РСФСР, УССР, Молдавия;
2) РСФСР, БССР, Польша;
3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР;
4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «политика военного коммунизма», и какие она имела положительные и отрицательные последствия?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

. Примеры текущих заданий *по модулю IV «История России 1985 –1991 гг.»*

1.Укажите первого президента СССР:

1) Ю. Андропов; 2) Б. Ельцин; 3) М. Горбачев; 4) Л. Брежнев

2. XIX Всесоюзная партконференция, принявшая решение о реформировании политической системы СССР, проходила в:

1) 1980 г., 2) 1988 г., 3) 1989 г., 4) 1990 г.

3.Провозглашенный М. Горбачевым курс на ускорение социально-экономического развития страны включал в себя:

1) введение госприемки на предприятиях;
2) проведение антиалкогольной кампании;
3) решительный переход к рыночной экономике;
4) укрепление трудовой дисциплины;
5) массовые забастовки рабочих.

4. Составьте структурно-логическую таблицу «Преобразования страны в годы перестройки»

Экономические реформы	Политические преобразования	Реформы в социальной сфере	Изменения в области культуры

5. В Содружество Независимых Государств вошли:
1) Россия, 2) Литва, 3) Белоруссия, 4) Грузия, 5) Украина.

6. По какому принципу образован ряд?
Г. Янаев, В. Павлов, Д.Язов, В. Крючков, Б. Пуго.

7. Расположите в хронологической последовательности:
А) Л.Брежнев, б) М.Горбачев, в) Б.Ельцин, г) К.Черненко, д) Ю.Андропов

8. О чем идет речь?
Принципами этой политики были: отказ от представлений о расколе мира на две противоположные системы: капиталистическую и социалистическую; признание мира единым; в качестве основного способа решения международных проблем объявлялся баланс интересов, а не баланс сил; признание приоритета общечеловеческих ценностей в качестве главных.

9. Высшим органом законодательной власти в СССР по новому избирательному закону 1988 г. стал: 1) Государственный Совет; 2) Государственная Дума; 3) Съезд народных депутатов; 4) Съезд Коммунистической партии.

10. Один из основных итогов экономической реформы 1987 г.:
1) либерализация цен;
2) переход государственных предприятий в частные руки;
3) начало формирования частного сектора в экономике;
4) роспуск колхозов.

11. Расположите в хронологической последовательности:
а) избрание президента РСФСР,
б) создание ГКЧП и проведение путча,
в) принятие Декларации о государственном суверенитете РСФСР,
г) отставка М. Горбачева,
д) Беловежское соглашение.

12. В конце 1980-х – 1990-х гг. представители коммунистического политического направления выступали за:
1) преимущественное развитие общественной собственности,
2) свободу личности,
3) развитие парламентской демократии,
4) социалистический выбор развития,
5) учреждение частной собственности.

13. Как вы оцениваете в целом личность М. Горбачева и его деятельность («+» или «-»)? Почему? Можно ли, только его одного обвинять в развале СССР?

1.5. Пример итогового (рубежного) теста

К социальным функциям исторического знания не относится функция …
А) социального проектирования
Б) воспитательная
В) познавательная
Г) прогностическая

Определение степени вероятности осуществления того или иного события, процесса на основе анализа объективных реальностей и возможностей называется принципом …
А) альтернативности
Б) социального подхода
В) историзма
Г) объективности

Важной составляющей воспитательной функции исторического знания является …
А) выработка научно обоснованного курса
Б) формирование гражданских, нравственных ценностей
В) описание исторических событий и явлений
Г) сопоставление исторических объектов в пространстве и времени

Конкретные способы изучения исторических процессов называются …
А) методами
Б) категориями
В) принципами
Г) историко-философскими подходами

Характерной чертой современной исторической науки в России является …
А) методологический плюрализм
Б) географический детерминизм
В) субъективизм
Г) эволюционизм

Автором первого обобщающего труда по истории России был …
А) В.Н. Татищев
Б) М.Н. Тихомиров
В) В.О. Ключевский
Г) М.Н. Покровский

Налоговая реформа княгини Ольги с целью упорядочивания сбора дани установила …

А) барщину и оброк
Б) ясак и подать
В) уроки и погосты
Г) полюдье и повоз

Иван Калита получил от монголо-татар право …
А) заключения союза с Тверью
Б) торговли с Литвой
В) сбора дани с русских княжеств
Г) окончательного объединения русских княжеств

В XIII в. новгородское войско во главе с князем Александром Невским противостояло агрессии …
А) Ливонского ордена
Б) Речи Посполитой
В) Франции
Г) Венгрии

Закономерный процесс экономического усиления и политической обособленности феодальных владений называется …
А) централизацией
Б) местничеством
В) кормлением
Г) политической раздробленностью

Возвышение Московского княжества в XIV в. связано с именем …
А) Дмитрия Донского
Б) Ивана Красного
В) Ивана Калиты
Г) Симеона Гордого

В 1382 г. состоялся поход на Русь во главе с ханом …
А) Тохтамышем
Б) Батыем
В) Узбеком
Г) Ахматом

«Стояние на реке Угре» привело к …
А) новому походу монголо-татар на Русь
Б) полному разгрому русского войска
В) окончанию монголо-татарского ига на Руси
Г) возобновлению уплаты дани монголо-татарам

Годы, в течение которых устанавливался розыск беглых крестьян, называются _____ лета.

А) заповедные
Б) крестьянские
В) крепостные
Г) урочные

Столица Византийской империи, Константинополь, был захвачен в 1453 году …
А) готами
Б) булгарами
В) вандалами
Г) турками-османами

Регентом в период малолетства Ивана IV (1533-1538) был (-а) …
А) Алексей Адашев
Б) Андрей Курбский
В) Елена Глинская
Г) митрополит Макарий

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой …
А) сборник решений церковного собора 1551 г.
Б) летописный свод
В) политический трактат
Г) свод законов Российского государства

В XVII в. самосожжение и уход в леса и пустоши были основными формами протеста …
А) казачества
Б) старообрядцев
В) крестьянства
Г) горожан

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с …
А) Австрией
Б) Данией
В) Речью Посполитой
Г) Швецией

В 1648 г. произошел _____ бунт.
А) Соляной
Б) Медный
В) Хлебный
Г) Соловецкий

Петр I правил Россией в _____ годах.
А) 1700-1721
Б) 1682-1725
В) 1700-1725
Г) 1698-1725

Северная война завершилась подписанием _____ мира.
А) Шведского
Б) Северного
В) Ништадского
Г) Парижского

«Золотым веком» российского дворянства историки называют правление …
А) Петра I
Б) Елизаветы Петровны
В) Екатерины I
Г) Екатерины II

В сентябре 1814 - июне 1815 г. состоялся _____ конгресс.
А) Лондонский
Б) Венский
В) Парижский
Г) Берлинский

Реорганизация управления государственной деревней в правление Николая I была поручена …
А) И.И. Шувалову
Б) П.Д. Киселеву
В) М.М. Сперанскому
Г) А.Х. Бенкендорфу

В 1870-х гг. генерал М.Д. Скобелев принимал активное участие в _____ войне.
А) русско-турецкой
Б) русско-японской
В) Первой мировой
Г) Гражданской

Активное проникновение России в Среднюю Азию во второй половине XIX в. привело к обострению отношений с …
А) Францией
Б) Италией
В) Англией
Г) Германией

После вступления в Первую мировую войну Турции начались военные действия на _____ фронте.
А) Бессарабском
Б) Крымском
В) Галицийском
Г) Кавказском

Центром подготовки вооруженного восстания в Петрограде в октябре 1917 г. стал …
А) Коммунистический Интернационал
Б) Совет Народных Комиссаров
В) Военно-революционный комитет
Г) Временный комитет Государственной думы

В 1918-1930 гг. наркомом иностранных дел в советском правительстве был …
А) В.И. Ленин
Б) Н.И. Бухарин
В) П.Н. Милюков
Г) Г.В. Чичерин

Под влиянием Всероссийской политической стачки Николай II был вынужден подписать _____ Манифест «Об усовершенствовании государственного порядка».
А) 9 января 1905 г.
Б) 17 октября 1905 г.
В) 27 апреля 1906 г.
Г) 3 июня 1907 г.

27 апреля 1906 г. в Петербурге открылись заседания …
А) Учредительного собрания
Б) I Государственной думы
В) Всероссийского съезда Советов
Г) IV Государственной думы

После отречения Николая II в марте 1917 г. в России …
А) власть попытался захватить генерал Л.Г. Корнилов
Б) было создано Временное правительство
В) открылся II Всероссийский съезд Советов
Г) к власти пришли большевики

Декларация прав народов России, изданная 2 ноября 1917 г., провозгласила …

А) создание унитарного государства
Б) равенство и суверенность наций
В) привилегии для русских
Г) запрет на создание самостоятельных государств

В ходе Гражданской войны на стороне красных воевал …
А) Н.Н. Юденич
Б) М.В. Фрунзе
В) Е.К. Миллер
Г) А.И. Деникин

Решающую роль в ходе Гражданской войны сыграли настроения …
А) рабочих
Б) крестьян
В) дворян
Г) интеллигенции

Социально-экономическая политика советской власти в годы Гражданской войны и военной интервенции, сущностью которой были: ускоренная и полная национализация промышленности, продразверстка, отмена торговли и денежного обращения, централизованное нормированное распределение продуктов населению, жесткая централизация, введение всеобщей трудовой повинности, контроль государства за средствами массовой информации, преследование инакомыслия, красный террор, а цель – быстрый рывок в коммунизм – это _____ . (выбрать: Новая экономическая политика, «военный коммунизм», государственный капитализм, диверсификация производства)

Первая Конституция СССР была принята …
А) 25 апреля 1923 г.
Б) 31 января 1924 г.
В) 30 декабря 1922 г.
Г) 6 апреля 1924 г.

Понятие «великий перелом» относится к …
А) освоению целины
Б) введению продналога
В) сплошной коллективизации
Г) введению продразверстки

В 1934 г. СССР вступил в международную организацию …
А) ОБСЕ
Б) Лига Наций
В) Совет Безопасности

Г) Коминтерн

Первая встреча руководителей ведущих держав антигитлеровской коалиции состоялась в Тегеране в _____ году.
А) 1933
Б) 1943
В) 1939
Г) 1945

Второй фронт был открыт в _____ года.
А) ноябре 1943
Б) июле 1943
В) июне 1944
Г) феврале 1945

В ходе Второй мировой войны в июне 1944 года …
А) открылась Тегеранская конференция
Б) началась блокада Ленинграда
В) союзники высадились в Нормандии
Г) завершилась Сталинградская битва

Неприятие советского внешнеполитического принципа мирного сосуществования стран с различным общественно-политическим строем и критики Сталина стали причиной ухудшения отношений СССР с …
А) Чехословакией
Б) Югославией
В) Германской Демократической Республикой
Г) Китаем

Понятие «Новоогаревский процесс» возникло в связи с разработкой …
А) нового союзного государства
Б) внешнеполитической стратегии СССР
В) новой Программы КПСС
Г) программы перехода к рыночной экономике

Экономическая политика Е.Т. Гайдара, проводимая в 1992 г., предусматривала …
А) централизацию управления народным хозяйством
Б) государственное регулирование ценообразования
В) либерализацию цен
Г) увеличение финансирования социальной сферы

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось …
А) проведением президентских выборов

Б) формированием нового состава Верховного Совета РФ
В) роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
Г) внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Кейс задание: Кейс 1.

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге:
« Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполовину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек …»

Упоминаемые в тексте события произошли в ___году.

Кейс-задание: Кейс 2.
Из Манифеста о незыблемости самодержавия:
«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение … благостию и кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян … Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

В тексте идет речь о смерти российского императора …
- Александра II
- Николая I
- Александра III
- Николая II

Кейс-задание: Кейс 3.
Из Манифеста о незыблемости самодержавия:
«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение … благостию и

кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян … Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

Упоминаемая в тексте отмена крепостного права произошла в _____ году.

Кейс-задание: Кейс 4.
Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:
«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными …
Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами …
Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпенных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием …».

Фамилия русского дипломата и писателя, принимавшего участие в выработке условий выгодного для России Туркманчайского мирного договора, - …_____.

Кейс-задание: Кейс 5.
Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:
«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными …
Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в

совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами …
Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпенных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием …».

По условиям подписанного в 1828 году Туркманчайского мирного договора …

- к России отходила Восточная Армения
- на Персию налагалась контрибуция
- к Персии отходила Южная Бессарабия
- на Россию налагалась контрибуция

Кейс-задание: Кейс 6.
Из Берлинского трактата 1878 г.:
«Статья 1. Болгария образует из себя княжество самоуправляющееся и платящее дань, под главенством е. и. в. султана: она будет иметь христианское правительство и народную милицию …
Статья XLV. Княжество Румынии уступает обратно е. в. императору всероссийскому часть Бессарабской территории, отошедшей от России по Парижскому трактату 1856 г., ограниченную с запада руслом Прута, с юга руслом Килийского рукава и устьем Старого Стамбула …
Статья LVIII. Блистательная Порта уступает Российской империи в Азии территории Ардагана, Карса и Батума, с портом последнего …
Статья LIX. Е. в. император всероссийский объявляет, что его намерение сделать Батум порто-франко по преимуществу коммерческим.
Статья LX. Долина Алашкерта и город Баязет, уступленные России статьей XIX Сан-Стефанского договора, возвращаются Турции …».

Фамилия российского министра иностранных дел, подписавшего в 1878 г. Берлинский трактат, - … _____.

Кейс-задание: Кейс 7.
Культура СССР в 1930-х гг. развивалась под жестким контролем коммунистической партии, которая насаждала марксистскую идеологию, в том числе и через культуру и искусство. Все, что не вписывалось в официальное русло идеологии, преследовалось.

Основным художественным методом, использовавшимся в советском искусстве, был социалистический реализм. Термин «соцреализм» появился в 1932 г. и охватывал все сферы художественной деятельности. Выступая на I съезде советских писателей в 1934 г. партийный идеолог Жданов А.А. так охарактеризовал этот художественный метод: «В нашей стране главные герои литературного произведения – это активные строители новой жизни: рабочие и работницы, колхозники и колхозницы, партийцы, хозяйственники, инженеры, комсомольцы, пионеры … Наша литература насыщена энтузиазмом и героикой … Наша литература сильна тем, что служит новому делу – делу социалистического строительства».

В соответствии с методом социалистического реализма были написаны литературные произведения, как …

- «Мать» Максима Горького
- «Как закалялась сталь» Николая Островского
- «Мастер и Маргарита» Михаила Островского
- «Доктор Живаго» Бориса Пастернака

Кейс-задание: Кейс 8.
Из доклада Первого секретаря ЦК КПСС на XX съезде партии «О культе личности и его последствиях»: «Выясняется, что многие партийные, советские, хозяйственные работники, которых объявили в 1937-1938 годах «врагами», в действительности никогда врагами, шпионами, вредителями и т.п. не являлись, что они, по существу, всегда оставались честными коммунистами, но были оклеветаны, а иногда, не выдержав зверских истязаний, сами на себя наговаривали (под диктовку следователей-фальсификаторов) всевозможные тяжкие и невероятные обвинения».

С докладом «О культе личности и его последствиях» на XX съезде КПСС выступил …

- Н.С. Хрущев
- Н.А. Булганин
- И.В. Сталин
- Л.И. Брежнев

1.6. Образец выполнения итогового (рубежного) теста

Функция истории, позволяющая влиять на поведение и действия людей, называется …

- воспитательной

- познавательной
- аксеологической
- коммуникативной

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой …
- сборник решений церковного собора 1551 г.
- летописный свод
- политический трактат
- свод законов Российского государства

Принцип объективности – это изучение исторических явлений …
- во всей их многогранности и противоречивости
- с учетом социальных интересов различных слоев общества
- в развитии, в соответствии с конкретно-исторической обстановкой
- в соответствии с господствующей идеологией в обществе

Существенный вклад в развитие отечественной исторической науки в XX веке внес …
- Б.А. Рыбаков
- В.Н. Татищев
- М.В. Ломоносов
- М.Н. Погодин

Верования древних славян до принятия у них христианства назывались …
- язычеством
- синтоизмом
- православием
- католичеством

В XII в. Русь вступила в период …
- политической раздробленности
- централизации
- цивилизации
- республики

В 1240 г. после длительной осады монголо-татары взяли город …
А) Рязань
Б) Новгород
В) Козельск
Г) Киев

Невская битва состоялась в _____ году.

- 1240
- 1242
- 1223
- 1238

Московский князь Дмитрий Иванович за личную храбрость и полководческие заслуги в 1380 г. на Куликовом поле получил прозвище

- Донской
- Невский
- Темный
- Красный

К западным славянам относятся такие современные народы, как …

- поляки, чехи и словаки
- русские, украинцы и белорусы
- болгары, сербы и черногорцы
- финны, эстонцы, литовцы

Автором произведения древнерусской литературы XV в. «Хождение за три моря» является …

- Афанасий Никитин
- Семен Дежнев
- Епифаний Премудрый
- Авраамий Палицын

Казачьим атаманом и предводителем похода в Сибирь в 80-гг. был …

- Ермак
- Кучум
- Адашев
- Висковатый

Непрофессиональные воины, объединенные в военное формирование на добровольной основе, называются …

- ополченцами
- стрельцами
- рекрутами
- рейтарами

В 1654 г. началась церковная реформа патриарха _____ .

- Никона
- Макария
- Иова
- Алексея

Столица Византийской империи, Константинополь был захвачен в 1453 году …

- турками-османами
- булгарами
- готами
- вандалами

В ходе Северной войны русские войска разгромили шведский флот у мыса …

- Гангут
- Синоп
- Чесма
- Дежнева

Во второй половине XVIII в. в русской архитектуре преобладал стиль …

- классицизм
- модерн
- рококо
- барокко

В январе 1820 г. русская экспедиция открыла новый континент, получивший название …

- Антарктида
- Северная Америка
- Австралия
- Южная Америка

В годы правления Николая I в России было (-а) …

- построена первая железная дорога
- отменено крепостное право
- введена конституция
- отменена цензура

Земская реформа была проведена в _____ году.

- 1864
- 1861
- 1868
- 1874

В 1884 г. новый университетский Устав …

- ликвидировал автономию вузов
- разрешил учиться в вузах женщинам
- запретил учиться в вузах детям крестьян
- ввел автономию вузов

Самой многочисленной социальной группой в России в конце XIX в. были …

- крестьяне
- разночинцы
- дворяне
- рабочие

Раньше других в России возникли _____ партии.

- революционные
- либеральные
- правые
- монархические

Идеолог заговорщического направления в русском народничестве Петр Ткачев разделял взгляды французского революционера …

- Огюста Бланки
- Жана Кольбера
- Жора Клемансо
- Жана Жореса

Среди союзников России в Первой мировой войне была _____ .

- Франция
- Германия
- Австро-Венгрия
- Османская империя

В ходе Февральской революции в России …

- установилось двоевластие
- к власти пришли большевики
- установилась военная диктатура
- возникла партия эсеров

Учредительное собрание открылось в Петрограде в _____ 1918 г.

- январе
- феврале
- ноябре
- декабре

К причинам гражданской войны относится _____ .

- деятельность большевистских продотрядов и комбедов
- убийство царской семьи

- разрешение выхода крестьян из общины
- возникновение монополий

В 1922 г. на пост генерального секретаря партии был избран …
- И. В. Сталин
- Л. Д. Троцкий
- Л. Б. Каменев
- В. И. Ленин

Генуэзская конференция состоялась в _____ году.
- 1922
- 1924
- 1928
- 1934

На завершающем этапе войны Красная Армия осуществила операцию …
- «Багратион»
- «Уран»
- «Кольцо»
- «Тайфун»

Характерной чертой экономического развития СССР в 1945-1953 гг. было …
- использование в народном хозяйстве труда заключенных
- использование хозяйственного расчета на предприятиях
- разрешение аренды земли
- разрешение частной собственности

Двоюродным братом российского императора Николая II был …
- английский король Георг V
- император Австро-Венгрии Карл I
- император Германии Вильгельм II
- шведский король Густав V

Советская литература периода «хрущевской оттепели» характеризовалась …
- умеренной критикой «культа личности» Сталина
- созданием разнообразных литературных групп и течений
- возвращением имен писателей-эмигрантов первой волны
- отказом от принципа социалистического реализма

Диссидентами в СССР называли …
- лиц, не разделявших господствующей идеологии

- выступавших за развитие страны по самобытному пути
- политическую парламентскую оппозицию
- уехавших за границу граждан СССР

Территориальные проблемы, связанные с послевоенными европейскими границами (германская проблема) были урегулированы в …

- начале 1970-х гг.
- конце 1940-х гг.
- начале 1960-х гг.
- конце 1970-х гг.

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось …

- роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
- проведением президентских выборов
- формированием нового состава Верховного Совета РФ
- внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Поводом к свертыванию процесса разрядки международной напряженности послужило введение советских войск в …

- Афганистан
- Венгрию
- Чехословакию
- Корею

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге: « Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполовину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек …»

На российский престол при обстоятельствах, описанных в тексте, вступил император …

- НиколайI
- Павел I
- Александр I
- Александр II

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До нащих дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего

Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Софийский собор в Киеве был построен в правление князя …

- Ярослава Мудрого
- Владимира Крестителя
- Владимира Мономаха
- Мстислава Великого

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До нащих дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Характерными элементами убранства древнерусских храмов были …

- фрески
- мозаики
- витражи
- пинакли

Примерная тематика контрольных работ

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

2.1. Примерные темы для контрольных работ:

Вариант 1.

1. Современные дискуссии о месте России в мировом историческом процессе.
2. Судьбы славянских народов – история и современность.

3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII – нач. IX вв.).
4. Проблемы развития Киевской Руси (IX-XII вв.).
5. Проблемы развития Удельной Руси (XII – XIII вв.).
6. Золотая Орда – мифы и реальность.
7. Александр Невский – герой или предатель Руси?
8. Проблемы образования русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
9. Иван IV Грозный.
10. Проблемы расширения территории Российского государства в XVI в.
11. Самозванцы Российского государства.
12. Проблемы формирования российского абсолютизма в середине XVII в.
13. Петр I – тиран или «революционер на троне» в делах семейных и государственных?
14. Императрицы XVIII в.
15. «Непросвещенный абсолютизм» Павла I.
16. Активная внешняя политика XVIII в.: «+» и «-» последствий.
17. «Дней Александровых прекрасное начало…» (Реформы Александра I).
18. Герои Отечественной войны 1812 г.
19. Реформаторы России первой четверти XIX в.
20. Кризис феодально-крепостнического строя в 1830-50 –е гг.
21. Особенности промышленного переворота в России в XIX в.
22. Развитие российской экономики конца XIX - начала XX вв. «Контрреформы» Александра III.
23. Особенности формирования многопартийной системы в России на рубеже XIX - XX вв.
24. Героизм русских солдат в ходе русско-японской войны (1904-1905 гг.).
25. Столыпинская аграрная реформа и ее результаты.
26. Роль восточного фронта в ходе I мировой войны.
27. Разложение монархии в России. Николай II – последний российский император.
28. Новые подходы в изучении исторических событий гражданской войны в России (1917-1921 гг.).
29. Итоги НЭПа для развития России.
30. Проблемы и противоречия в процессе образования СССР.
31. Исторические портреты лидеров большевизма: В.И. Ленин, Л.Д. Троцкий, И.В. Сталин. Переход к тоталитаризму в СССР.
32. Деятельность Коминтерна и репутация СССР в 1920-30 –е гг.
33. Трагедия и героизм народа в годы ВОВ (1941-1945 гг.).
34. Правда о «золотом веке» цен. Экономическая политика государства в 1945-1953 гг.
35. «Оттепель» Н.С. Хрущева: штрихи к политическому портрету.
36. Период застоя. Время правления Л.И. Брежнева.
37. Проблемы «перестройки». Причины несостоявшегося реформирования советского общества при М.С. Горбачеве.

38. Последствия распада СССР. Национальные отношения на современном этапе развития России.
39. Оценка деятельности Б.Н. Ельцина.
40. Холодная война (1946 - 1991 гг.) и ее последствия для развития России.

Вариант 2.

1. Деятельность и исторические концепции:
а) Н.М.Карамзина
б) С.М.Соловьева
в) В.О.Ключевского
г) М.Н.Покровского
2. Варяги и Русь.
3. Принятие христианства на Руси.
4. Русские земли и Золотая Орда: трансформация взаимоотношений в XIV-XV вв.
5. Иван III – государь всея Руси.
6. Роль Русской православной церкви в процессе политической централизации русских земель.
7. Личность Ивана IV в историографии.
8. Государственные деятели, политические и духовные лидеры России начала XVII в.: исторические портреты и оценки историков (по выбору).
9. Социальные протесты в России в XVII в.: истоки, сущность и последствия.
10. Оценки личности и деятельности Петра I в исторической литературе.
11. Европейский и российский абсолютизм: общее и особенное.
12. Внешняя политика России в XVIII в. Ее оценки в исторической литературе.
13. Исторические портреты государственных деятелей эпохи «дворцовых переворотов».
14. Оценки личности и деятельности Екатерины II в исторической литературе.
15. Движение декабристов: исторические дискуссии.
16. П.Я.Чаадаев о прошлом, настоящем и будущем России.
17. Исторический портрет Александра II.
18. Деятели эпохи реформ: К.Д. Кавелин, Б.Н.Чичерин, Д.А. Милютин и др.
19. Николай II: проблема личности в истории.
20. Первый опыт российского парламентаризма начала XX в.
21. Первая мировая война 1914-1918 гг. в исторических концепциях.
22. Исторические альтернативы 1917 года.
23. Брестский мир: историко-теоретическая интерпретация в отечественной историографии.
24. Судьбы российской эмиграции в исторической литературе.
25. Советский опыт социально-экономической модернизации: цели, содержание, результаты, оценки.
26. Исторические портреты В.И.Ленина, Л.Д.Троцкого, И.В.Сталина (по выбору).

27. Национально-государственное устройство и особенности политической системы Советской России в 1920-1930-е гг.
28. Проблемы социокультурного развития в 1930-е гг.: достижения и потери. Сталинизм.
29. Внешняя политика СССР накануне и в начале Второй мировой войны: современные подходы и оценки.
30. Великая Отечественная война: исторические и политические споры.
31. «Холодная война» и ее причины. Мероприятия по ограничению гонки вооружений в 1960-1980-е гг.
32. Н.С.Хрущев: политический портрет. Проблемы «оттепели».
33. Л.И.Брежнев: политический портрет на фоне «застоя».
34. М.С.Горбачев и «перестройка».
35. Национальные конфликты на территории СССР в конце 1980-х – начале 1990-х гг. Распад СССР.
36. Эпоха Б.Н.Ельцина: политический портрет.
37. Период стабильности конца XX - начала XXI вв. В.В.Путин: социально-экономические и административно- политические проекты и реформы.

2.2. Требования к оформлению контрольных работ:

Контрольная работа печатается на компьютере на одной стороне белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала, 14 шрифтом.

Объем контрольной работы не должен превышать 25 страниц текста, включая титульный лист, план работы и список использованной литературы, исключая приложение. Каждый лист должен быть пронумерован арабскими цифрами. Номер страницы на титульном листе не ставится.

Текст должен быть разделен на разделы соответственно плану работы. Обязательно наличие оглавления, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы и источников.

Список использованной литературы должен включать не менее 5 источников, при этом обязательно использование текущей, периодической печати. Данные, полученные из Интернета, также обязательно должны быть включены в список, по названиям сайтов. При ссылках на Интернет-источники обязательно указание даты создания и последнего обновления используемых материалов.

Список литературы оформляется по алфавиту, начиная с фамилии, затем инициалы имени и отчества, далее название, место и год издания. После списка на русском языке, идет список на иностранном языке, затем названия сайтов.

На всю использованную литературу в тексте должны быть ссылки.

Иллюстрации (чертежи, таблицы, графики, схемы и карты) следует расположить на отдельных листах Приложения. Каждый лист Приложения нумеруется следующим образом: в верхнем правом углу - Приложение 1, ниже по середине – название иллюстрации, внизу, под иллюстрацией - наименование вида (типа) иллюстрации, например, картосхема 1. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте.

3. Примерные темы докладов и рефератов

1. Природа и общество: природно-климатический фактор в русской истории.
2. «Великое переселение народов» и проблема миграции славянских племен.
3. Проблема происхождения Древнерусского государства в отечественной историографии.
4. Языческие верования древних славян.
5. Христианизация Руси и ее значение.
6. Монгольское нашествие на Русь и его значение в концепции «евразийцев».
7. Северо-Восточная и Юго-Западная Русь в эпоху раздробленности: два пути развития русских земель.
8. Причины возвышения Москвы в отечественной историографии.
9. Идеологическая концепция «Москва – Третий Рим».
10. Эволюция социальной структуры русского общества в XIII-XV вв.
11. Сословно-представительные учреждения в России и Западной Европе: общее и особенное.
12. Московская Русь глазами иностранцев.
13. Реформы Избранной Рады.
14. Присоединение Зауралья к России: поход Ермака.
15. Смута на Руси: причины, характер, исторические альтернативы.
16. Проблема самозванчества в исторической литературе.
17. Соборное Уложение 1649 г.
18. Положение женщины в русском обществе по данным «Домостроя».
19. Церковный раскол и его влияние на русскую культуру.
20. Предшественники Петровских реформ (А. Ордин-Нащокин, В. Голицын).
21. Личность Петра I в исторической литературе.
22. Внешняя политика Петра I: от решения национальных задач к имперской политике.
23. Быт русского дворянства в XVIII в.
24. Фаворитизм в истории России XVIII в.
25. Правительственный конституционализм в XIX в.
26. Дворянская оппозиция: причины возникновения, взгляды, действия.
27. Внешняя политика России в XVIII в.
28. Кавказская война: история и современность.
29. Российские полководцы России XVIII-XIX вв.
30. Реформа 1861 г. в современной исторической литературе.
31. Российский либерализм второй половины XIX в.
32. Деятельность земских учреждений во второй половине XIX – начале XX в.
33. “Восточный вопрос” во внешней политике России.
34. Русский консерватизм XIX столетия: идеология и практика.
35. Эволюция российского революционного движения.

36. Реформаторы России XIX в.: проекты, планы, их реализация.
37. Российское крестьянство и аграрный вопрос в России (XIX – начало XX в.).
38. Реформы С. Ю. Витте, П. Д. Святополка - Мирского, П. А. Столыпина: сравнительный анализ.
39. Эволюция политической системы России в 1905 – 1907 гг.
40. Альтернативы политического развития России в 1917 г.
41. Политические партии в 1917 г.
42. Кризисы власти в 1917.
43. Октябрь 1917 г.: переворот, восстание, революция?
44. Политика “военного коммунизма”: сознательный выбор или необходимость?
45. Образование СССР. Особенности советской национальной политики.
46. Международное положение СССР в 1920-е гг.
47. Внутрипартийная борьба в РКП (б) – ВКП (б) в 1920-е гг.
48. Советская модель тоталитаризма.
49. Эволюция внешней политики СССР в 1930-е гг.
50. Советско – японское соперничество на Дальнем Востоке.
51. Советско – финская война.
52. Присоединение Прибалтики к СССР.
53. «Культурная революция» в СССР: итоги, цена, последствия.
54. Советско–германское сближение в 1939 – 1940 гг.: причины, проявления, последствия.
55. Русская православная церковь в годы войны.
56. Партизанское движение в годы войны: причины, характер, последствия.
57. Роль ленд-лиза в совместной борьбе против фашизма.
58. Формирование антигитлеровской коалиции: предпосылки и основные этапы.
59. Советский коллаборационизм: предательство или борьба со сталинизмом?
60. Человек на фронте и в тылу: человеческое измерение войны.
61. Разгром японской Квантунской армии (1945).
62. Встречи «Большой тройки»: итоги и последствия.
63. Ялтинско – Потсдамская система международных отношений.
64. Цена победы СССР в Великой Отечественной войне.
65. Финансовая реформа 1947 г.
66. Создание ядерного оружия в СССР.
67. Участие СССР в Корейской войне.
68. Советско – югославский конфликт.
69. Венгерские события 1956 г.
70. Социальная политика Советского государства в период «оттепели».
71. Курс на «развернутое строительство коммунизма» и «поздние реформы» Хрущева.
72. Реформы Н.С. Хрущева и А.Н. Косыгина.

73. Усиление консервативных тенденций в политической жизни страны в середине 1960- х – середине 1980-х гг. Диссидентское движение.
74. Особенности внешнеполитического курса в 1953 -1985 гг.
75. СССР в 1985 – 1991 г.: «перестройка» и ее итоги.
76. «Новое мышление» и международная практика советского правительства.
77. Современная Россия: характеристика социально-экономического, политического и духовного развития.

. Примерные вопросы для подготовки к экзамену

1. История как наука и учебная дисциплина. Всеобщая история и Отечественная история. Исторические источники. Историография курса.
2. Восточные славяне в древности. Этногенез.
3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII-IX вв.).
4. Первые древнерусские князья. Христианизация Руси.
5. Проблемы политического и социального развития Киевской Руси (X-XII вв.).
6. Феодальная раздробленность на Руси (XII-XIII вв.).
7. Монголо-татарское вторжение на Русь. Проблема последствий монгольского нашествия.
8. Борьба русских земель со шведской и немецкой агрессией в XIII в. Александр Невский.
9. Образование русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
10. Русское государство в XVI веке. Иван IV Грозный.
11. Внешняя политика и расширение территорий Российского государства в XVI веке.
12. Смутное время (начало XVII века).
13. Россия в середине XVII века. Формирование абсолютизма.
14. Народные движения второй половины XVII века. Церковный раскол.
15. Реформы Петра I: их содержание и последствия.
16. Дворцовые перевороты в России в середине XVIII века.
17. Россия в эпоху Екатерины II: просвещенный абсолютизм. Павел I.
18. Внешняя политика России в XVIII веке: события, итоги.
19. Россия в первой четверти XIX века. Реформы Александра I.
20. Отечественная война 1812 года: причины, ход событий, последствия.
21. Движение декабристов.
22. Россия в эпоху Николая I.
23. Отмена крепостного права в России. Эпоха «великих реформ» во второй половине XIX века.
24. Пореформенная Россия (в 1860-90-ые гг.).
25. Россия в годы царствования Александра III.
26. Вклад российской культуры XIX века в мировую культуру.
27. Россия на рубеже XIX-XX веков. Первая русская революция.

28. Внешняя политика в конце XIX-начале XX века. Русско-японская война: причины, события, итоги.
29. Россия в 1907-1914 годах. Реформы П.А.Столыпина.
30. Участие России в I мировой войне: причины, роль восточного фронта, последствия.
31. 1917 год в России (основные события, их характер, значение).
32. Гражданская война в России: причины, этапы, последствия).
33. НЭП: мероприятия, итоги, значение.
34. Образование СССР: причины и принципы создания Союза.
35. СССР в 30-е годы. Сталинизм.
36. Внешняя политика СССР в 1920-30-е годы.
37. СССР во второй мировой войне (1939-1945 гг.). Власть и общество в годы ВОВ.
38. СССР в 1945-1953 гг. Кризис сталинизма.
39. СССР в период реформ второй половины 50-х-первой половины 60-х гг.
40. СССР в середине 1960-80 гг. Период застоя.
41. «Перестройка» в СССР (1985-1991 гг.). Причины несостоявшегося реформирования советского общества.
42. Распад СССР: причины и последствия. Становление новой российской государственности.
43. Современная Россия. 1991-2001 гг.
44. Эволюция внешней политики СССР в 1945-1991 гг. Россия в системе современных международных отношений (1991-2001 гг.).

IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К СЕССИОННОМУ КОНТРОЛЮ (для студентов заочной формы обучения)

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины:

Хотелось бы обратить ваше внимание на поэтапность изучения материала по истории Отечества для более эффективного его усвоения.

Прежде всего, студенты знакомятся с историей образования и развития древнерусского государства Киевская Русь. Далее в курсе рассматривается процесс объединения русских княжеств вокруг Москвы, освобождения страны от ига, развитие России в XVIII – начале XX вв., как империи. Завершает лекционный курс материал, посвященный истории советского государства, и изучается современное развитие Российской Федерации.

Для успешного освоения курса рекомендуется использовать научно-методический комплекс по данной дисциплине. Следует ознакомиться с такими его составляющими как словарь по дисциплине, содержание основных рассматриваемых тем, список рекомендуемой литературы, планы семинарских занятий и вопросы для итогового контроля по предмету.

Эффективное освоение курса невозможно без активного использования рекомендуемой литературы. Обращаться к ней нужно как при разработке творческих и аналитических контрольных работ, так и для подготовки к итоговому контролю по дисциплине. При этом, желательно использование,

как учебной литературы, так и трудов монографического характера и статей в профессиональной и иной прессе.

В качестве итогового контроля предусмотрен письменный экзамен по билетам. Для подготовки к нему необходимо использовать как лекционные, так и дополнительные материалы.

Курс имеет, прежде всего, теоретическую направленность.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ

Требования к выполнению тестовых заданий для студентов **очной формы обучения:**

Текущий контроль знаний по дисциплине «История России» студентов **очной формы** обучения осуществляется в тестовой форме.

Тестовое задание включает в себя вопросы по нескольким ключевым темам учебной программы по модулям: «История России с древнейших времен по XVII в.», «История России XVIII – XIX вв.», «История России XX в.».

Тестовые задания если студент дал не менее 80% правильных ответов считаются выполненными. Время выполнения тестовых заданий – 2 академических часа.

Требования к выполнению контрольных работ для студентов **заочной формы обучения:**

Рубежный контроль знаний по дисциплине студентов **заочной формы** обучения проводится в форме письменной контрольной работы.

1. Контрольная работа выполняется по одной из предложенных тем. Темы работ приведены в разделе IX. «Методических рекомендациях по подготовке к сессионному контролю (для студентов заочной формы обучения)».
2. Объем работы не должен превышать 25 страниц печатного текста. На титульном листе необходимо обозначить тему работы, фамилию студента и номер его группы. Подробные рекомендации к оформлению контрольных работ – см. раздел IX.
3. Работа должна быть написана самостоятельно по материалам прочитанных источников. Цитирование допускается только в том случае, если указывается цитируемый источник.
4. Допускается использование литературы, не указанной в списке литературы к контрольным работам. Особое внимание надо обратить на новую литературу, вышедшую из печати за последние 5-7 лет.

Контрольные работы **оцениваются по пятибалльной шкале.**

Студенты, получившие оценку *«неудовлетворительно», обязаны повторно пройти процедуру рубежного контроля,* написав аналогичную работу по другой теме.

XI. ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дифференцированный зачет или экзамен по дисциплине как продолжение учебно-познавательного процесса является одной из форм его контроля и методом определения качества знаний, умений и навыков студентов, причем по всему учебному курсу.

Письменный экзамен, с одной стороны, способствует развитию «западающих» элементов культуры мышления, с другой, расширяет возможности информационно-коммуникационного взаимодействия. Студент получает больше возможностей для целостного изложения и аргументации своего понимания изученного материала. Кроме того, письменный текст наиболее адекватно отражает умение логично мыслить и в соответствии с проблемой выстраивать его содержание.

Условия допуска к экзамену:

Студенты **очной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований**:

- посещение семинарских занятий;
- выполнение тестовых заданий;
- подготовка докладов и сообщений;
- выполнение проверочных работ.

Студенты **заочной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований**:

- выполнение плановой контрольной работы.

Форма и содержание экзамена:

Экзамен Подробнее, что включает в себя экзамен – см. «Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов».

На подготовку по билету студенту, как правило, выделяется не более 30 минут.

Критерии оценивания:

Оценка за экзамен выставляется с учетом выполнения студентом теоретической (по билету) и практической (по карте) части по пятибалльной системе. По теоретической части экзамена студенту могут быть заданы уточняющие вопросы (на правильность понимания терминов, логики причинно-следственных связей). По практической части экзамена студент, если потребуется, должен показать и рассказать по карте события и военные действия по теме билета.

На экзамене выставляются:

- оценка «отлично» - если студент ответил на два вопроса билета и дополнительный вопрос;
- оценка «хорошо» - если студент ответил на два вопроса, но не ответил на дополнительный вопрос;

Письменный

- оценка «удовлетворительно» - если студент ответил на один вопрос билета и дополнительный вопрос.

X
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Апальков В.С. История Отечества / В.С. Апальков, И.М. Миняева: учебное пособие.- 2-е изд., испр. и доп. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. – 544с.

2. История России для технических вузов: учебник для бакалавров / под ред. М.Н. Зуева, А.А. Чернобаева. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 639 с . Серия Бакалавр. Базовый курс.

3. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

4. История России (IX – начало XXI вв.): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2010. – 479с.

История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», 2010. – 544с.

. История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

. История России в схемах: учебное пособие / А.С. Орлов, В.А. Георгиев, Н.Г. Георгиева, Т.А. Сивохина. – М., 2014. – 304 с.

. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.

. Мунчаев Ш.М. Политическая история России. От Смутного времени до Беловежской Пущи / Ш.М. Мунчаев, В. М. Устинов. – 2-е изд. , пересмотр. – М.: Норма, 2009. - 736 с.

. Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

Орлов А.С., Георгиева Н.Г., Георгиев В.А. Исторический словарь. – 2-е изд.. Москва:Проспект, 2015. – 592 с.

. Оськин М.В. История Первой мировой войны. - М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с.

. Семин В.П. История России: учебник / В.П. Семин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 440 с. – (Бакалавриат).

14. Семин В.П. История России: проблемы и вопросы: учебное пособие / В.П. Семин, М.В. Шадская. – М.: КНОРУС, 2015. – 654 с.(Бакалавриат).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Е.В. История России от Рюрика до Путина. Люди. События. Даты. – СПб.: Питер, 2008.- 588с.

2. Анисимов Е.В. Императорская Россия. – СПб.: Питер, 2012. – 640 с.

. Артемов В.В. История Отечества: С древнейших времен до наших дней: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.В. Артемов, Ю.Н. Лубченков. – 14-е изд, стер. - М.: Издат. центр «Академия», 2010. – 360с.
. Басовская Н.И. Антигерои истории. Злодеи. Тираны. Предатели / Н. Басовская. – М.: АСТ, 2013.
Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце / М.П. Бок. – М., 2006.
Будницкий О.В. Терроризм в российском освободительном движении: идеология, этика, психология (вторая половина XIX - начало XX вв.) / О.В. Будницкий. – М., 2000.
В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с.
Вернадский Г.В. Русская история: учебник. - М., 2001.
. Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с.
Гумилев Л.Н. От Руси до России. - М., 2006.
. Гуц А.К. Многовариантная история России. - М., СПб; 2001.
Данилов А.А. История России с древнейших времен до наших дней в вопросах и ответах: Учебное пособие. - М.: ТК Велби, Из-во Проспект, 2004.- 320с.
. Деревянко А.П. История России: с древнейших времен до конца XX в. - М.,

. Дворниченко А.Ю. Отечественная история (до 1917 г.): учебное пособие для студ. вузов. - М., 2005.
Дойчер И. Троцкий. Вооруженный пророк. 1879 – 1921 / И. Дойчер (пер. с англ. Т.М. Шумиловой). – М., 2006.
. Загладин Н.В., Козленко С.И. История Отечества XX- начала XXI вв. - М.,

. Золотарев В.А. Военная история. - М., 2001.
. Игнатов В.Д. Палачи и казни в истории России и СССР / В.Д. Игнатов. – М.: Вече, 2013.
История России / Под ред. А.С. Орлова, В.А. Георгиева. - М., 2003.
. История России: учебник / Под ред. В.Г. Деева, Ю.И. Казанцева. - М.-Новосибирск, 2000.
Каменский А.Б. От Петра I до Павла I: Реформы в России XVIII в.: опыт целостного анализа / А.Б. Каменский. – М., 2001.
. Каррер А.Э. Екатерина II. Золотой век в истории России. - М., 2006.
. Кизеветтер А.А. Исторические очерки: из истории политических идей. Школа и просвещение. Русский город в XVIII в. Из истории России в XIX в. - М., 2006.
. Кириллов В.В. Отечественная история XX- начала XXI вв. - М., 2004.
Козляков В.Н. Марина Мнишек / В.Н. Козляков. – М., 2005.
Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства / Э.С. Кульгин. – М., 2006.
Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- 64с.

Лукьянов Л.П. Восточные славяне: разве это мы? Эволюция VI – X вв. / Л.П. Лукьянов. – М., 2004.
. Маринович Л.П. Античная и современная демократия: новые подходы к сопоставлению. - М., 2007.
. Медведев Ф. Н. О Сталине без истерик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
. Миллер А.И. Империя Романовых и национализм: эссе по методологии исторического исследования. - М., 2006.
. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. - Екатеринбург, 2004.
М
у НЭП: экономические, политические и социокультурные аспекты / А. К Сенявский, В.Б. Жиромская, С.В. Журавлев и др. – М.: РОССПЭН, 2006. – 5 44с.
м Озерский В.В. Правители России от Рюрика до Путина. История в п портретах. Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 352с.
д Ольштынский Л.И. Угроза фашистского мирового господства: история и и современность (взгляд из XXI в.). - М., 2003.
н Павленко Н.И., Андреев И.Л. История России с древнейших времен до к конца XVII в. - М., 2001.
. Павленко Н.И., Ляшенко Л.М., Твардовская В.А. История России XVII – XI XIX вв. - М., 2001.
Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. – М., 2006.
О Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - СПб., 2001.
т Пути России. Историзация социального опыта / Том XVIII. – Новое п литературное обозрение, 2013.
ч Россия, Польша, Германия: история и современность европейского единства в в идеологии, политике и культуре / Сост. Б.В. Носов. - М.: Индрик, 2009. – 3 368с.
С Савицкий В.Д. Три века российского самовластия: сомнения, недоумения, к коррективы – СПб., 2004.
е Свердлов М.Б. Домонгольская Русь: князь и княжеская власть на Руси VI – н первой трети XIII вв. – СПб., 2003.
н Семин С.В. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное а пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 653с.
К Синелина Ю.Ю. Секуляризация в социальной истории России. - М., 2004.
Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.
и Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.
с Соколов А.В. Интеллигенты и интеллектуалы в российской истории. – СПб.: И Из-во СПб ГУП, 2007. – 344с.
о Соколофф Ж. Бедная держава: История России с 1815 года до наших дней / Р Пер. с фр. Н.Ю. Панина. – М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2008. – 882с.
и Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской я государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – 584с.
н
о
в
е

. Троцкий Л. Сталин. Красный «царь» / Л. Троцкий, И. Дойчер, Т. Клифф. – М.: Алгоритм, 2013.
Федоров В.А. История России с древнейших времен до наших дней. - М.,

Человек-Общество-Армия-Война: сборник докладов на XXIII Военно-научной конференции 23 окт. 2008 г. – Екатеринбург: ГУ, 2008. – 232с.
Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век / Н.Я. Эйдельман. – М., 2006.
Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы / С.А. Экштут. – СПб., 2004.
Юрьевская Е.М. Александр II / Е.М. Юрьевская. – М., 2004.
. Яковер Л.Б. История России. - М., 2002.

ИСТОЧНИКИ

1. Восстание декабристов. Документы. Т.1-18. - М.; Л., 1925-1986.
2. Законодательные акты Русского государства втор. пол. XVI – перв. пол. XVII в. - Л., 1986.
3. Кушнир А.Г. Хроноскоп: летопись фактов и событий отечественной истории за два тысячелетия от Рождества Христова. - М., 2003.
4. Шмидт С.О. Памятники письменности в культуре познания истории России. Т.1. Допетровская Русь. - М., 2007.
5. Памятники русского права. Вып. 1-8. - М., 1953-1961.
6. Печенев В.А. «Смутное время» в новейшей истории России (1985 – 2003 гг.): исторические свидетельства и размышления участника событий. - М., 2004.
7. Полное собрание русских летописей. Т.1-39. - СПб.; М.; Л., 1841-1990.
8. Программы политических партий России конец XIX – первая половина XX вв. - М., 1995.
9. Российское законодательство с древнейших времен до начала XX в. Т.1-6. - М., 1984-1988.
10. Русская православная церковь в советское время (1917-1991 гг.) / Сост. Г.Штриккер. Кн. 1-2. - М., 1995.
11. Соловьев С.М. Публичные чтения по истории России. - М., 2005.
12. Сталинское Политбюро в 1930-е годы. Сборник документов. - М.,

13. Хрестоматия по отечественной истории. 1914-1945 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.
14. Хрестоматия по отечественной истории. 1946 - 1994 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.

4. СЛОВАРИ, СПРАВОЧНИКИ

1. Государственность России: словарь-справочник. - М., 1996.
Данилов А.А. История России IX-XIX вв.: справочные материалы. - М., 1997.
3. История России: тысячелетие дипломатии и войн. Вып.1-2. - Екатеринбург, 1995.

Похлебкин В.В. Внешняя политика Руси, России и СССР за 1000 лет в именах, датах и фактах. Справочник. Вып. 1-3. - М., 1992.
Похлебкин В.В. Татары и Русь. 360 лет отношений Руси с татарскими государствами в XIII – XIVвв. 1238-1598 гг. (от битвы на р. Сить до покорения Сибири): Справочник / В.В. Похлебкин. – М., 2005.
Политические партии России конец XIX – первая половина XX вв. Энциклопедия. - М., 1995.
Политические деятели России 1917 г. Биографический словарь. - М., 1993.

5. ВЕБ-РЕСУРСЫ

1.Хрестоматия электронных текстов на сайте «Заметки на полях»

2.Библиотека электронных ресурсов на сервере исторического факультета М

3.История. Приложение к газете «Первое сентября» (http://www. I September. ra./ru/his. htm).

4.Российский электронный журнал «Мир истории» (http://www. tellur. ra./~ t

5.Журнал «Новая и новейшая история» (http://www. bitpro. ru/CATOLOG/).

6.Материалы Независимого теоретического семинара "Социокультурная методология анализа российского общества". Ряд материалов посвящен различным аспектам истории России и ее культуры (http://scd. plus, centre ru/).

7.Алтайский региональный исторический сервер: виртуальный читальный зал, ресурсы, ссылки (http://hist. den-asu. ra/sourses. shtml).

8."Сибирская Заимка". Сервер посвящен истории Сибири: опубликованные научно-популярные, научные работы, касающиеся с

9.Сервер об истории и устройстве Русской православной церкви h

t 10.Коллекции ссылок на исторические ресурсы в сети Интернет:

на сервере исторического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова (http://www. hist. msu. ru. /Links/ worldu.htm).

на Алтайском историческом научно-образовательном сервере Ассоциации «

И на сервере издательства «Клио» (http:// www. history. ru/hist. htm).

с

т

о

XIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Демонстрационные / иллюстративные материалы

и - карты и атласы по Отечественной истории;

я - учебники и учебные пособия;

- раздаточные материалы для дискуссий, организации дебатов,

и тестирования;

- мел, доска.

к *2. Технические средства*

о - компьютерная техника, мультимедийное оборудование:

м

п

ь

ю

1) экран;
мультимедийный проектор проектор;
3) ноутбук (или персональный компьютер);
4) колонки, микрофон.

Приложение1.

Тема 2. СЛАВЯНСКИЙ ЭТНОГЕНЕЗ

- Теории энтогенеза восточных славян
- Природные условия и территория расселения восточных славян
- Экономическое развитие и общественный строй восточных славян
- Обычаи, нравы и верования восточнославянского этноса

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Этногенез — весь процесс существования и развития этнической системы от момента ее возникновения до исчезновения. Существует множество концепций происхождения и прародины славян, среди них ведущие позиции занимают: миграционная (пришли на Восточно-Европейскую равнину): а) «дунайская» (С.М. Соловьев, В.О. Ключевский), б) «прибалтийская» (М.В. Ломоносов, А.Г. Кузьмин); автохтонная - славяне как этнос сформировались на территории Восточно-Европейской равнины и являлись исконным населением (Б.А. Рыбаков); 3) одерско-висловская — прародиной славян считается территория между Одером и Вислой; одерско-днепровская - район между Одером и Средним Днепром (М.С. Шумилов,

С.П. Рябикин).

2. Праславяне принадлежали к Древнему индоевропейскому единству, сложившемуся в V—IV вв. до н.э. в северо-восточной части Балкан и на территории Малой Азии. На рубеже III—II вв. до н.э. на основе развития в Евразии пастбищного скотоводства индоевропейские племена в поисках пастбищ ушли в Среднюю Азию и Северную Индию. Формируются этнографические группы: кельтская, германская, романская (славянская), греческая, иранская, балтийская. Появление славян как самостоятельного этноса датируется I в. до н.э, В античных источниках в первом веке нашей эры славян знали под именами «антов» и «венедов». С VI в. н.э. закрепился термин — «славяне». В ходе Великого переселения народов, проходившего в III—VII вв., славяне, осваивая различные территории, разделились на три ветви: западную (поляки, чехи, словаки и др.), южную (болгары, сербы, хорваты и др.) и восточную (белорусские, русские и украинские народы). Восточные славяне в VI—VII вв. заняли территорию: с севера на юг — от Невы и Ладожского озера до Среднего Приднепровья и с запада на восток — от Карпатских гор до Средней Оки и верховьев Дона.

3. Климат в средней полосе Восточно-Европейской равнины был континентальный. Вся жизнедеятельность людей была связана с лесом. Его использовали как строительный материал, топливо, для изготовления домашней утвари. Не менее благоприятное влияние на жизнь людей оказывали реки. Они служили средством общения между племенами, снабжали людей рыбой для еды и обмена. По берегам рек шло расселение славянских племен, строились поселения, в дальнейшем города. Речные пути приобретали и международное значение: с VI в. появился водный торговый путь «из варяг в греки», позволявший торговать восточным славянам с Византией, другой путь, «из варяг в персы», служил сообщением с волжскими болгарами, Хазарским каганатом и далее — со Средней Азией и арабским миром.

4. Восточные славяне делились на племенные союзы, и местами их расселения были: по западному берегу Днепра и реке Рось жили поляне; на запад от них по Припяти селились древляне, а севернее — дреговичи; по Оке — вятичи; вокруг озера Ильмень — ильменские словене; по реке Сож — радимичи; в верховьях Волги, Днепра, Западной Двины — кривичи; по среднему течению реки Днепр и по реке Десна — северяне.

5. Основными занятиями славян были охота, рыболовство, скотоводство, бортничество. Позже славяне начали заниматься земледелием. Существовало две системы земледелия: на юге, где была лесостепь, — перелог; на севере, где росли непроходимые леса, в основном была подсечно-огневая.

6. Во главе каждого племени или рода у восточных славян стоял старейшина. Существовал совет старейшин, где обсуждались различные вопросы, а также общее собрание рода или племени — вече. Верховным судьей и предводителем войска был князь. Ему подчинялись военные люди, составлявшие княжескую дружину. Такое управление позже получит

название военной демократии.

7. По своим верованиям древние славяне были язычниками. Они поклонялись явлениям природы, обожествляя их. У восточных славян были свои языческие праздники, связанные с временами года и земледельческими работами (Масленица, I праздник Ивана Купалы, праздник урожая и т.д.). Известно, что у славян довольно долго сохранялся закон кровной мести.

Тема 3. КИЕВСКАЯ РУСЬ В IX-XII ВВ. РУСЬ В ЭПОХУ ФЕОДАЛЬНОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ. БОРЬБА РУССКИХ ЗЕМЕЛЬ С ВНЕШНИМИ ВТОРЖЕНИЯМИ

- Киевская Русь: социально-экономическое, политическое и культурное развитие (IX- начал. XII вв.)
- Эпоха феодальной раздробленности на Руси. Основные политические центры (XII-XIII вв.)
- Борьба с иноземными нашествиями в XIIIв.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Возникновение русского государства имело ряд особенностей, связанных с географическим положением его меж Европой и Азией и неимением естественных географически раниц, а также необходимостью совместной защиты живущих здесь племен от внешних врагов, которая сплачивала их и заставляла создавать сильную государственную власть.

2. Вопрос о происхождении государственности на Руси до сегодняшнего дня остается спорным в среде историков. В XVIII в. немецкие ученые на русской службе Г.З. Байер, Г.Ф. Миллер разработали норманнскую теорию, согласно которой государство на Руси было создано норманнами (варягами). Против этой концепции выступил М.В. Ломоносов, положив начало полемике между норманистами и антинорманистами, которая 1родолжается уже более двух столетий.

3. Историки делят историю Киевской Руси на три периода:

- первый - период становления Древней Руси при первых князьях Рюриковичах (вторая половина IX - последняя треть X вв.);
- второй - период расцвета Киевской Руси при Владимире I и Ярославе Мудром (конец X - первая половина XI вв.);
- третий — период начала территориальной и политической раздробленности Древнерусского государства и его распада (вторая половина XI — Первая треть XII вв.).

4. Перед киевскими князьями стояло несколько задач:

1) объединение восточных славян под властью Киева; 2) укрепление государства и распространение своей власти внутри страны; 3) торговля с

Византией; 4) борьба со степными кочевниками: хазарами, печенегами, половцами.

5. Первые князья Киевской Руси: Рюрик, Олег, Игорь, Ольга — настойчиво расширяли свои владения, подчиняли себе восточнославянские племена, сменяя местных племенных князей на присланных наместников из Киева. Новгородские бояре в 862 г. пригласили княжить в Новгород Рюрика — начальника отряда варягов, который положил начало династии Рюриковичей. В 882 г князь Олег захватил Киев, тем самым объединив северные и южные племенные союзы. Киев назвал «матерью городов русских». Олег стал великим киевским князем. В 907 г. в результате успешного похода князя Олега на Царь град были урегулированы отношения между Русью и Византией. Князь Игорь предпринимает два похода на Византию и заключает договор о мире, торговле и взаимной помощи, обеспечивает беспрепятственную торговлю в Царь граде. В 945 г. при попытке повторного сбора дани с древлян был убит. Его вдова княгиня Ольга отомстила за смерть мужа, навела порядок в русских землях, ввела законы налогового права «уроки и погосты», в конце жизни посетила Царь град и крестилась там в православие. Ее сын князь Святослав, выдающийся древнерусский полководец, предпринял ряд удачных походов: разбил хазар, затем волжских булгар, подчинил вятичей; но вел неудачную войну с Византией, был убит печенегами.

6. Сын Святослава — Владимир Красное Солнышко — стал объединителем всех земель восточных славян в состав Киевской Руси. Он организовал надежную систему обороны ее степных границ от кочевников. В годы его правления Русь принимает христианство (988 г.). После смерти Владимира начались междоусобные войны его сыновей. Пасынок Владимира Святополк Окаянный убил своих братьев Бориса, Глеба и Святослава, захватил Киев, но старший из братьев, Ярослав, наместник Новгорода, победил Святополка и стал великим киевским князем.

При Ярославе Мудром Киевская Русь достигла вершины своего могущества. Ему подчинялись земли от Черного моря до Баренцева. Он разбил печенегов, укрепил международные связи при помощи политических браков с такими странами, как Швеция, Норвегия, Польша, Франция, Византия. В годы его правления появился первый свод русского законодательства Русская Правда. Происходит культурный расцвет русского государства.

7. После смерти Ярослава Мудрого наследники не смогли сохранить единство русской земли. Раздоры князей, половецкие набеги, волнения горожан заставили киевскую знать в начале XII в. призвать на княжение внука Ярослава Мудрого - Владимира Всеволодовича Мономаха. Он совершил успешный поход на половцев, восстановил на короткий срок единство русских земель, создав союз князей под руководством великого киевского князя. Его сын Мстислав на короткий период удерживает относительную целостность Руси. Но после его смерти Русь начинает распадаться на самостоятельные княжества и земли.

8. В IX—XIII вв. основной сферой хозяйственной деятельности в Древней Руси было земледелие. Большое развитие получили города как центры ремесла и торговли. В X-XI вв. доминировала государственная собственность на землю, которая позволяла киевским князьям взимать дань с подвластного населения. Во второй половине XI в. в различных русских землях возникло частное землевладение — княжеские, боярские и монастырские вотчины.

9. Русь в X—XII вв. представляла собой раннефеодальную монархию с великим князем во главе. При князе состояли дружинники, ведавшие сбором дани, судом. В городах назначались князем посадские и воеводы. Вассалами князя являлись его родственники, правители удельных земель. Феодалы платили князю дань, но своими вотчинами распоряжались самостоятельно. Основными социальными категориями этого периода являлись: высшие классы - князья, бояре и другие собственники больших земельных имений, богатые купцы в городах; средний класс — купцы и мастера - ремесленники (в городах), владельцы средних и небольших имений (в сельской местности); низшие классы - беднейшие ремесленники и крестьяне, заселявшие государственные земли. Кроме свободных людей, в Киевской Руси существовали также полусвободные (закупы, рядовичи) и невольники (холопы, челядь).

10. Во второй трети XII в. (1132 г.) на Руси начался длившийся до конца XV в. период феодальной раздробленности. Причинами ее были: 1) ослабление власти киевских князей и укрепление власти феодалов на местах, в результате роста крупных землевладений; 2) отсутствие прочных экономических связей между областями: не было общего рынка, господствовало натуральное, феодально-вотчинное хозяйство; 3) отсутствие серьезной внешней угрозы для всей восточнославянской общности.

11. Политическими наследниками Киевской Руси стали 15 крупных княжеств и феодальных республик. Наиболее значительными были Владимиро-Суздальское княжество, Новгородская боярская республика и Галицко-Волынская земля - три политических центра, имевших огромное влияние на развитие соседних с ними земель. Своеобразный уклад общественной и политической жизни образовался в Новгородской земле. Власть в Новгороде фактически принадлежала богатому боярству. Оно держало в руках городское собрание свободных граждан — вече. Вече избирало из числа бояр посадника, тысяцкого, командовавшего народным ополчением, архиепископа, ведавшего казной и внешними отношениями. Новгородская боярская республика была огромным государством, занимавшим территорию от Верхней Волги до Балтийского и Белого морей, просуществовала около трех с половиной столетий.

12. Последствия феодальной раздробленности имеют как знак плюс, так и знак минус. За годы феодальной раздробленности происходило развитие политической, экономической, культурной жизни русских земель. Но княжеские усобицы, постоянное дробление княжеств между наследниками, разрушительные войны ослабили обороноспособность и

политическое единство страны.

13. Раздробленная на обособленные княжества Русь не смогла собрать достаточно сил для отпора татаро-монголов. В конце XII — начале XIII вв. в Центральной Азии возникло монгольское государство, возглавил его Темучин, который в 1206 г. был провозглашен великим ханом под именем Чингисхан. Армия монголов под его руководством начала завоевательные походы. В 1223 г. на реке Калке произошло первое столкновение русских войск совместно с половцами с монгольским войском, где объединенные войска потерпели поражение. Внук Чингисхана Батый в 1237 г. начал покорение Северо-Восточной Руси. В 1238 г. были завоеваны: Рязань, Коломна, Москва, Ростов, Ярославль, Тверь, Юрьев; в 1239 г. — города Переславль и Чернигов, в 1240 г. пал Киев, захвачена Галицко-Волынская земля. В 1242 г. на Нижней Волге возникла Золотая Орда - мощное татаро-монгольское государство, в состав которого вошли завоеванные русские земли, где Батый и его преемники частично сохранили систему управления, сложившуюся до нашествия.

14. Практически одновременно с нашествием татаро-монголов на южные русские княжества шведские корабли вошли в устье реки Невы с целью захвата Новгорода и Пскова и насаждения католической веры. 15 июля 1240 г. князь Александр Ярославич выигрывает сражение над шведами на Неве, за что получает прозвище Невский. Вслед за шведами на русские земли нападают объединенные силы Ливонского ордена при поддержке датских и немецких рыцарей и захватывают город Изборск, а затем и Псков. В 1242 г. Александр Невский освобождает эти города. Решающая битва между новгородским войском и силами Ливонского ордена состоялась 5 апреля 1242 г. на Чудском озере. Рыцарское войско потерпело сокрушительное поражение. В результате было остановлено наступление рыцарей на Северо-Западную Русь.

15. Татаро-монгольское иго (1240—1480) — это сложная система, главной целью которой было использование военного и экономического потенциала Руси в интересах Золотой Орды. Оно характеризовалось: в экономической сфере — ежегодной выплатой огромной дани татаро-монголам: в политической — жестким контролем Орды за деятельностью русских князей при помощи выдачи ярлыков на княжение; в культурной — принудительным использованием русских мастеров для строительства и укрепления городов Золотой Орды, расхищения татарами материальных и художественных ценностей, веками накопленных в русских городах.

16. Татаро-монгольское иго привело к длительному упадку в культурной, хозяйственной жизни русского общества, политической зависимости Северо-Восточной Руси от Золотой Орды, искусственно изолировав эти земли от западного мира и Византии. Возможности влияния греческой православной цивилизации на Русь резко уменьшились, но воспринятые ранее традиции уже укоренились в восточнославянском церковном быту и развивались на новой почве. Власть Орды создавала серьезные проблемы для русского общества, уродливо деформируя многие

государственные структуры. Однако постепенно стали складываться объединительные тенденции в русских княжествах.

Тема 4. СКЛАДЫВАНИЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВА В XIV-XVI ВВ.

- Предпосылки образования единого русского государства
- Объединение русских земель вокруг Москвы. Начало государственной и политической централизации (XTV - начало XV вв.)
- Образование российского государства (конец XV - начало XVI вв.)
- Российское государство в XVI веке. Иван Грозный

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Предпосылками объединения русских земель в единое государство были: развитие феодального землевладения; стремление бояр приобретать вотчины за пределами своих княжеств; укрепление на Руси власти и лидерства московских князей; наличие обшей официальной религии — православия во всех русских землях; необходимость освобождения от ордынского ига.

2. Причинами возвышения Московского княжества как центра объединения русских земель являлись: личностные качества первых московских князей, их политическая ловкость и хозяйственность; выгодное географическое положение, давшее приток населения, торговые и политические преимущества; поддержка со стороны Церкви и перенос центра русского православия из Владимира в Москву; содействие Орды; получение ярлыков на княжение (с Ивана Калиты — на великое княжение).

3. Возвышение Московского княжества происходило в самом начале XIV в. Оно связано с именем младшего сына Александра Невского князя Даниила Александровича, который получил в удел небольшой городок Москву, явился основателем династии московских князей. При князе Данииле началось постепенное расширение Московского княжества. В его состав вошли; отвоеванная у рязанского князя Коломна, присоединенный Можайск, земли Переяславского княжества. В результате территория Московскою княжества увеличилась почти в 2 раза.

4. Основы политического и экономического могущества Москвы были заложены при сыне князя Даниила - Иване Данииловиче (1325—1340) по прозвищу Калита. При нем борьба Москвы и Твери за великокняжеский престол завершается победой Московского княжества. Иван Даниилович, разгромив восстание в Твери, получил ярлык на великое княжение. В годы его правления митрополичья кафедра была перенесена из Владимира в Москву, тем самым Москва стала религиозным и идеологическим центром Руси. Иван Калита добился необходимой передышки от ордынских вторжений, давшей возможность поднять экономику и накопить силы для

борьбы с татаро-монголами, получил право сбора дани с русских княжеств и доставки ее в Орду, значительно расширил свои владения (подчинил княжества: Галичское, Угличское, Белоозерское).

5. Дальнейшее усиление Московского княжества происходит при внуке Ивана Калиты — князе Дмитрии Ивановиче по прозвищу Донской (1359—1389). В годы его правления соотношение сил на Руси изменилось в пользу Москвы. Этому процессу способствовало следующее: построен всего за два года неприступный белокаменный Кремль Москвы — единственная каменная крепость на территории Северо-Восточной Руси; отбиты притязания на общерусское лидерство Нижнего Новгорода, Твери, отражены походы литовского князя Ольгерда; в 1378 г. на реке Воже объединенными русскими силами были разбиты монголы. С этого времени борьба против Орды приняла характер организованных военных сражений. Решающее сражение произошло летом 1380 г., когда хан Мамай, заключив союз с литовским князем, выступил против русских. Дмитрий Иванович, получив благословение игумена Троицкой обители Сергия Радонежского и поддержку православной церкви, на Куликовом поле разбил войска Орды. Это было первым шагом обретения Русью национальной независимости. Однако Москва была снова разорена в 1382 г. Тохтамышем и вынуждена платить дань. Перед смертью Дмитрий Донской передал великое княжество Владимирское своему сыну Василию (1389—1425) по завещанию как отчину московских князей, не спрашивая права на ярлык в Орде. Это стало началом нового этапа отношений между Ордой и зависимой пока Русью.

6. Василий I сумел упрочить положение Москвы как центра русских земель. Он присоединил Нижегородское, Муромское, Тарусское княжества, некоторые владения Великого Новгорода. I Подавляющая часть князей, еще сохранившая свой суверенитет, вынуждена была в той или иной мере подчиняться ему. В военных и дипломатических отношениях с Ордой и Литвой Василий I выступал уже от имени всей Северо-Восточной Руси.

7. После смерти Василия I процесс объединения русских земель был приостановлен ожесточенной феодальной войной, которая продолжалась с переменным успехом в течение 20 лет (1433—1453), принося разорение земель, упадок многих городов, ордынские набеги. Феодальная война закончилась победой сил централизации. Василий II Темный сумел победить и укрепить великокняжескую власть.

8. После смерти Василия II Темного московский престол занял его старший сын Иван Васильевич, ставший соправителем отца еще при его жизни. Именно ему выпало завершение процесса объединения русских земель и свержения золотоордынского ига. В правление Ивана III закончилось собирание земель под власть Москвы, были заложены основы российского самодержавия; укреплен государственный аппарат; повысился престиж Москвы. В годы его правления были присоединены Великое Ярославское княжество (1463), Пермский край (1472 г.), Великое Ростовское княжество (1474), Новгород и его владения (1478), Великое княжество Тверское (1485), Вятская земля (1489). Великие и удельные князья отказались

от верховных прав в своих владениях и перешли под политическое покровительство московского князя. Иван III стал именоваться государем всея Руси. В целом единое государство было создано и окончательно утвердило свою независимость, так как Иван III отказался ездить в Орду и посылать дань. Попытка хана Ахмата восстановить права Орды закончилась в 1480 г. стоянием на реке Угре и бегством татар.

9. Иван III расширил международные связи, установил дипломатические отношения с Германией, Венецией, Данией, Венгрией и Турцией, женился на Софье Палеолог, племяннице последнего византийского императора. Московский князь распоряжался землей, набирал себе войско. Высшим совещательным органом при государе становится Боярская дума. Представители князя распоряжались казной, командовали войсками, управляли областями. В 1497 г. для закрепления централизованной системы управления и суда на всей территории государства был издан свод законов - Судебник, который юридически подтвердил политический и социальный строи русского феодального государства. После падения Византии под ударом турок (1453) Москва стала ее преемницей. Россия была последним оплотом православия и способствовала определенной идеологизации верховной государственной власти. С XVI в. распространяется идея о Москве как о Третьем Риме, в котором тесно переплетаются религиозные и политические мотивы. Новое значение великого князя Московского отразилось на государственном праве. Иван III передал по наследству своему старшему сыну Василию целый ряд политических преимуществ. Василий III фактически завершил объединение Великороссии и превратил Московское княжество в национальное государство. Образовалась крупнейшая в Европе держава, которая с конца XV в. стала называться Россией.

10. Все XVI столетие шло стремительное расширение границ Российского государства. Вслед за Василием III, после регенства Елены Глинской (1533—1538) и боярского правления (1538-1547), политику собирания русских земель успешно проводил Иван IV Грозный (1547—1584). Несмотря на неудачную Ливонскую войну, в результате присоединения к Российскому государству Казанского ханства, Астраханского ханства, присоединения Башкирии, вхождения в состав России народов Западной Сибири, Россия стала одним из крупнейших государств в Европе и Азии.

11. После смерти Василия III идут годы боярского правления Лишь в 1547 г. 18-летний Иван Васильевич официально венчался на царствование. Начальный период его правления ознаменовался крупными внутри- и внешнеполитическими успехами.

12. Реформы Ивана IV 40—50-х гг. XVI в.: 1) при царе сложилась Избранная рада (князь Курбский, Алексей Адашев, митрополит Макарий и др.), которая разработала и провела множественные реформа центрального и местного управления; 2) было создано всесословное высшее государственное учреждение — Земский собор — в противовес Боярской думе, где решались вопросы общегосударственного значения; 3) в 1550 г. был принят новый Судебник, ограничивший права наместников и впервые вводивший наказание

за взяточничество; 4) изменилось центральное государственное управление - создана система специализированных приказов; 5) была реорганизована система местного управления; 6) проведена реформа налогообложения; 7)было организовано первое постоянное войско из стрельцов; 8) унифицирована денежная система. Таким образом, проведенная серия реформ повысила централизацию и эффективность управления, оформила государственный аппарат, который до этого времени носил черты великокняжеского правления.

13. В период 1565—1572 гг. политика Ивана IV получила название «опричнина». Государство было разделено на две части опричнину — особый государственный удел, где право подменялось произволом монарха, и земщину под управлением Боярской думы. Целями опричнины были: 1) установление неограниченной власти царя; 2) борьба с феодальной аристократией (самостоятельностью боярства); 3) ликвидация остатков феодальной раздробленности (удельных княжений, Новгородской вольницы). Опричнина привела к перераспределению земельных владений среди господствующих сословий и вылилась в массовый террор. Вначале он был направлен против аристократии, а затем против всех остальных слоев общества, и особенно городских. В целом задача, поставленная Иваном Грозным, — сломить сопротивление оппозиции, усилить власть царя - была решена. Опричнина объективно способствовала дальнейшей централизации государства. Но, с другой стороны, она имела губительные последствия для экономического и нравственного состояния общества: 1) экономический кризис в стране; 2) следствием сокращения посевных площадей стал голод (500 тыс. умерших); 3) опричнина, разорив крестьян и стимулировав их бегство, послужила одной из причин принятия первых закрепостительных актов. В 1581 г. был издан указ о заповедных годах, в котором запрещались переходы крестьян. Помещики, потеряв крестьян, пытались получить большой оброк с оставшихся; 4) подорваны резервы России в целом.

14. В конце жизни Ивана Грозного ожидала трагедия: вместе со смертью убитого им сына Ивана погибла надежда на достойного преемника на российском троне. Второй сын, Федор, был слабоумным, а третий — Дмитрий — родился лишь в 1582 г. Когда в 1584 г. Иван IV умер, царем был провозглашен Федор, при котором фактически правил Борис Годунов. А после трагической гибели царевича Дмитрия и смерти в 1598 г. бездетного Федора прекратилась династия Рюриковичей на Российском троне. Царем Земский собор избрал Бориса Годунова.

Тема 5. РУССКОЕ ГОСУДАРСТВО В XVII В.

- Смутное время (1598-1613)
- Социально-экономическое развитие России в XVII в.
- Формирование абсолютной монархии в России

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Смутное время (1598—1613) — это период глубокого социально-экономического, политического и духовного кризиса русского общества. Сначала династический кризис — пресечение династии Рюриковичей и борьба боярства за власть. Затем, как результат этой неразборчивой в средствах борьбы с привлечением русских авантюристов и иностранных наемников, — полная потеря государственной власти — государственный кризис. С ослаблением власти нарастал социальный кризис. Он выражался в многочисленных мятежах. В обществе действовал нравственный кризис.

2. Причинами Смуты, по мнению историков, являлись: 1) последствия опричнины Ивана Грозного; 2) стремление различных слоев общества улучшить свое сословное положение; 3) династический кризис; 4) падение нравственности; 5) неурожаи и голод 1,601-1603 гг.; 6) активность казачества в связи с попытками правительства подчинить казацкие земли; 7) иностранная интервенция.

3. Основные события Смутного времени можно разбить на три этапа: 1) 1598-1605 гг. — пресечение династии Рюриков, правление Бориса Годунова, неурожай и массовый голод в стране (1601—1603), нарастание социальной напряженности в России, воцарение Лжедмитрия I; 2) 1606—1610 гг. — царствование Василия Шуйского; крестьянское восстание под руководством И. Болотникова, начало польско-шведской интервенции, появление Лжедмитрия II (по прозвищу Тушинский вор); 3) 1610- 1613 гг. — правление Семибоярщины; действия первого и второго ополчений, освобождавших Москву от польских интервентов; установление новой династии Романовых

4. Последствием событий Смуты во внешней политике было восстановление территориального единства России, хотя часть русских земель оставалась за Речью Посполитой и Швецией. Во внутриполитической жизни государства: дальнейшее ослабление позиций боярства, могущество которого было подорвано в годы опричнины; возвышение дворянства, получившего новые поместья и возможности для окончательного закрепощения крестьян; тяжелые экономические потрясения, финансовые проблемы, что повлекло за собой закрепощение посадского и сельского населения; войны XVII в.

5. Основное значение Смуты состоит в том, что, в отличие от многих других гражданских войн во всемирной истории, она завершилась не установлением нового общественного строя, а восстановлением, реставрацией монархической государственности. В конкретных геополитических условиях того времени был избран путь дальнейшего развития России: самодержавие как форма политического правления, крепостное право как основа экономики, православие как идеология.

6. Несколько десятилетий понадобилось, чтобы преодолеть трагические последствия Смутного времени и вывести страну из кризиса. Восстановление экономики и изменения в ней происходили на фоне сильнейших социальных потрясений, не прекратившихся и после окончания Смуты. Медный, Чумной,

Соляной бунты, другие городские восстания, выступления стрельцов, мощное движение под предводительством Степана Разина, выступления, связанные с церковной реформой и расколом, сопровождавшим «бунташный» XVII в. буквально на всем его протяжении: последняя дата в истории Московского государства — Стрелецкий бунт 1698 г.

7. В XVII в. происходил дальнейший рост феодальной земельной собственности, передел земель внутри господствующего класса. Новая династия Романовых, укрепляя свое положение, широко использовала раздачу земель дворянам. В центральных районах страны практически исчезло землевладение черносошных крестьян. Запустение центральных уездов в результате длительного кризиса и оттока населения на окраины явилось одной из причин усиления крепостного права.

8. В сентябре 1648 г. в Москве созван Земский собор, который выработал и принял новый Судебник — Соборное уложение (1649). Уложение закрепило статус, обязанности и привилегии основных сословий, отразило такую социальную тенденцию, как возрастание общественного веса и роль средних служилых слоев. Были расширены права поместных землевладельцев, дворяне получили право наследования поместья, могли обменивать поместья на вотчины. В Уложении по требованию дворян были включены статьи о запрещении расширения церковного землевладения. Одновременно, согласно Соборному уложению, крестьяне окончательно прикреплялись к земле, а посадское население — к посадам. Уложение явилось юридическим оформлением системы крепостничества.

9. В XVII в. наблюдалось перерастание ремесла в мелкотоварное производство. Дальнейшее развитие получили центры металлургии и металлообработки, текстильных изделий, солеварения, ювелирное дело. Все это подготовило базу для появления мануфактур. К концу века в России насчитывалось 30 мануфактур. Но до 90-х гг. XVII в. металлургия оставалась единственной отраслью, где действовали мануфактуры. Кроме частновладельческих мануфактур, основывались казенные, при поддержке государства. Поскольку в стране не было свободных рабочих рук, государство стало приписывать, а позднее разрешило заводам покупать крестьян. Возрастает роль купечества в жизни страны. Большое значение приобрели постоянно собиравшиеся ярмарки: Макарьевская (около Нижнего Новгорода), Свенская (в районе Брянска), Ирбитская (в Сибири), в Архангельске и др., — где купцы вели крупную по тем временам оптовую и розничную торговлю. Наряду с внутренней, росла и внешняя торговля. В XVII в. значительно расширился обмен товарами между отдельными регионами страны, что говорило о складывании всероссийского рынка. Началось слияние отдельных земель в единую экономическую систему.

10. В 1653 г. патриарх Никон, желая укрепить упавший авторитет церкви, стал проводить реформу. Она началась с исправления богослужебных книг и унификации церковных обрядов. Предметом ожесточенных дискуссий, борьбы стала проблема выбора образцов для таких исправлений. Так Никон отстаивал греческие образцы, другая часть духовенства, во главе с

протопопом Аввакумом, — древнерусские. Разлад среди духовенства стал предпосылкой церковного раскола в масштабах страны. Раскол русской церкви отразил в себе изменения, произошедшие в духовной сфере. Общество разделилось на приверженцев новизны и почитателей старины. Реформа русской православной церкви создала духовную основу для прозападных преобразований, которые не замедлили последовать в конце XVII — начале XVIII вв.

11. В последней четверти XVII в. в политическом строе страны отчетливо выступают тенденции оформления абсолютизма: 1) в Соборном уложении была узаконена неограниченная власть самодержца, а также укреплена его победа над церковью, которая до этого времени претендовала на самостоятельную политическую роль; 2) роль Боярской думы и Земских соборов падает: последний Земский собор собирался в 1653 г.; из состава Боярской думы выделились Ближняя дума и Расправная палата, решавшие текучие судебные и административные дела; Алексей Михайлович, не желая зависеть от Боярской думы и руководства приказов, создал личную канцелярию — приказ Тайных дел (он стоял выше всех остальных, так как мог вмешиваться в дела всех государственных учреждений); 3) местничество постепенно отошло в прошлое. Все чаще на важные государственные посты назначили «худородных людей».

12. Внешнеполитический курс России на протяжении XVII в. был нацелен на решение следующих задач: 1) достижение выхода к Балтийскому морю; 2) обеспечение безопасности южных границ от набегов Крымского ханства; 3) возвращение отторгнутых в период Смутного времени территорий; 4) освоение Сибири и Дальнего Востока. Первая задача не была достигнута. Попытка России овладеть побережьем Финского залива в ходе Русско-Шведской войны (1656 - 1658) закончилась неудачно. Вторая задача стала главной во внешней политике России с начала 1670-х гг. Закончившаяся в 1681 г. Русско-Турецко-Крымская война (1676—1681) завершилась признанием права России на Киевские земли. Третья задача решалась Россией на протяжении 1630—1660 гг. Сопровождалась как неудачами в ходе Смоленской войны (1632—1634), так и победами русского оружия на фоне народных восстаний в Белоруссии и на Украине против польских феодалов. Земский собор 1653 г. принимает решение о воссоединении Украины с Россией. В свою очередь Переяславская рада в 1654 г. единодушно высказалась за вхождение Украины в состав России. Начавшаяся война с Речью Посполитой продолжалась 13 лет (1654—1667) и закончилась подписанием «Вечного мира» в 1686 г., по которому к России отошли Смоленщина, Левобережная Украина и Киев. Белоруссия оставалась в составе Польши. Четвертая задача решалась за счет освоения русскими окраин государства и новых земель: была освоена Восточная Сибирь, Чукотка, Камчатка; Приамурье вошло в состав России.

Тема 6. РОССИЯ В XVIII В.

- Модернизация России в правление Петра I
- Эпоха дворцовых переворотов
- Дворянская империя в 60-90-е гг. XVIII в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Несмотря на обозначившуюся тенденцию европеизации России в XVII в., в целом она значительно отставала от уровня развития европейских государств. Архаичная политическая, финансовая и военная система Российского государства не позволяла добиваться ощутимых результатов. Для того чтобы на равных бороться с европейскими державами и Османской империей за выход к морям, нужно было заимствовать отдельные достижения Европы. В этих условиях только модернизация жизни России помогла бы войти в круг европейских государств. Первой попыткой модернизации России, связанной с разложением феодализма, явились реформы Петра I.

2. В истории петровских реформ исследователи выделяют два этапа: до и после 1715 г. (В.И. Роденко, А.Б. Каменский): на первом этапе реформы носили хаотичный характер и были вызваны в первую очередь военными нуждами государства, связанными с ведением Северной войны. Проводились в основном насильственными методами и сопровождались активным вмешательством государства в дела экономики (регулирование торговли, промышленности, налогово-финансовой и трудовой деятельности). Многие реформы носили непродуманный, поспешный характер, что было вызвано как неудачами в войне, так и отсутствием кадров, опыта, давлением старого консервативного аппарата; на втором этапе, когда военные действия уже были перенесены на территорию противника, преобразования стали более планомерными. Шло дальнейшее усиление аппарата власти, мануфактуры уже не только обслуживали военные нужды, но и производили потребительские товары для населения; государственное регулирование экономики несколько ослабло, торговцам и предпринимателям предоставлялась определенная свобода действий.

3. Важнейшим направлением преобразований Петра I было реформирование государственно-административной системы страны: а) вместо Боярской думы был учрежден Сенат - высший распорядительный орган по судебным, финансовым и военным делам. Он состоял из дворян, приближенных к царю; б) система приказов была заменена 11 коллегиями с четким разделением функций и коллективным принципом принятия решений; в) для контроля над деятельностью государственных органов была создана прокуратура во главе с обер-прокурором; г) была реорганизована система местного управления. Страна разделена на 8 губерний во главе с губернаторами. Губернии делились на провинции, провинции на уезды.

Городское управление было передано городским магистратам, члены которых избирались из купцов пожизненно; д) упразднено патриаршество и введено государственное управление православной церковью посредством нового органа — Святейшего синода, состоявшего из назначенных царем представителей духовенства; е) изменилась система престолонаследия (Указ 1722 г.), теперь монарх сам назначал себе преемника; ж) в 1721 г. Россия провозглашена империей.

4. В период осуществления петровских реформ произошли изменения в положении социальных групп в социально-сословной структуре общества: а) завершился процесс формирования дворянского сословия; б) издан указ о единонаследии, который юридически уравнял вотчинную и поместную собственность, Наследником недвижимости мог стать только один из наследников, а остальным доставалось движимое имущество (фактический запрет на дробление поместий при наследовании); в) введение обязательной службы для дворян, при которой принцип прохождения («породы») заменен принципом выслуги; г) издание в 1722 г. Табеля о рангах, который разделил все военные и гражданские должности на 14 чинов, теперь прохождение от чина к чину зависело не от знатности рода, а от личных достоинств дворян.

5.Сущность военной реформы Петра 1 состояла в ликвидации дворянского ополчения и организации постоянной регулярной армии с единообразной структурой, вооружением, обмундированием и уставом. Введена рекрутская система на основе сословно-крепостнического принципа. Создан военно-морской флот.

6. В области экономики главным направлением стало создание мануфактур, сначала казной, а затем и частными лицами. Владельцы мануфактур получили право покупать крестьян, но не в личную собственность, а только для работы на данном предприятии (посессионные крестьяне). Возникали новые отрасли: судостроение, стекольное и фаянсовое дело, шелкопрядение, производство бумаги. В области внутренней и внешней торговли господствовала политика меркантилизма и протекционизма.

7. Реформы Петра I в области образования и культуры были направлены на просвещение общества, реорганизацию системы образования: а) была создана сеть школ начального обучения (цифирные школы); б) созданы специальные школы с профессиональной подготовкой: горная, канцелярская, школа переводчиков; в) организованы специальные технические учебные заведения: навигационная, артиллерийская, инженерная, медицинская школы; г) в 1725 г. — в Петербурге открыта Академия наук. Большое значение сыграла реформа гражданского шрифта, что способствовало более массовому потреблению книжной продукции; началось издание газеты «Ведомости». Был реформирован быт господствующего класса по западному образцу: бритье бород, ношение платьев по иноземным образцам. Упрощен дворцовый быт. Он стал более динамичен: на знаменитых ассамблеях не только пили и плясали, но и решали деловые вопросы. Все культурные преобразования касались только верхов общества.

8. Вся реформаторская деятельность Петра I была тесно связана с активной внешней политикой, борьбой за выход к Балтийскому, Черному и Каспийскому морям.

Первые Азовские походы совершены были еще в конце XVII в.: в 1695 г. — осада турецкой крепости Азов была неудачной, так как не было флота. После строительства 30 кораблей в 1696 г. Азов был взят и основана крепость Таганрог, но в 1710 г. пришлось отдать эти завоевания. Выйти к Черному морю не удалось.

Основные военные действия Петр I вел со Швецией в ходе Северной войны (1700—1721), шла война за Балтику. 30 августа I 1721 г. был заключен Ништадтский мир: к России были присоединены: Эстландия, Лифляндия, Ингрия с Петербургом и I часть Карелии. Это был выход к Балтийскому морю. Россия стала великой морской державой. Был еще Персидский поход (1722—1723), в результате которого удалось получить западный берег Каспия, но вскоре пришлось его вновь отдать.

9. Оценка реформаторской деятельности Петра I далеко неоднозначна. Это был яркий пример реформ «сверху»: а) сделан огромный вклад в превращение России в империю с мощной армией и флотом. В конце своей жизни Петр I назвал Россию империей, хотя это не соответствовало реальности; б) создание промышленного производства способствовало гигантскому скачку производительных сил. Однако форсированное строительство делалось по западному образцу и проводилось жесткими методами, что привело к более грубой эксплуатации, чем даже суровые формы феодальной зависимости. Произошло огосударствление экономики и дальнейшее усиление крепостничества; в) проводимые реформы в области культуры приведи к механическому перенесению культурных стереотипов Запада на русскую почву, что способствовало появлению тенденции подавления национальной культуры.

10. Смерть Петра I в 1725 г. привела к длительному кризису власти, Этот период в нашей истории получил название «дворцовые перевороты». За 37 лет от смерти Петра I до воцарения Екатерины II трон занимали шесть царственных особ, получивших престол в результате сложных дворцовых интриг или переворотов.

11. Дворцовые перевороты были связаны с тремя моментами: 1) указ о наследии престола 1722 г., предоставлявший монарху право назначать наследника, и при каждом новом царствовании возникал вопрос о преемнике престола; 2) переворотам способствовала незрелость русского общества, явившаяся следствием петровских реформ; 3) после смерти Петра I ни один дворцовый переворот не обошелся без вмешательства гвардии. Она была военной и политической силой, наиболее близко стоявшей к власти, четко осознававшей свои интересы при том или ином перевороте. В нее входили в основном дворяне, поэтому гвардия отражала интересы значительной Части своего сословия.

12. После смерти Петра I гвардейцами на престол была возведена его жена Екатерина I (1725—1727). При ней был создан Верховный тайный совет

(А.Д. Меньшиков, Д.М. Голицын и др.). GoBeT удерживал власть и при внуке Петра I - Петре II (1727—1730) до ссылки Меньшикова в 1727 г.

13. Совет превратился в орган старой родовитой знати и после смерти Петра II возвел на престол племянницу Петра I, вдовствующую герцогиню Курляндии Анну Иоанновну (1730- 1740), с условиями ее марионеточной власти. Но прибыв в Москву, получив челобитные дворянства, она демонстративно порвала договор с Верховным тайным советом, упразднила его, передала управление Кабинету министров. Но власть во многом принадлежала фавориту императрицы Бирону и приближенным из прибалтийских немцев. Анна Иоанновна усиливает дворянские привилегии: сокращает срок службы дворян в армии до 25 лет, отменяет обязательное единонаследие, создает привилегированные учебные заведения для дворян, издает указы об исключительном праве дворян на владение землей и крепостными и праве дворян ссылать крестьян в Сибирь. После смерти императрицы престол занял сын ее племянницы Иван Антонович (при регентстве его матери Анны Леонидовны).

14. В 1741 г. гвардейцы, возмущенные засильем немцев, возвели на престол дочь Петра I Елизавету Петровну (1741-1761). При ней была сделана попытка восстановления роли органов правления, созданных Петром I, продолжена его политика на развитие российской промышленности; произошло ужесточение религиозной политики были приняты указы о выселении из России лиц иудейского вероисповедания, о перестройке лютеранских храмов в православные; произошло значительное расширение дворянских льгот (учреждение дворянских заемных банков, предоставление дешевого кредита, монопольное право на винокурение и др.).

15. После смерти Елизаветы Петровны на престол взошел ее племянник Петр III. За шестимесячное царствование Петр III принял 192 указа. Наиболее важным был «Манифест о вольности дворянству» (1762), которым дворяне освобождались от обязательной службы государству, получали возможность жить в своих поместьях, свободно выезжать за границу и даже поступать на службу к иностранным государям. Наступил золотой век дворянства. Была объявлена секуляризация церковных земель в пользу государства, что укрепляло государственную казну (окончательно указ был проведен в жизнь Екатериной II в 1764 г.); произошла ликвидация тайной канцелярии, упразднялись торговые монополии, стеснявшие развитие предпринимательства, провозглашалась свобода внешней торговли. Однако эти меры были задуманы еще в предыдущее царствование и осуществлены по инициативе приближенных к императору сановников. Петр III отрицательно относился ко всему русскому, перекраивание многих порядков по западному образцу оскорбляло национальные чувства русских людей. В результате 28 июня 1762 г. произошел дворцовый переворот и на престол была возведена жена Петра Ш Екатерина II, а спустя несколько дней он был убит.

16. Внешняя политика русских императоров в период дворцовых переворотов определялась выходами к морям. Война с Турцией (1735—1739)

дала России устье Дона с Азовом. Война со Швецией (1741 — 1743) подтвердила приобретения России в Прибалтике. В 1756—1763 гг. шла Семилетняя война России в союзе с Австрией, Францией. Швецией против Пруссии, входе которой русская армия в 1760 г. заняла Берлин и Фридрих II готов был на любых условиях подписать мирный договор, но ставший после смерти Елизаветы Петровны императором Петр 111 заключил в 1762 г. с Пруссией мир, отказавшись от всех завоеваний.

17. Екатерина II, воспитанная на идеях французского просвещения, в первый период своего царствования пыталась смягчить нравы российского общества, упорядочить общественное законодательство, ограничить крепостное право. Ею был написан «Наказ», который должен был служить руководством для будущего законодательного собрания. С одной стороны, в этом документе проводилась мысль о разделении властей и создании элементов правового государства, с другой — в нем не было и речи о ликвидации самодержавия, робко говорилось о смягчении крепостного права. Поскольку идейно эта программа, а следовательно, и внутренняя политика Екатерины основывались на принципах просвещения, то и сам этот период в русской истории получил название «просвещенного абсолютизма».

18. Российский просвещенный абсолютизм характерен такими мероприятиями, в которых были заинтересованы дворяне и государство, но которые в то же время способствовали развитию нового капиталистического уклада. Важной чертой политики просвещенного абсолютизма было стремление монархов ослабить остроту социальных противоречий путем совершенствования политической надстройки.

19. Самым крупным мероприятием просвещенного абсолютизма был созыв Уложенной комиссии в 1767 г. с целью переработки российского законодательства. Но комиссия не смогла разработать новое законодательство Российской империи, так как невозможно было сочетать либеральные идеи «Наказа» с реальностью российской жизни, противоречивыми нуждами и пожеланиями различных групп населения. На свертывание политики просвещенного абсолютизма повлияли два события XVIII в.: Крестьянская война под руководством Е. Пугачева в России и Великая французская революция в Европе.

20. Несмотря на неудачу в составлении Российского законодательства, Екатерина И все же провела ряд реформ в духе просвещенного абсолютизма, особенно в период до 1775 г.: 1) сенат был разделен на 6 департаментов со строго определенными функциями каждого. Во главе их стояли обер-прокуроры, подчинявшиеся генерал-прокурору; 2) был создан императорский совет при императрице из ближайших и влиятельных сановников; 3) в 80-х гг. XVIII в. были ликвидированы коллегии (кроме четырех), замененные губернским правлением; 4) все монастырские земли были переданы государству; 5) в 1775 г. проведена губернская реформа. Она стала важным этапом в превращении России в унитарное государство путем создания единообразной системы управления всей территории империи; 6) в 1785 г. издана «Жалованная грамота дворянству», определившая статус дворянства и

закрепившая все его права и привилегии, полученные к этому времени; 7) в 1785 г. была издана «Грамота на права и выгоды городам Российской империи», по которой все городское население было разделено на шесть категорий, купцы делились на три гильдии; 8) в России было впервые введено бумажное денежное обращение, приведшее в первое время к инфляции и вызвавшее недовольство большинства населения.

21. К концу XVIII в. в социально-экономическом развитии России наблюдается, что, с одной стороны, процесс складывания капиталистических отношений стал необратимым; происходит рост товарно-денежных отношений и разрушается натуральная замкнутость помещичьего и крестьянских хозяйств; увеличивается количество мануфактур, основанных на применении наемного труда; развивается промысловая деятельность; с другой - идет усиление крепостнического гнета, которое характеризуется увеличением барской и уменьшением крестьянской запашки, ростом барщины и оброка, правом помещика ссылать провинившихся крестьян в Сибирь на поселение и на каторгу, распространением крепостничества на Левобережную Украину; как результат кризиса феодально-крепостнической системы, произошла Крестьянская война под руководством Е. Пугачева (1773—1775).

22. В исторических исследованиях нет единства в опенке деятельности Паата 1. Одни историки называют время его правления непросвещенным абсолютизмом», другие - «военно-политической диктатурой». Реформы его носили противоречивый характер. Произошло усиление централизации государственного управления и упразднение элементов самоуправления в губерниях и городах (восстановлены ряд коллегий, ликвидированы управы и городские думы); изменилась система престолонаследия (возврат к допетровским принципам); были ограничены привилегии дворянства (призывы к обязательной службе, установление налога с дворян, введение телесных наказаний); ослаблен крепостной гнет (ограничение барщины тремя днями, запрет на продажу крестьян без земли, массовая раздача казенных земель с крестьянами в качестве пожалований); осуществление финансовой стабилизации (изъятие бумажных ассигнаций из оборота); регламентация и унификация сторон жизнедеятельности общества (запрет на ношение шляп и пр., запрет на ввоз иностранных книг). Следствием непредсказуемости политики императора и ее опасности для дворянской элиты станет последний дворцовый переворот и убийство Павла I 12 марта 1801 г.

23. Задачами во внешней политике второй половины XVJ11 в. были: во-первых, борьба за выход к Черному морю; во-вторых, освобождение от иностранного господства земель Украины и Белоруссии и объединение в одном государстве всех восточных славян; в-третьих, борьба с революционной Францией в связи с начавшейся в 1789 г. Великой французской революцией; в- четвертых, утверждая свои интересы в европейской политике, Россия стремилась сыграть роль гаранта независимости английских колоний в Северной Америке; соблюдение

интересов России в этом регионе — участие в колонизации Северной Америки. В результате: 1) в ходе двух Русско-Турецких войн (1768- 1774 и 1787—1791) Россия получила территории в Северном Примерн Орье, Кабарду, территории между Бугом и Днестром, Очаков и Крым — это был выход к Черному морю; 2) в результате трех разделов Речи Посполитой (1772, 1793, 1795) к России отошли Белоруссия, Правоберсжная Украина, Литва и герцогство Курляндское. Была стабилизирована обстановка на западных границах, получен непосредственный доступ к странам Центральной Европы; 3) вступив в антинаполеоновский союз европейских монархов, где главным партнером России была Англо-российская армия под руководством А.В. Суворова, вместе австрийцами, в трех сражениях в Северной Италии в 1799 г. раз била французские войска, совершила переход через Альпы Швейцарию, но в 1800 г. Павел I заключил союз с Наполеоном разорвал отношения с Англией, отозвав русскую армию Россию; 4) в 1780 г., в период войны североамериканских колоний за независимость, Россия выступила с Декларацией в вооруженном нейтралитете, ограничившей действия британского флота. К Декларации присоединились и другие европейские страны фактически поддержав североамериканские колонии и подняли международный престиж России. Таким образом, благодаря активной внешней политике Россия во второй половине XVIII в стала великой европейской державой. Но в социально-экономическом плане Россия оставалась отсталой страной, что делало ее положение в системе европейской цивилизации нестабильным, противоречивым.

Тема 7 - 8. РОССИЯ В XIX В.

- Внутриполитическое развитие России | в первой половине XIX в.
- Социально-экономическое развитие России в первой половине XIX в.
- Великие реформы Александра II
- Контрреформы Александра III
- Общественная мысль и общественные движения в России XIX в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. К началу XIX в. Россия оставалась аграрной страной. Более 90% ее населения составляло крестьянство. Сельское хозяйство было основной отраслью экономики страны, носило экстенсивный характер. Сохранялись многочисленные феодальные пережитки. В политической сфере — абсолютная самодержавная власть; в экономической — помещичье землевладение; в социальной - сословная структура общества, господствующее положение дворянства.

2. Во внутренней политике Александра I характерной чертой

царствования становится борьба двух течений — либерального и консервативно-охранительного — и лавирование императора между ними. Исследователи выделяют в царствовании Александра I два периода: 1) 1801—1812 гг. — подготовка реформ 11 и стремление провести широкомасштабные преобразования либеральной направленности; 2) 1814—1825 гг. — во внутренней политике стали преобладать консервативные тенденции.

3. Реформаторская деятельность Александра I (1801-1812): были проведены реформы в области образования, изменение 11 органов центрального управления (реформирован сенат, заменены коллегии министерствами), предприняты попытки решения аграрного вопроса «Указ о вольных хлебопашцах» (1803 — начало крестьянской реформы в Прибалтике). В 1809 г. М.М. Сперанским был разработан проект государственных преобразований, по которому Россия должна была превратиться из самодержавной в конституционную монархию. Александр I одобрил этот проект, но принять его не решился.

4. Внутренняя политика (1814-1825): примерно до 1819 г. наряду с проведением реакционных мер российского самодержавия, усилением цензуры, ограничением самостоятельности университетов, борьбой с общественной мыслью, имели место и некоторые либеральные преобразования: дарована конституция царству Польскому, отменено крепостное право в Прибалтике, велась разработка проекта конституции Н.Н. Новосильцевым. С 1820 г. наблюдается усиление консервативных тенденций. Итогом царствования Александра I стала дальнейшая бюрократизация системы и консервация политического и социально-экономического развития страны.

5. Во внешней политике Александр I стремился укрепить свое влияние в Европе, продвинуться в Закавказье и на Балканы. Союз с Англией был восстановлен. Россия приняла участие в III и IV антифранцузских коалициях. III коалиция распалась после крупного поражения русско-австрийских войск при Аустерлице в 1805 г. IV коалиция была разбита в 1806—1807 гг. Русские войска потерпели поражение под Фридландом в 1807 г. Это вынудило Александра I подписать Тильзитский мирный договор с Наполеоном, по которому к России отходили Белостокская область, из Прусской части Польши образовывалось герцогство Варшавское, Россия присоединялась к континентальной блокаде Англии. В результате Русско-Шведской войны 1808—1809 гг. Россия получила: Финляндию (которая была автономной в составе империи) и Аландские острова. В ходе Русско-Турецкой войны 1806—1812 гг. к России была присоединена восточная часть Молдавии; в Русско-Иранской войне 1804— 1813 гг. к России отошел Азербайджан и она получила право держать флот на Каспии, кроме того, в состав Российской империи добровольно вошла Грузия. В ночь с 11 на 12 июня 1812 г. французская армия форсировала Неман и вторглась в пределы России — началась Отечественная война 1812 г. — величайшее событие в русской истории. В ходе войны проявились мужество и героизм русских людей,

особенно в Смоленском и Бородинском сражениях, боях под Малоярославцев и у реки Березины. Погибло около 2 млн чел. Изгнание французов из России не означало окончания борьбы с Наполеоном. 1813—1814 гг. ознаменовались заграничными походами русской армии. Как итог, в результате решений Венского конгресса 1814 г. Россия получила почти всю Польшу, ее влияние в Европе значительно возросло. В 1815 г. Александром I был создан Священный союз в составе России, Пруссии, Австрии и Англии, целью которого была борьба с любыми революционными проявлениями на континенте и сдерживанием многих народов в искусственных границах, созданных решениями венского конгресса.

6. Время царствования Николая I характеризуется максимальной военизацией, бюрократизацией и централизацией управления. На многие должности были поставлены военные. В армии укреплялась палочная дисциплина, что снижало ее боеспособность. Бюрократический аппарат рос стремительно от 15 тыс. в начале XIX в. до 86 тыс. в 1857 г. Известна фраза Николая I, что «Россией правят столоначальники». Возвращенный на государственную службу М.М. Сперанский кодифицировал законодательство. Реорганизуется «Собственная Его Императорского Величества Канцелярия». Увеличивается количество отделений до шести. Одним из них становится третье — «Высшая полиция», под контроль которого была поставлена вся политическая и духовная жизнь страны. Николай I пытался решить крестьянский вопрос (реформа П.Д. Киселева в государственной деревне; указ об обязательных крестьянах), но помещики проигнорировали эти мероприятия государственной власти.

7. Основные направления внешней политики Николая I - борьба с революцией в Европе и решение восточного вопроса. Для воссоздания Священного союза Николай I готов был идти на ряд уступок в восточном вопросе. Россия одержала победу в войне с Ираном в 1826—1828 гг. и присоединила восточную Армению; Русско-Турецкая война 1828—1829 гг. завершилась присоединением основной территории Закавказья; Молдавия, Валахия, Сербия, а через год Греция получили автономию. В 1833 г. Николай I возобновляет договор о взаимопомощи с монархами Австрии и Пруссии. В 1841 г. Россия подписывает Лондонскую конвенцию, которая устанавливала над Турцией и проливами контроль четырех держав (Англии, России, Австрии, Пруссии). В конце 40-х гг. XIX в. разразился очередной революционный кризис в Европе. Россия приняла участие в подавлении революционных выступлений в Европе. Она превратилась в «жандарма Европы». После разгрома революций опять встал «восточный вопрос», состоящий из трех основных проблем: судьба балканских народов, режим черноморских проливов и судьба самой Османской империи. Николай I рассчитывал на поддержку Англии, но его расчеты не оправдались, и русским войскам пришлось столкнуться не с ослабевшей Османской империей, а с коалицией стран Европы, которые были не заинтересованы в усилении России на Ближнем Востоке. Как следствие, проиграна Крымская война 1853—1856 гг., подписан Парижский мирный договор (1856), по которому

Россия теряла устье Дуная, возвращала Карс в обмен на Севастополь и другие города Крыма и лишалась права иметь да Черном море военный флот и укрепления.

В 1817—1864 гг. Россия завоевала территории горских народов, Кавказа. Наиболее тяжелой была борьба за Чечню и Дагестан, где сложилось теократическое государство — имамат.

8. Александр II после внезапной смерти отца Николая I, проигранной, но, еще не законченной Крымской войной, оказался перед проблемой, продолжать прежний курс или находить пути выхода из острейших ситуаций. Он смог понять насущность коренных преобразований и настоять на проведении их в жизнь. По положению 19 февраля 1861 г. крестьяне становились лично свободными и освобождались с заранее определенным для различных регионов страны минимальным наделом земли. Так Начиналась великая крестьянская реформа.

9. Продолжением отмены крепостного права в России были развитие системы государственных учреждений, земская, городская, судебная, военные реформы. Их основная цель — привести государственный строй и административное управление в соответствие с новой социальной структурой, в которой крестьянство получило свободу.

10. Земская и городская реформы (1864, 1870) создавали органы самоуправления в уездах, губерниях и городах. Прерогативы их ограничивались хозяйственными функциями.

11. Наиболее радикальной была судебная реформа (1864). Она впервые в России вводила гласный, бессословный и независимый от администрации суд, основанный на принципах состязательности сторон. Появились судебные следователи, адвокаты, присяжные заседатели, определявшие виновность или невиновность подсудимого. Для крестьянства сохранялся волостной суд, для духовенства оставался особый (консистория).

12. Реформа в области просвещения (60—70-е гг. XIX в.) провозглашала равенство сословий и вероисповеданий в мужских гимназиях и созданных реальных училищах. Университетам была возвращена автономия. Были учреждены женские гимназии и высшие женские курсы. Восстановлена преемственность высшей и средней ступеней образования.

13. Военная реформа (1874) предусматривала введение всеобщей воинской повинности, отмены телесных наказаний, сокращения сроков службы, были введены новые уставы, открыты юнкерские училища и военные гимназии, где могли учиться выходцы из всех сословий.

14. Реформы 60-70-х гг. XIX в. значительно продвинули Россию по пути экономической и политической модернизации. Однако эра реформ оказалась кратковременной. Реформы не коснулись политического переустройства страны. Сохранились самодержавие и полицейский строй, унаследованный от прошлых эпох.

15. Гибель Александра II стала окончанием эпохи Великих реформ, наступило время контрреформ «патриархального правления» Александра III. Целью данной политики было восстановление принципа сословности,

усиление позиций дворянства во всех сферах жизни общества и усиление правительственной власти на местах. Политика контрреформ не была полностью реализована, вступив в явное объективное противоречие с ходом исторического развития России.

16. Развитие русского капитализма второй половины XIX в. имело ряд особенностей: сохранялась многоукладность промышленности; происходило неравномерное размещение промышленности по территории России и по отраслям; огромную роль в развитии экономики играло государство; фактором, ускоряющим развитие, было внедрение в русскую экономику иностранного капитала; сельское хозяйство развивалась по экстенсивному пути; произошло завершение промышленного переворота за короткие сроки, и были созданы предпосылки к индустриализации.

17. Во внешней политике России во второй половине XIX в. можно выделить три основных направления: 1) европейское - борьба за пересмотр тяжелых условий Парижского мирного дог говора, укрепление позиций России на Ближнем Востоке и Балканах; 2) завершение процесса территориального формирования Российской империи: присоединение Средней Азии и дальнего востока, война на Кавказе; 3) участие России в формировании военно-политических блоков. Новым союзником России в Европе стала Пруссия. Россия поддерживала стремление прусского канцлера О. Бисмарка к объединению германских земель в 1870—1871 гг. В результате А.М. Горчаков добился отмены ограничительных статей Парижского мирного договора о нейтрализации Черного моря. В 1872—1873 гг. был образован «Союз трех императоров» (Россия, Германия, Австрия), опираясь на: который, Россия успешно соперничала с Англией в Средней Азии. В результате в сферу влияния Российской империи попали: Казахстан, Кокандское и Хивинское ханства, Бухарский эмират. В 1885 г. был присоединен Туркменистан, и буфером между английской и русской сферой влияния стал Афганистан. Однако «Союз трех императоров» оказался не прочным это показала - Русско-Турецкая война 1877— 1878 гг., в результате которой был подписан Сан-Стефанский мирный договор, а Сербия, Румыния и Черногория получили независимость; Турция уплачивала России контрибуцию; Карс, Ардаган, Баязет, Бостуж и Южная Бессарабия переходили к России. Однако, под натиском европейских держав Россия согласилась на пересмотр условий договора. Изоляция России во многом была обеспечена Германией. В 1882 г. был создан Германо-Австрийско-Итальянский союз против Англии и Франции. Это заставило Россию искать союзника в лице Франции. Между странами была заключена военная конвенция. В Европе возникли два военно-политических блока.

Россия активизировалась на Дальнем Востоке: в 1855 г. между Россией и Японией был заключен договор о мире и дружбе: он закреплял право России на северную часть Курильских островов, а остров Сахалин объявлялся совместным владением. С 1875 г. — остров Сахалин считается исключительно российским. В 1860 г. было подписано русско-китайское соглашение, где за Россией закреплялся Уссурийский край. В 1867 г. Аляска

была продана США.

18. Первой серьезной попыткой со стороны общества противостоять власти было движение декабристов. Оно возникло среди радикально настроенного дворянства, потерявшего надежду на мирное преобразование России под влиянием идей просвещения, революционных процессов 20-х гг. в Европе. Участники выдвигали идеи буржуазных преобразований в России: введение конституции, отмену крепостного права, ликвидацию сословий и т.д.

19. После подавления движения декабристов появляются новые общественные движения. В 30-40-х гг. XIX в. начинается размежевание трех идейных направлений: радикального, либерального и консервативного. Консерватизм выразился в разработанной министром просвещения С.С. Уваровым теории официальной народности, где отражались идеи о единении, добровольном союзе государя и народа, об отсутствии противоположных классов в русском обществе. Среди оппозиционных правительству либералов сложилось два идейных течения - славянофильство и западничество, где в основном разворачивались дискуссии об историческом пути развития России. Радикально настроенные В.Г. Белинский, А.И. Герцен, Н.П. Огарев, критикуя современное положение России, считали, что необходимо не только догнать Европу, как считали западники, но вместе с ней перейти к принципиально новому строю - социализму. Основой русского социализма, по их мнению, должна была стать крестьянская община. Радикалы считали, что реформы можно провести только революционным путем.

20. Радикальное направление во второй половине XIX в. было представлено выходцами из разных слоев общества, которые стремились представлять интересы рабочих и крестьян. Исследователи выделяют три этапа в их развитии: 60-е гг. - складывание революционно-демократической идеологии (основанной на взглядах славянофилов и идеях А.И. Герцена о русском общинном социализме, к которому можно перейти, по их мнению, минуя капитализм) и создание разночинских кружков; 70-е гг. - оформление народнического направления и деятельность организаций народников; 80-90-е гг. активизация либеральных народников и начало распространения марксизма, на основе которого созданы первые социал-демократические группы, а в марте 1898 г. появляется первая социал-демократическая партия в России - РСДРП.

Тема 9 - 10. РОССИЯ В XX В.

- Россия в начале XX в.: реформы, войны, революции (1900-1917)
- Россия в 1918-1920 гг.: гражданская война, интервенция, политика «военного коммунизма»

- Социально-экономическое и политическое развитие СССР в 1920-1930 гг.
- СССР в годы Великой Отечественной войны (1941-1945)
- СССР во второй половине XX в. (1945-1985): социально-экономическое и политическое развитие
- Советский Союз в 1985-1991 гг. Распад СССР
- Россия в 1990-е гг.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В начале XX в. Россия оставалась самодержавной монархией. Правительственные органы власти не формировались. Вся законодательная, распорядительная и исполнительная власть концентрировалась в руках императора. Для Николая II было весьма характерно назначать на ответственные посты своих родственников — великих князей Романовых, независимо от их личных качеств и способностей. Постепенно политическая формула «добрый царь - плохое окружение» получала все большее распространение в различных слоях общества.

2. Экономике России в начале XX в. была характерна цикличность - свойство, присущее мировому капитализму (периоды спада и подъема промышленного развития). Развитие российской экономической системы имело ряд особенностей: а) сочетание современной капиталистической промышленности и финансово-банковской системы с отсталым аграрным сектором, сохранившим полукрепостнические формы собственности и методы хозяйствования; б) сохранение самодержавия с его мощным бюрократическим аппаратом; в) относительная слабость российской буржуазии; г) активное вмешательство государства в экономику и складывание системы государственно- монополистического капитализма; д) сравнительно невысокая активность в вывозе капиталов за границу из-за нехватки отечественных капиталов и возможности их вывоза на окраины империи; е) большая доля иностранного капитала, который доминировал в тяжелой промышленности; ж) ускорение процесса монополизации и сращивания промышленного и финансового капитала — образование промышленно-финансовых групп, занявших господствующее положение в экономике.

3. Невзирая на высокие темпы экономического развития, Россия в начале XX в. оставалась среднеразвитой аграрно-индустриальной страной с отчетливо выраженной многоукладностью экономики.

4. Социально-политическая система России в начале XX в. представляла собой сочетание старых элементов, обусловленных сохранением пережитков крепостничества, и новых, вызванных развитием капитализма. С одной стороны, сохранялось привилегированное положение дворян, владевших лучшей и большей частью земель, занимавших важнейшие посты в государственном аппарате; господство командно-административной системы; отсутствие демократических свобод; малоземелье крестьян, их привязанность к общине и неполноправие; высокая

степень эксплуатации рабочих; угнетение народов национальных окраин: отсутствие права получать образование на родном языке, издание национальных газет и журналов; с другой — укрепление экономических позиций буржуазии и рост ее политических амбиций; увеличение численности пролетариата за счет обедневших горожан и обнищавших крестьян, ушедших в город на заработки; усиление роли рабочего движения, его характера и форм; ухудшение материального положения трудящихся из-за мирового экономического кризиса 1900-1903 гг., особенно проявившегося в России.

. К началу XX в. в России сложились следующие группы противоречий: дворянство-буржуазия, дворянство-крестьянство, буржуазия-пролетариат, власть—народ, интеллигенция- народ, интеллигенция—власть, национальные проблемы. Незрелость средних слоев, разрыв «верхов» и «низов» обусловливали нестабильное, неустойчивое состояние российского общества.

6. Важнейшим направлением внешней политики в начале XX в. стало дальневосточное. С 90-х гг. XIX в. начинается активное проникновение российских капиталов в Китай. Это привело к столкновению с Японией, которую поддерживали европейские страны и США, стремившиеся разделить Дальний Восток сферам влияния. Накопившиеся противоречия между Россией и Японией из-за владении в Китае стали главной причиной Русско-Японской войны 1904-1 905 гг. Война имела несправедливый характер с обеих сторон. Япония стремилась к Тихоокеанском регионе под лозунгом «Великой Азии»; Россия вступая в войну, надеялась на патриотический подъем и пыталась отвлечь народ от революции. Война закончилась поражением России. По мирному договору (1905) Россия признавала Корею сферой влияния Японии, Япония получила во владение Южный Сахалин, право рыбного промысла часть русских берегов, а также право на аренду Ляодунского полуострова и Порт-Артур. Влияние России на Дальнем Востоке было подорвано. Поражение в войне стало мощным фактором, ускорившим революцию 1905—1907 гг.

7. Причинами первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. стали: нерешенность аграрного, рабочего и национального вопроса, а также противостояние самодержавия и общества, вызванного отсутствием политических свобод и парламента как формы представительной власти.

8. Первую буржуазно-демократическую революцию можно разбить на 3 этапа: 1) 9 января — сентябрь 1905 г. — начало и развитие революции: массовые антиправительственные выступления всех слоев общества по всей территории страны; октябрь—декабрь 1905 г. — высший подъем революции: Октябрьская всеобщая всероссийская стачка, выступления крестьян, восстание в армии и на флоте, образование политических партий, декабрьское вооруженное восстание в Москве; январь 1906 — 3 июня 1907 гг. — спад и отступление революции: постепенное уменьшение силы стачек рабочих, новый размах выступлений крестьян, продолжение освободительного движения в национальных районах; возникновение

парламентаризма в России, деятельность I и II Государственных дум — достижение некоторого ограничения самодержавия.

9. Главным итогом первой русской буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. было изменение социально- политической системы в России; самодержавие было ограничено двухпалатным парламентом; Государственный совет и Государственная дума; введены свободы: слова, партий и союзов, отменена цензура; сократилась продолжительность рабочего дня до 9—10 ч; отменены выкупные платежи с крестьян, начата столыпинская аграрная реформа. Вместе с тем оставался нерешенным аграрный вопрос, сохранялось множество феодальных пережитков и привилегий.

10. После отступления первой российской революции начался непродолжительный период реформирования страны, связанный с именем председателя Совета министров Петра Аркадьевича Столыпина. В основе его реформ лежали изменения в отношениях собственности в деревне. Основной целью столыпинской аграрной реформы являлось создание класса собственников как социальной опоры самодержавия и противника революционных движений. Основными положениями реформы стали: а) разрешение выхода крестьян из общины с правом закрепления в частную собственность принадлежащих им земельных наделов в форме хуторов или отрубов; б) передача крестьянскому банку казенных земель для продажи их нуждающимся крестьянам; в) организация переселенческого движения в Западную Сибирь с целью наделения безземельных и малоземельных крестьян землей; г) широкое строительство сельских школ и вовлечение в систему народного образования огромных масс населения. Однако результаты реформы крайне противоречивы: с одной стороны, ускорился процесс расслоения крестьянства, укрепилась устойчивость сельского хозяйства, его товарность и связь с рынком, стала формироваться сельская буржуазия; с другой, значительная часть крестьянства не приняла реформ, ускорилось разорение крестьянства, уходившего на заработки в город, правительство не обрело в деревне социальной опоры. Реформа не удовлетворила потребности крестьянства в земле и, следовательно, не смогла решить аграрно-крестьянский вопрос. Реформирование страны «сверху» потерпело неудачу, что в конечном итоге предопределило потрясения 1917 г.

11. Причины Первой мировой войны (1914—1918) заключались в противоречиях между ведущими европейскими державами, в обострении их борьбы за сферы влияния. Накануне войны сложилось окончательное противостояние двух блоков держав; Антанты (Россия, Англия, Франция) и Четвертного союза (Германия, Австро-Венгрия, Турция, Италия). Поводом к началу войны послужило убийство австро-венгерского наследника престола Фердинанда в столице Боснии Сараево. Поскольку его убийцей был серб, Австро-Венгрия обвинила в организации покушения Сербию. 28 июля 1914 г., через месяц после сараевского убийства, Австро-Венгрия объявила войну Сербии. 30 июля 1914 г. в России началась мобилизация. 19 июля (1 августа) 1914 г. Германия объявила России войну, объясняя свой шаг начавшейся в

России мобилизацией. В июле-августе в войну вступили Франция и Англия. Таким образом, война приобрела характер мировой. В военные действия постепенно вступили 38 государств с населением около 1 млрд человек. Россия оказалась вынужденной вступить в войну, не завершив перевооружения армии и флота. 1914 г. — военная кампания не принесла успеха ни одной из сторон; 1915 г. — поражение русской армии в военной кампании. Россия потеряла Польшу, часть Прибалтики, Белоруссии и Украины; 1916 г. — основные военные действия разворачиваются на Западном фронте. Май-июнь 1916 г. — Брусиловский прорыв на Юго-Западном фронте против Австро-Венгрии; 1917 г. — поражение русских войск в условиях революции. Переговоры большевиков о мире; 1918 г., март — подписание сепаратного мира в Брест-Литовске с Германией; ноябрь — поражение Германии и ее союзников от Антанты. Однако Первая мировая война так и не смогла разрешить всех противоречий между ведущими капиталистическими странами, что подготовило почву для возникновения нового мирового конфликта.

12. В начале 1917 г. в России назрел новый революционный кризис, который привел к разрушению многовековой российской монархии. Основной причиной событий февраля 1917 г. была незавершенность задач первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. (нерешенность аграрного, рабочего, национального вопросов, а также существование самодержавия). Условиями, ускорившими наступление революции, стали: 1) поражения России на фронте, значительные людские потери, усталость населения от войны; 2) кризис власти — «министерская чехарда», падение авторитета царя («распутивщи- на»), противостояние Государственной думы и правительства; 3) хозяйственный кризис; 4) ухудшение материального положения трудящихся; 5) усиление стачечного и антивоенного движения, оппозиции либералов, агитации левых партий. Насущной задачей революции было создание демократической республики и выход из войны. Февральская революция была достаточно скоротечна 18 февраля — 3 марта 1917 г. В ней переплетались и взаимодействовали антифеодальные, антикапиталистические, общедемократические и узкоклассовые интересы. События февральских дней привели к полному крушению самодержавного строя, был открыт путь для демократизации страны. В итоге февральской революции в стране сложилось двоевластие. Оно представляло собою своеобразное состояние государственно политической системы, характеризующееся параллельным существованием и взаимодействием двух властей, опирающихся на разные общественные классы. Реальная сила находилась в руках Петроградского совета рабочих и солдатских депутатов, поддерживаемого армией и вооруженными рабочими. Фактически у власти стояло буржуазное, кадетско-октябристское Временное правительство.

13. В России к осени 191.7 г. сложилось положение, когда встала главная задача — вопрос о власти: либо власть переходила в руки рабочих и крестьян и создавалось новое правительство, либо в России происходила

реставрация монархии. Быструю и решительную победу большевиков в Петрограде 24—26 октября 1917 г. обусловили следующие факторы: экономический и политический кризис в стране; ошибки Временного правительства и умеренных социалистов,просчеты правых сил; популистские лозунги большевиков в ходе борьбы за власть; поддержка большевиков левыми эсерами и анархистами в ходе восстания; поддержка значительной частью Петроградского гарнизона и Балтийского флота; активность большевистских лидеров.

14. Провозгласив на заседании ЦК ВКП(б) 10 октября 1917 г. курс на вооруженное восстание в целях свержения Временного правительства, которое потеряло всякий авторитет в массах, большевики успешно смогли его реализовать. Временное правительство было низложено. Открывшийся 25 октября 1917 г. II Всероссийский съезд Советов был поставлен перед фактом победы восставших. После того как съезд покинули меньшевики, эсеры и представители ряда других партий, его работу возглавили большевики. На следующий день, на втором заседании съезда были приняты: Декрет о мире, провозгласивший;выход России из империалистической войны; Декрет о земле, подготовленный на основе крестьянских наказов и передававший землю крестьянам; Декрет о власти, провозгласивший установление власти Советов. Исполнительная власть передавалась большевистскому правительству — Совету народных комиссаров во главе с В.И. Лениным. Был сформирован новый всероссийский исполнительный комитет - ВЦИК, в который вошли 62 большевика и 29 левых эсеров. Принятые Декреты сначала отвечали надеждам народных масс, и это способствовало победе советской власти на местах.

15. Причинами начала Гражданской войны и иностранной интервенции в России в 1917—1922 гг. были: 1) обострение социально-экономических и политических противоречий в результате смены власти и изменения формы собственности; 2) крах демократической альтернативы страны в связи с разгоном Учредительного собрания большевиками в январе 1918 г.; 3) неприятие политическими противниками большевиков Брестского мира с Германией; 4) экономическая политика большевиков в деревне весной-летом 1918 г.; 5) иностранное вмешательство во внутренние дела России.

16. Существует несколько точек зрения на начало и периодизацию Гражданской войны: 1) начинается с октября 1917 г. (по существу даже раньше), а заканчивается осенью 1922 г., когда белая армия была разгромлена на Дальнем Востоке; 2) начинается с мая 1918 г. и продолжается до конца 1920 г., хотя военные действия продолжались и после 1920 г.; 3) в отличие от обычных войн, она не имеет четких границ - ни временных рамок, ни пространственных. Большинство историков в ходе Гражданской войны выделяют шесть этапов: первый — октябрь 1917 - май 1918 гг.: борьба пришедших к власти большевиков с силами Керенского, Краснова, Каледина и др., попытка отпора Германской интервенции и Брестский мир; второй - лето- осень 1918 г.: борьба эсеро-меньшевистских сил, чехословацкий мятеж, развитие интервенции Германии; третий - конец 1918 — начало 1919 гг.:

окончание Первой мировой войны и конец Германской интервенции, высадка войск Антанты в портах России, начало политики военного коммунизма, установление диктатуры Колчака в Омске; четвертый - весна 1919 - весна 1920 гг.: уход интервентов, победа РККА над армией Колчака на востоке, Деникина на юге, Юденича - на северо-западе; пятый - весна-осень 1920 г.: Советско-Польская война, разгром войск Врангеля в Крыму; шестой - 1921-1922 гг.: ликвидация локальных очагов войны, подавление Кронштадтского восстания, крестьянского движения на Тамбовщине, отрядов Махно, мятежей белоказаков на Кубани, освобождение Дальнего Востока от японцев, борьба с басмачеством в Средней Азии, демобилизация РККА, переход к нэпу.

17. В 1918 г. сложилась своеобразная экономическая и политическая система в Советском государстве в условиях Гражданской войны, которая получила название политики «военного коммунизма». Она была направлена на сосредоточение всех ресурсов страны в руках государства. Главными чертами военного коммунизма являлись: национализация промышленных предприятий, перевод на военное положение оборонных заводов и транспорта, осуществление принципа продовольственной диктатуры через введение продразверстки и запрещение свободной торговли, натурализация хозяйственных отношений в условиях обесценивания денег, введение трудовой повинности и создание трудовых армий. В 1921 г. в условиях мирного сосуществования страны эта политика показала свою несостоятельность и была заменена нэпом.

18. Гражданская война закончилась победой Советского государства и поражением Белого движения. Однако это была трагическая победа.» Погибло, по разным оценкам, от 10 до 15 млн человек. Резко уменьшилась численность наиболее квалифицированных рабочих кадров. Сократилось число интеллигенции. Многие ее представители покинули Россию. Основная часть крупной и средней буржуазии или была уничтожена, или эмигрировала. Были уничтожены помещичьи хозяйства, резко сократилась численность зажиточных крестьян. В глубоком кризисе находилась экономика страны. В политической жизни утвердилась диктатура большевизма, началось становление тоталитарной системы.

19. Новая экономическая политика (нэп) была введена советским руководством в 1921 г., после решения X съезда ВКП(б). Предусматривала выход из экономического и политического кризиса путем возврата к подконтрольной и регулируемой государством частной собственности в промышленности, замене продразверстки продовольственным налогом, провозглашение свободной торговли, использование иностранного капитала в форме концессий и труда батраков в деревне. Главными особенностями нэпа были сочетание административных и рыночных методов хозяйствования; сохранение командных высот в политике и экономике в руках рабочего класса и его партии. В конце 20-х гг. от нэпа полностью отказались, в связи с накопившимися противоречиями, причинами этого стали: кризисы нэпа (1923, 1925, 1927, 1928); внутриполитическая борьба за власть в 20-е гг. XX в. и победа сторонников свертывания нэпа; самоизоляция советской экономики

и отсутствие широких экономических связей с мировым сообществом; противоречия между административными и рыночными методами управления.

20. К 1922 г.- экономические, внутри- и внешнеполитические факторы (стремление коммунистической партии расширить сферу деятельности для социалистического эксперимента; старые хозяйственные связи; необходимость совместной обороны) требовали новых форм отношений между республиками (в 1922 к на территории бывшей Российской империи существовало 9 советских республик, а в РСФСР имелось девять автономных). Летом 1922 г. по решению ЦК РКП(б) начался процесс, объединения советских республик в единое государство. Существовало два варианта объединения: а) вариант И.В. Сталина — «автономизация» советских республик, понимаемая как их автономия в составе единого пролетарского государства, советизация, диктатура пролетариата», решение национального вопроса в ходе преодоления, культурных и экономических различий; б) предложение ;В.И. Ленина о новой форме союзного государства на основе добровольного и равноправного объединения самостоятельных советских республик. Предусматривалось образование федерации посредством заключения с республиками договора, при этом республики сохраняли всю полноту I управлениянвнутренними делами. 30 декабря .1922 г. I съезд Советов СССР принял Декларацию, и Договор об образовании Сот юза Советских Социалистических республик. В. Состав СССР вошли РСФСР, Украинская ССР, Белорусская .ССР. и Закавказская Федерация, включавшая Азербайджан, Армению и Грузию. В январе 1924 г. II Всесоюзный съезд Советов одобрил первую Конституцию СССР. По Конституции СССР представлял собой Федерацию равноправных суверенных государств Однако статья Конституции о полновластии Советов была фикцией, на деле государственная власть концентрировалась в структурах партии, жестко управляемой из центра. Союз сразу же приобрел характер унитарного государства.

21. На XIV съезде, в декабре 1925 г. был провозглашен курева индустриализацию. Была поставлена задача превратить СССР из страны, ввозящей машины и оборудование, в страну, их производящую, затем провести машинизацию всего народного хозяйства и на этой основе добиться ускоренного развития. Главной целью данной политики являлось изменение социальной структуры и ликвидация класса предпринимателей (отход от политики нэпа), упрочение политического господства большевиков. С конца 20-х гг. государство приступило к планированию, начали разрабатываться пятилетние планы, составляемые без учета издержек, которые со временем превратились в твердые задания по производству продукции. В проведении индустриализации отмечались: высокие темпы индустриализации; сжатые исторические сроки; акцент на развитие тяжелой промышленности в ущерб легкой; осуществление индустриализации за счет внутренних источников накопления (перекачка средств из деревни, займы у населения, усиления налогового бремени за счет эмиссии денег, продажи драгоценных металлов и

художественных ценностей, использование труда заключенных и т.д.). В результате индустриализации СССР вышел на второе место в мире по объему промышленного производства. Индустриализация позволила быстро ликвидировать безработицу, но более половины промышленных рабочих было занято тяжелым физическим трудом. Главный итог «большого скачка» — закрепление командно-административных методов управления экономики. Этот период оценивается как промышленное преобразование страны, обеспечивавшее технико-экономическую независимость СССР в сложных внешнеполитических ситуациях.

22. К середине 20-х гг. XX в. положение крестьянства ухудшилось, это было вызвано противоречиями нэпа и начавшейся индустриализации. XV съезд ВКП(б) дал толчок дальнейшему кооперированию крестьянских хозяйств, постановив, что коллективизация должна стать основной задачей партии в деревне. Целями государства в проведении этой политики являлись: а) создание в короткий срок крупных коллективных хозяйств с целью преодоления зависимости государства от единоличных крестьянских хозяйств в деле хлебозаготовок; б) обеспечение индустриализации дешевой рабочей силой за счет массового ухода крестьян из деревни; в) ликвидация кулачества как класса; 4) перекачка средств в промышленность на нужды индустриализации. В 1929 г. в статье «Год великого перелома» И.В. Сталин заявил о необходимости ускорить темпы коллективизации. В этом же году впервые прозвучали слова «сплошная коллективизация». Коллективизация проводилась жесткими методами (принудительность, обобществление крестьянской собственности, партийный и административный произвол, аресты, ссылки и т.д.). Все это вызвало недовольство крестьян. Темпы коллективизации значительно снизились. Крестьяне начали выходить из колхозов и пытались ввести хозрасчет, что было воспринято сталинским руководством как проявление классовой борьбы. Опять началось наступление на колхозы. Из колхозов забирался весь урожай. Результатом такой политики стал страшный голод 1932—1933 гг. В июне 1934 г. правительство заявило о начале последнего этапа коллективизации. К 1937 г. 93% крестьянских хозяйств были вовлечены в колхозы. Насильственная коллективизация привела: к ликвидации слоя зажиточных крестьян; уничтожению частного сектора в сельском хозяйстве; отчуждению крестьян от собственности земли; замедлению темпов роста сельскохозяйственного производства и постоянному обострению продовольственной проблемы в стране.

23. В 30-х гг. окончательно уничтожаются остатки гражданских свобод и формируется тоталитарный режим. Вся экономика огосударствляется, партия сливается с государством, государство идеологизируется. Каждый член общества вовлекается в иерархическую систему организаций: в партию, комсомол, Советы, профсоюзы, ДОСААФ и др., которые выступали в роли «приводных ремней» партийно-государственного руководства. Население поддерживалось в состоянии повышенной мобилизационной готовности при помощи волн массового террора, судебных процессов над «врагами народа». Система базировалась на неукоснительном выполнении плановых директив и

команд центра. Для пресечения недовольства создается карательно-осведомительная система.

24. Главными задачами СССР в 20-е г. XX в. во внешней политике были преодоление дипломатической изоляции и обеспечение безопасности своих границ. В 1919—1920 гг. были заключены договоры с Китаем, Латвией, Литвой, Эстонией, Ираном, Афганистаном, Турцией, Монголией и торговые отношения с Англией и Германией. Однако дипломатических отношений с ведущими державами мира СССР не имела, Политическая блокада с европейскими странами была прорвана в апреле 1922 г. в Рапалло, где был подписан с германской делегацией договор о восстановлении дипломатических отношений на основе взаимного отказа от претензий. 1924—1925 гг. стали «полосой дипломатического признания СССР». Большую роль в росте доверия к СССР сыграл нэп. С целью обеспечения безопасности границ СССР заключает договоры о ненападении с Турцией, Афганистаном, Литвой, Ираном, Германией.

Ориентация на Германию была отличительной чертой советской внешней политики 20-х — начала 30-х гг. Широким было военное сотрудничество между странами. В 1932 г. был заключен Советско-Польский договор о ненападении. Позднее такие же договора были заключены с Францией, Италией, Латвией, Эстонией. Это привело к напряженности в советско-германских отношениях. После прихода к власти Гитлера в 1933 г. СССР начинает ориентироваться на союз с Англией и Францией и делает попытки создания системы коллективной безопасности, направленной против Германии. Однако нежелание западных стран идти на союз с СССР и итоги Мюнхенского соглашения привели к переориентации внешней политики СССР на Германию. В результате, англо-франко-советские переговоры в Москве в августе 1939 г. были провалены, а 23 августа был подписан договор о ненападении между СССР и Германией, который развязывал руки Москве в отношении Финляндии, Латвии, Эстонии и западных территорий Украины и Белоруссии, входивших в состав Польши. 28 сентября 1939 г., по договору «О дружбе и границах» СССР получил Литву в обмен на часть польских земель. Эти территории в 1939—1941 гг. вошли в состав СССР, что явилось основным итогом его европейской политики.

На Дальнем Востоке СССР периодически вступает в вооруженные конфликты (летом 1929 г. — с Китаем, летом 1938 г. - с Японией на реке Халхин-Гол). Советскому Союзу удалось сохранить свои границы. Монголия осталась в сфере влияния СССР.

25. Великая Отечественная война 1941—1945 гг. на сегодняшний день во многом остается белым пятном для историков. Достаточно много возникает дискуссионных проблем: 1) кто развязал Вторую мировую войну?; 2) готовил ли Сталин нападение на Германию?; 3) проблема внезапности нападения на СССР; 4) причины поражения советских войск весной—летом 1942 г.; 5) проблема движения Сопротивления; 6) потери СССР в годы войны; 7) цена победы СССР в Великой Отечественной войне.

26. Причинами Великой Отечественной войны, по мнению А.П.

Деревянко и Н.А. Шабельниковой, были: 1) борьба конкурирующих систем, претендующих на глобальное господство: национал-социализма и коммунизма; 2) стремление Германии завоевать «жизненное пространство», захватив ресурсную базу СССР.

27. В истории Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. выделяют три основных периода: 1) 22 июня 1941 г. — 18 ноября 1942 г. — начальный период войны. Стратегическая инициатива принадлежала вермахту. Советские войска оставили Белоруссию, Прибалтику, Украину, вели оборонительные сражения за Смоленск, Киев, Ленинград. Битва за Москву (30 сентября 1941 г. — 7 января 1942 г.) первое поражение противника. Война приняла затяжной характер. Весна—лето 1942 г. — начало обороны Сталинграда и битвы за Кавказ. Перевод экономики на военные рельсы СССР завершен создана целостная система военной индустрии. Началась партизанская война в тылу врага (Белоруссия, Брянщина, Восточная Украина). Создана антигитлеровская коалиция 2) 19 -ноября 1942 г. — конец 1943 к — период коренного перелома-, окончательного перехода стратегической инициатив к СССР. Разгром немецких войск под Сталинградом (2 февраля 1943 г.), сражение на Курской дуге (июль 1943 г.). Битваэа Днепр— крушение оборонительной стратегии вермахта., освобождение левобережной Украины. Укрепление советской экономики: к концу 1943 г. обеспечена экономическая победа над Германией. Формирование крупных партизанских соединений. В тылу врага появились освобожденные районы. Укрепление антигитлеровской коалиции. Тегеранская конференция 1943 г. — кризис фашистского блока; 3)1944 г. - 9 мая 1945 г. — завершающий период. Освобождение всей территории СССР, освободительная миссия Краснойкармии в Европе (освобождение Польши, Чехословакии, Венгрии и других стран). Разгром фашистской Германии» Конференция в Ялте (февраль 1945 в) и Потсдаме (июль-август 1945 г.); особый период (9 августа — 2 сентября 1945 г.). — война ССОР против Японии, разгром Квантунской армии в Маньчжурии.

28. Цена победы в Великой Отечественной войне выражает сложный комплекс материальных экономических, интеллектуальных, духовных и других усилий государства и народа, Понесенного ими урона, ущерба, потерь и издержек. С одной стороны, за время войны была создана мощная военная промышленность, сформирована индустриальная база; завоеван международный авторитет, СССР вошел в различные международные организации и союзы, значительно расширил сферу политического влияния; в состав СССР вошли Печенгский и Клайпедский районы, Южный Сахалин, Курильские острова, часть Восточной Пруссии; заложена основа для создания «блока социалистических государств» Европы и Азии; открылись возможности демократического обновления мира и освобождение колоний. С другой стороны, ценой победы стали огромные людские потери - около 27 млн чел.; уничтожена 1/3 национального богатства страны; произошло укрепление сталинского режима; нанесен огромный экологический ущерб; война затормозила экономическое развитие СССР, вынужденного долгие

годы восстанавливать народное хозяйство, залечивать физические и моральные раны людей.

29. В СССР в первое послевоенное десятилетие в экономической сфере был принят IV пятилетний план, основной задачей которого было восстановление разрушенного хозяйства и дальнейшее развитие экономики страны. К 1948 г. уровень промышленного производства достиг довоенного; восстановлено и построено 6200 промышленных предприятий; проведена денежная реформа и отменена карточная система (декабрь 1947 г.). Это проводилось за счет «экономии» на сельском хозяйстве, легкой промышленности и социальной сфере, а также репараций с Германии (4,3 млрд долл.). В социально-политической сфере происходит укрепление административно-командной системы и тоталитарно-бюрократической структуры власти; идеологическое закрепощение общественного сознания (проводятся кампании «борьбы с космополитизмом» с целью избавления от интереса и симпатий к Западу, воссоздания образа внутреннего врага); усиливается партийно-государственное давление на творческую интеллигенцию, новый виток репрессий в стране (ГУЛАГ для военнопленных, «Ленинградское дело», «Дело врачей»); культ И.В. Сталина достигает своего апогея.

30. С приходом к власти Н.С. Хрущева в 1953 г. начались заметные изменения в общественно-политической жизни страны. На XX съезде КПСС в феврале 1956 г. Н.С. Хрущев выступил с докладом, разоблачившим культ личности И.В. Сталина. В этом выступлении прозвучала критика культа, но не системы, определялись дозволенные рамки критики деятельности Сталина и сталинщины. И как результат, с одной стороны, в стране протекал процесс политической демократизации: происходит децентрализация системы управления и развития; начинается реабилитация невинно пострадавших жертв сталинских репрессий; реформирование образовательной системы; «оттепель» в литературе, театре, проявление определенной свободы творчества. С другой стороны, продолжала существовать командно-административная система: формируются элементы культа личности Н.С. Хрущева; проводятся репрессии против тех, кто в своей критике не ограничивается дозволенными рамками. В области сельского хозяйства и промышленности реформы Н.С. Хрущева носили непродуманный характер, что сказалось на экономическом и социальном развитии. В 1954 г. было принято решение об освоении целинных и залежных земель. Это был экстенсивный путь развития сельского хозяйства, и первые успехи быстро исчезли. Неудача постигла и проект подъема сельского хозяйства с помощью «царицы полей» кукурузы, и с помощью увеличения в 2—3 раза планов сдачи мяса, что нанесло невосполнимый ущерб животноводству. В промышленности преимущественно развивались оборонные отрасли и атомная энергетика. Для преодоления сверхцентрализации экономики были созданы совнархозы. Эти бесконечные реорганизации сорвали выполнение VI пятилетки. Выход был найден в разработке 7-летнего плана. Расходы на науку выросли в 6 раз, но НТР вступила в противоречие с командно-

административной системой. В начале 60-х гг. XX в. недовольство политикой Н.С. Хрущева охватило многие слои населения, этим воспользовались консерваторы в партийном и государственном аппарате. В октябре 1964 г. происходит смещение Н.С. Хрущева со всех постов.

31. Внешняя политика СССР во второй половине 50-х — начале 90-х гг. XX в. характеризуется не только активностью, но и противоречивостью. После Второй мировой войны выделились два лидера на международной арене — СССР и США. В мире, начиная с 1946 г., возобладала политика «холодной войны», которая привела к резкому обострению взаимоотношений между СССР и США, Востоком и Западом. Началась гонка вооружений, усилилась взаимная враждебная риторика, осуществлялась политика «с позиции силы». Придя к власти, Н.С. Хрущев постарался внести существенные коррективы и в сферу международных отношений. Новые отношения внешней политики были сформулированы им в докладе на XX съезде партии в 1936 г Главными принципами здесь были следующие: признание разнообразия путей построения социализма. возможность мирного сосуществования государств с различным общественный строем. В то же время советское руководство вело постоянную «антиимпериалистическую пропаганду», всемерно помогало коммунистическому и национально-освободительному движениям, исповедовало веру в торжество коммунизма над капитализмом во всемирном масштабе. Во второй половине 60-х первой половине 80-х гг. советская внешняя политика прошла путь от «холодной войны» к разрядке между народной напряженности и до нового витка «холодной войны. В период «перестройки» (1985—1991) была провозглашена внешнеполитическая доктрина советского правительства, получившая название «новое политическое мышление, которая предусматривала: отказ от раскола мира на две враждующие социально-политические системы (капиталистическую и социалистическую), признание его единым и взаимосвязанным; объявление в качестве универсального решения вопросов баланса интересов различных государств; признание приоритета общечеловеческих ценностей над любыми другими (классовыми; национальными, религиозными). Основным направлением во внешней политике СССР стало налаживание взаимоотношений с США. Однако в эти годы руководство СССР часто шло на односторонние уступки Западу н не думало об их дальнейших последствиях для страны.

32. С приходом к власти в октябре 1964 г. Л. И. Брежнева происходит смена политического курса. Пришедшая к руководству страной команда Л.И. Брежнева не имела позитивной программы деятельности. Однако негативная установка существовала, и заключалась она в том, чтобы прекратить бесчисленные преобразования, нарушавшие стабильность существования бюрократии. Основным стад принцип «стабильности», который означал (в особенности после неудачи хозяйственной реформы, проведенной А.Н. Косыгиным) отказ от каких-либо нововведений в политической, экономической, идеологической и кадровой сферах. В 1977 г. была принята

новая Конституция СССР, законодательно закрепившая руководящую роль КПСС в обществе, социализм в СССР провозглашался развитым, и было положено начало разработке теории, защищающей эту идею. Как следствие значительно возросла роль партийно-государственной номенклатуры. Прекратился процесс десталинизации, и начался, в известной мере, процесс ресталинизации. Одновременно открывается новая страница в истории политических процессов: судебной расправе подвергаются инакомыслящие, так называемые диссиденты, выступавшие за соблюдение прав человека и гражданина в СССР. К концу 70-х — началу 80-х гг. XX в. все больше стали проявляться кризисные явления во всех сферах жизни общества: снижение темпов экономического роста, крайне слабое развитие наукоемких отраслей производства (микроэкономики, биотехнологии, информатики); сохранение экстенсивных методов хозяйствования, что во многом способствовало формированию затратной экономики; превращение страны в сырьевой придаток мировой системы хозяйствования (вывоз сырья и закупка продовольствия); формирование «теневой» экономики; снижение жизненного уровня населения; остаточный принцип финансирования сфер медицины, образования, науки, культуры, жилищного строительства; накопление критического потенциала в обществе: сомнения в правильности социалитического пути, выбранного старшим поколением.

33. Л.И. Брежнев умер в ноябре 1982 г. На первую позицию в партийном аппарате выдвинулся Ю.В. Андропов, возглавляющий КГБ. Он был избран генеральным секретарем ЦК КПСС. Его задачей стала борьба с коррупцией, которая захлестнул высшие эшелоны власти. Начинается борьба за укрепление трудовой дисциплины. Тяжелобольной Ю.В. Андропов в феврале 1984 г. умирает. Генеральным секретарем становится К.У. Черненко, при котором усиливается экономический и политический кризис. Международное положение СССР ухудшается.

34. Перестройкой называется период с марта 1985 г. по декабрь 1991 г., когда в СССР были предприняты экономические политические, социальные, правовые и другие реформы, чтобы осуществить «всестороннее совершенствование социализма» и придать ему новый, более привлекательный облик как внутри страны, так и за ее пределами.

35. Предпосылками перестройки являлись: 1) стагнация в экономике, нарастание научно-технического отставания от Запада, провалы в социальной сфере; 2) политический кризис, выразившийся в сращивании партийно-государственной номенклатуры с дельцами теневой экономики и преступностью что привело к формированию в середине 80-х гг. устойчивых мафиозных группировок; 3) субъективной предпосылкой являлся приход к власти относительно молодого поколения поли, тиков, стремившихся не только к укреплению власти, но и вы. ступавших за обновление государства.

36. В истории перестройки некоторые исследователи выделяют четыре периода: 1) март 1985 г. - январь 1987 г. - проходящий под лозунгом «больше социализма»; 2) 1987—1988 гг. - «больше демократии»; 3) 1989-1991 гг., ставший периодом размежеваний и расколов в лагере перестройки; 4)

августовский путч и отстранение от власти М.С. Горбачева, распад СССР.

37. Практически все реформы, осуществляемые в ходе перестройки, не были до конца продуманными, а потому и не были доведены до логического завершения, так как не прогнозировались их конечные цели. В итоге экономические реформы не дали положительных результатов. Началось общее сокращение производства в промышленности и сельском хозяйстве. Резко усилилась инфляция. К началу 90-х гг. страна оказалась в полосе острейшего социально-политического кризиса. В политической системе, стремления решить две задачи одновременно, - с одной стороны, модернизировать структуру государственной власти (при помощи удаления из руководства наиболее консервативных функционеров, введения системы альтернативных выборов и тайного голосования по кандидатурам на руководящие посты в партийных органах, введения президентского поста), с другой - сохранить партийную монополию на власть в рамках складывания многопартийной системы в стране - были обречены на неудачу. В стране назревал политический кризис.

38. К невысоким результатам преобразований в стране в ходе перестройки добавился рост национальной напряженности в республиках СССР. Непоследовательность национальной политики порождали многочисленные противоречия в межнациональных отношениях, которые постепенно переросли в открытые конфликты. Декларации о государственном суверенитете приняли Эстония, Литва, Латвия, Азербайджан и др. 12 июня 1990 г. I съезд народных депутатов РСФСР принял Декларацию о государственном суверенитете России. В ней законодательно закреплялся приоритет республиканских законов над союзными. Первым Президентом РФ стал Б.Н. Ельцин. Принятием Декларации о суверенитете союзных республик был поставлен вопрос о дальнейшем существовании СССР. Началась подготовка нового Союзного договора, подписание которого было назначено на 20 августа 1991 г. Но 19 августа 1991 г: часть союзного руководства совершает попытку государственного переворота. Проект предстоящего Союзного договора, означавший утрату контроля над республиками, этих руководителей не устраивал. После подавления путча процесс распада СССР принимает необратимый характер. 21 декабря 1991 г. 11 республик объявили о роспуске СССР. На встрече в Беловежской Пуще Б. Ельцин, Л. Кравчук, В. Шушкевич, а затем на встрече в Алма-Ате руководители бывших Союзных республик (кроме Эстонии, Литвы и Грузии) прекратили действие Союзного договора 1922 г., СССР перестал существовать, а президент M.G. Горбачев ушел в отставку. На территории бывшего Союза возникло Содружество Независимых Государств (СНЕ).

39. В 1991 г. в результате распада СССР на международной политической арене появилось новое государство — Российская Федерация. В июне 1991 г. всенародным голосованием президентом России был избран Б.Н. Ельцин: После подавления августовского путча и в условиях начавшихся широкомасштабных экономических реформ стал постепенно нарастать

конфликт между Верховным Советом РСФСР и президентом РФ. Он приобрел размах подлинной «войны законов», когда практически ни один законодательный акт, ни одно распоряжение двух ветвей власти не выполнялись. Лидеры Совета выступали против шоковой терапии в экономике, оспаривали законность ликвидации КПСС президентом в 1991 г. и т.д. В ходе референдума 1993 г. народ выбрал президентское правление. Однако открытое противостояние и вооруженные столкновения имели место в октябре 1993 т. Президент одержал победу. 12 декабря 1993 г. в результате всенародного референдума была принята новая Конституция РФ, по которой фактически Страна становилась президентской республикой. Срочно были проведены выборы в I Государственную думу и Федеральное собрание. Крупнейшими фракциями в Думе стали ЛДПР (В.В. Жириновский) и КПРФ (Г.А. Зюганов). 17 декабря 1995 г. был выбранн новый парламент, в котором образовалось четыре фракции: КПРФ («ПА. Зюганов), ЛДПР (В.В. Жириновский), блок «Наш дом Россия» (В.С. Черномырдин), блок «Яблоко» (Г.А. Явлинский). В июне 1996 г. прошли выборы Президента России (на этот пост претендовали Б.Н. Ельцин, Г.А. Зюганов, А.И. Лебедь, Г.А. Явлинский, В.В. Жириновский). Б.Н. Ельцину удалось во 2-м туре одержать победу. Серьезной политической проблемой стало реформирование Вооруженных сил. В июле 1996 г. Б.Н. Ельцин поставил задачу по созданию к 2000 г. высоко организованной профессиональной армии. Однако решение такой сложной задачи в условиях слабого финансирования и августовского кризиса 1998 г. стало проблематично. Другой внутриполитической проблемой оставалась борьба с преступностью. В ноябре 1998 г. в Петербурге убита депутат Госдумы Г.В. Старовойтова, усилился экстремизм, национализм. В послании Федеральному собранию 6 марта 1997 г. констатировалось бессилие властей в борьбе с коррупцией, но задача так и не была решена. Глубокий социально-экономический кризис в стране постоянно усугублялся кризисом во властных структурах. Б.Н. Ельцин с августа 1996 г. фактически отошел от дел, ненадолго появляясь на непродолжительное время и осуществляя кадровые перестановки; перестал владеть ситуацией в стране. С марта 1998 г. сменилось пять Председателей Правительства РФ (В.С. Черномырдин, С.В. Кириенко, Е.М. Примаков, С.В. Степашин, В.В. Путин). На этом фоне 19 декабря 1999 г. прошли выборы в III Государственную думу, где большинство голосов набрали КПРФ и движение «Единство» («Медведь»). 31 декабря 1999 г. Б.Н. Ельцин досрочно ушел в отставку, передав руководство В.В. Путину, который 26 марта 2000 г. избран Президентом РФ.

40. В конце 1991 г. Россия была вынуждена приступать к радикальным экономическим преобразованиям, так как страна оказалась в тяжелейшем финансовом кризисе. Попытка властей частично замаскировать инфляцию государственным контролем над ценами лишь усиливали дефицит и вели к расцвету черного рынка. 1 января 1992 т. правительством, которое возглавлял Е. Гайдар, был принят набор монетаристских мер, так называемая шоковая терапия: ограничение совокупности спроса с помощью удорожания кредита и

урезания бюджетных средств, приватизация государственных предприятий. Основным мероприятием социально-экономической политики этого периода явилась либерализация цен. Предполагалась, что данные меры способны в достаточно короткий срок сбить инфляцию и создать предпосылки для восстановления хозяйственного роста на рыночной основе. Но следствием этой политики явилось падение материального благосостояния людей в связи с ростом инфляции в стране (за год рост произошел в 100—150 раз), недовольство и недоверие масс к правительственному курсу. После отстатки правительства Е. Гайдара, с конца 1992 г. началась массовая приватизация, которая проходила в два этапа: 1) 1992—1993 гг. — безвозмездная передача гражданам части государственной собственности стоимостью 10 тыс. руб. путем выдачи приватизационного чека; 2) с осени 1994 г. — приватизация государственных предприятий путем прямого акционирования и начало продажи акционерных предприятий. Последствиями приватизации стало: с одной стороны, произошел крупномасштабный обман народа, с другой — почти все лучшие предприятия оказались в руках небольшой группы московских «уполномоченных» банкиров. Следствием приватизации стал рост экономической преступности, злоупотреблений и коррупции. В результате основная часть национального достояния оказалась в руках 10% населения. Началось разрушение колхозов и совхозов, из которых стали выделяться фермерские хозяйства.

41. В 1994—1998 гг. правительством предпринимаются меры по сдерживанию спада производства и падению эффективности экономики, которые включали: 1) ограничение и отмена централизованного распределения сырья и ресурсов; 2) отмена государственных дотаций убыточным предприятиям; либерализация внешней торговли, расширение импорта потребительских и продовольственных рынков; 4) свободная конвертация рубля; 5) крупномасштабные внешние займы; 6) неконтролируемый вывоз материальных ценностей за рубеж. Результатами проводимой политики были: а) развал военно-промышленного комплекса и бюджетных сфер; б) спад промышленного производства в стране; в) падение спроса на отечественную продукцию; г) деиндустриализация: промышленное производство все более приобретало черты топливо-энергетической и сырьевой ориентации; д) падение сельскохозяйственного производства; е) имущественная дифференцация и скрытая безработица; ж) полная зависимость российской экономики от Запада в лице международных финансовых организаций; з) нарушение экономических связей между регионами страны и распад единой народнохозяйственной структуры; и) рыночные отношения приобрели откровенно криминальный характер. В 1998 г. правительство В.С, Черномырдина предприняло ряд мер в целях выхода из финансового кризиса. С 1 января 1998 г. прошла деноминация введены новые российские деньги, уменьшенные по поминалу в 1000 раз, в обращение вновь вернулась копейка. Однако экономика по-прежнему катастрофически разрушалась. 23 марта правительство Черномырдина отправлено в отставку, и новым премьер-министром стал С.В. Кириенко. 17 августа 1990 г. С.В.

Кириенко выступил с заявлением о прекращении выплат по обязательствам государства и моратории на выплату долго зарубежным банкам (дефолт — отказ от принятых ранее на себя обязательств). Как следствие, отставка правительства, высокая инфляция (до 60%) и рост цен. Наступил крах рыночной инфраструктуры и кризис банковской системы и рынка ценных бумаг. В последующее время одно за другим менялись правительства Е.М. Примакова, С.В. Степашина, В.В. Путина. Им удалось несколько стабилизировать экономическую и политическую ситуацию в стране.

42. Экономические и политические проблемы усложнялись серьезными негативными явлениями в отношениях между центром и национальными окраинами. Некоторые субъекты РФ, провозгласив себя суверенными, приняли конституции, в которых были значительные отклонения от Конституции РФ. Особенно напряженно сложились отношения Центрального правительства и Чечни. В конце 1991 г. руководство Чечни объявило о создании независимой Чеченской республики Ичкерия. Внутри самих чеченцев началась борьба за сферы влияния, которая при вмешательстве федеральных властей и силовых структур вылилась в 1994 г. в гражданскую войну. 11 декабря 1994 г. началась операция федеральных войск, превратившая внутричеченский конфликт в полномасштабную войну с многочисленными человеческими жертвами. В конце 1996 г. неожиданным результатом завершились военные действия в Чечне. По заключенному договору российские войска были выведены из Чечни, и там начались преследования тех, кто поддерживал российское правительство. В январе 1997 г. Президентом Чечни избран А. Масхадов. В мае в Москве Б.Н. Ельцин и А. Масхадов подписали Договор о мире и принципах взаимоотношений между РФ и Чеченской республикой Ичкерией. Однако напряженность оставалась, продолжались захваты заложников. Ситуация обострилась осенью 1999 г.: 4 сентября взорван жилой дом в г. Буйнакске; 9 сентября в г. Москве на улице Гурьянова; 13 сентября взорван дом на Каширском шоссе; 16 сентября жилой дом в Волгодонске. В течение этого периода контакты Москвы и Чечни были свернуты. В качестве ответной меры российское правительство во главе с В.В. Путиным приняло решение использовать в борьбе с террористами силовые методы. Началась вторая чеченская кампания. После завершения в 2000 г. активной фазы боевых действий и назначения в июне 2000 г. муфтия Чечни А. Кадырова главой временной администрации, сопротивление боевиков перешло в фазу террористической войны. В 2000—2003 гг. федеральный центр предпринял меры по нормализации политической и экономической ситуации в республике. В марте 2003 г. в ходе референдума жители Чечни приняли новую конституцию, в которой оговорено, что Чеченская республика является частью Российской Федерации. В этой конституции республике предоставляются широкие полномочия в пределах российского законодательства. В октябре 2003 г. прошли выборы президента Чеченской республики, на которых победил А. Кадыров. В целом федеральный центр сделал ставку на решение проблем этой республики силами чеченских

лидеров, а не насаждением представителей из Москвы. С другой стороны, власти России не отказались от ведения переговоров с лидерами боевиков в 2001 г., но они оказались безрезультатными. С осени 2002 г. боевики развернули активную террористическую войну: захват зрителей мюзикла «Норд-Ост» в г. Москве (23 октября 2002 г.); декабрь 2002 г. — взорван дом правительства в г. Грозном; июль 2001 т. — взрыв на рок-фестивале в Тушино; февраль 2004 г. —взрыв поезда метро в Москве; 9 мая 2004 г. в результате теракта погиб глава Чечни — А. Кадыров;. 1 сентября 2004 г. захват школы в г. Беслане. С 2005 г. обстановка в Чеченской республике стабилизируется. Избранный в марте 2007 г. президентом Чеченской республики Р. Кадыров проводит политику по интеграции боевиков, не запятнанных себя тяжкими преступлениями, общество и параллельно ведет войну на уничтожение лидеров боевиков. В июле 2006 г. уничтожен лидер всего террористического подполья на Северном Кавказе Ш. Басаев, ранее был ликвидирован А. Масхадов.

43. Основными направлениями политики Президента В,В. Путина в 2000—2008 гг. стали: в политической сфере — укрепление вертикали государственной власти и достижение политической стабильности в обществе, для чего были созданы 7 федеральных ок лями президента; изменен принцип формирования верхней па- латы Федерального собрания - Совета Федерации - и превращение его в, постоянно действующий законодательный орган; создание Государственного совета РФ как совещательно-консультативного органа глав субъектов РФ при Президенте РФ; осуществление административной реформы; изменение избирательного законодательства (выборы в ГД по пропорциональной системе, изменен, порог явки на выборы и т.д.). В социально- экономической сфере: продолжение курса на либерализацию экономики, Ослабление бюрократической опеки и контроля со стороны государства за предпринимательской деятельностью, принятие мер, направленных на поддержку малого и среднего бизнеса; Сокращение налогового бремени, введение 13%-ного подоходного нрлогй; проведение социальных реформ (пенсионной, монетизации льгот, здравоохранения); начало проведения и финансирования национальных проектов: «Здоровье», «Качественное образование», «Доступное и комфортное жилье», «Развитие агропромышленного комплекса». В сфере международных отношений: принятие новой концепции внешней политики России, исходя из многополярной системы международных отношений; развитие партнерских отношений со всеми странами мира; поддержка западных стран в борьбе с терроризмом. Среди итогов проведения такой политики можно выделить: восстановление единства России; отражение угрозы со стороны сепаратизма; восстановление экономики страны после затяжного кризиса 1990-х гг. (реальные доходы граждан за 8 лет увеличились в 2,5 раза и превысили уровень 1990 г., по размеру своей экономики Россия заняла седьмое место в мире); погашена значительная часть государственного долга; наблюдался рост ВВП; Россия стала занимать место полноправного партнера в мировой

политике. В марте 2008 п Президентом РФ был избран Д.А. Медведев.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие

Решение типовых маркшейдерских задач
при разработке месторождений открытым способом для
обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. СОЗДАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ 5
Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 1 10
2. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СЪЕМОЧНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЕТЕЙ 11
2.1. Определение плановых координат пунктов способом теодолитных ходов 11
2.2. Определение плановых координат пунктов съемочной сети методом геодезических засечек 14
2.3. Определение высотных отметок пунктов съемочной сети 48
Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 2 51
3. МАРШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОХОДКЕ ТРАНШЕЙ 53
Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 3 64
4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ 64
Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 4 70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 72

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие включает комплекс основных расчетно-графических работ, выполняемых маркшейдером при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. По значению, трудоемкости и характеру данные работы относятся к капитальным и основным.

Материал составлен в виде отдельных примеров по видам маркшейдерских работ и распределен по следующим темам: «Создание или реконструкция опорных и съемочных сетей на земной поверхности и в карьере», «Маркшейдерское обеспечение горнокапитальных и буровзрывных работ (составление плана-проекта)», «Подсчет объемов горной массы при проходке горных выработок».

В маркшейдерии изучение теоретических основ и их использование на практике при обучении специалистов возможно только при решении конкретных задач и примеров.

Учебное пособие предполагает выполнение заданий на лабораторных занятиях под руководством преподавателя и самостоятельную работу студента. При самостоятельной работе студентом выполняются задания на базе лабораторных работ, курса лекций и изучения технической литературы по вопросам, предусмотренным при изучении дисциплины «Маркшейдерия».

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой обучения и учитывает изменения, произошедшие в изложении курса. Приводятся типовые примеры с последовательностью расчетов, выполняемых в период лабораторных занятий, перечень дополнительных заданий и литература для самостоятельного изучения дисциплины и выполнения курсовой работы.

1. СОЗДАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ

Работы по созданию и реконструкции опорных маркшейдерских сетей на территории административно-производственной деятельности горного предприятия выполняются по техническому проекту.

Государственную геодезическую сеть, являющуюся главной геодезической основой при решении данной задачи, подразделяют на четыре вида: сети триангуляции, полигонометрии, трилатерации и глобальная навигационная спутниковая сеть (ГНСС). По классу точности каждый из видов различается: плановые 1-го, 2-го, 3-го, 4-го, высотные I, II, III и IV классов.

На территории горного предприятия маркшейдерские опорные сети создаются силами маркшейдерских служб горного предприятия или лицензированными подрядными организациями в порядке, установленном требованиями Инструкции [1] по согласованию с Ростехнадзором.

Наибольшее распространение на карьерах в качестве плановых опорных сетей находят сети 4-го класса и сети сгущения 1-го и 2-го разрядов, в качестве высотных опорных сетей – нивелирные сети III и IV классов [1], создаваемые на основе пунктов государственной геодезической сети путем перехода от высшего разряда точности к низшему [2].

Расчет координат и высот пунктов всех видов сетей ведется в принятых прямоугольных системах координат в проекции Гаусса и Балтийской системе высот.

Решение задач

В процессе выполнения маркшейдерских работ при создании, реконструкции опорных маркшейдерских сетей и выполнении маркшейдерской съемки производят измерения линейных и угловых величин.

Единицей длины принято считать 1 м (метр), длина которого равна 1650763,73 длины волны излучения спектра атома криптона-86 в вакууме. В 1 м – 100 см, 1000 мм; 1000 м = 1 км.

Углы выражаются в градусной, децимальной и радиальной мерах, в маркшейдерии, как правило, в градусной и радиальной

мере. Единицей угла принято считать 1 градус (1°), равный 1/90 части прямого угла: 1° = 60′ (минут), 1′ = 60″ (секунд).

В радиальной мере единицей угла считается 1 радиан, равный отношению длины дуги в один радиус к величине соответствующего радиуса. При β = 57°17′45″ 1 радиан = 1. Следовательно, β_r = β°/57,3 = β′/3438′ = β″ / 206265″. Для малых углов, близких к 0°, β_r = sin β° = tg β°.

Задача 1. Выразить значение угла 30°35′45″ в виде десятичной дроби.

Решение. β = β°+(β′+β″/60″)/60′; β = 30+(35+45/60″)/60′ = = 30,595833°.

Задача 2. Выразить значение угла 30,595833° в градусной мере.

Решение. Определяем число минут и секунд:

0,595833 ·60′·60′ = 2145″.

Определяем число минут:

2145″ / 60″ = 35,75′

Определяем число секунд:

0,75′·60″ = 45″

Результат: 30°35′45″.

Ориентирование в маркшейдерском деле производят по ориентирующим углам отдельных линий, проложенных между пунктами маркшейдерских сетей. Ориентирующими углами принято считать: географические ($A_Г$) и магнитные ($A_М$) азимуты, дирекционные углы (α) и румбы (r).

Между географическим и магнитным азимутами ориентируемой линии имеется расхождение, так называемое магнитное склонение (δ), которое подразделяется на восточное (+δ) или западное (-δ). Величина магнитного склонения определяется из выражения

$$\delta = A_Г - A_М.$$

Расхождение между значениями географического азимута и дирекционным углом ориентируемой линии называется сближением меридианов (γ). Различают восточное (+γ) и западное (-γ) сближения. В общем случае сближение меридианов

$$\gamma = A_{\Gamma} - \alpha.$$

Румбы – углы в пределах от 0 до 90°. Румбы могут быть географическими, магнитными и дирекционными.

Задача 3. Определить A_{Γ}, если известно $A_{\text{М}} = 110°$ и магнитное склонение $\delta = +3°45''$.

Решение. $A_{\Gamma} = A_{\text{М}} + \delta = 110° + (+3°45'') = 113°45''$.

Задача 4. Определить значение румба линии (r), дирекционный угол (α) которой равен 345°.

Решение. $r = 360° - \alpha = 360° - 345° = 15°$.

В маркшейдерии используются системы географических и прямоугольных координат точек. К географическим координатам относятся ее долгота (λ) и широта (φ). К прямоугольным координатам относятся расстояния: координата X – от точки до экватора и Y – от точки до осевого меридиана. В маркшейдерской практике в большинстве случаев используется прямоугольная система координат. При этом важное значение имеет умение решать прямую и обратную геодезические задачи.

Прямая геодезическая задача – определить координаты точки B по известным координаты точки A:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos\alpha_{AB};$$
$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin\alpha_{AB},$$

где d_{AB} – горизонтальная проекция линии;

$б_{AB}$ – дирекционный угол линии, соединяющей точки A и B.

Обратная геодезическая задача – определить дирекционный угол $б_{AB}$ и горизонтальную проекцию d_{AB} линии, соединяющей точки A и B по известным координатам X_A и Y_A:

$$r_{AB} = \text{arctg}\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right);$$

$$d_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin r_{AB}} = \frac{X_B - X_A}{\cos r_{AB}},$$

где r_{AB} – румб линии.

При определении дирекционного угла линии (α_{AB}) следует учитывать знаки приращения координат (табл. 1).

Таблица 1

Выбор знаков приращения координат

A, град	0-90	90-180	180-270	270-360
$X_B - X_A$	+	–	–	+
$Y_B - Y_A$	+	+	–	–
α_{AB}, град	r_{AB}	180°- r_{AB}	180°+ r_{AB}	360° - r_{AB}

Положение точки (B) по отвесной (вертикальной) линии относительно точки (А) называется превышением ДZ – разница высот между двумя точками. В нашей стране высоты точек отсчитываются в Балтийской системе высот:

$$\Delta Z = Z_B - Z_A, \; Z_B = Z_A + \Delta Z,$$

где Z_A, Z_B – высотные отметки точек A и B.

Задача 5. Определить высоту точки B (Z_B), если известна высота точки A (Z_A) = 256,4 м и превышение между точками ДZ = –7,7 м.

Решение. $Z_B = Z_A$ – ДZ = 256,4 – 7,7 = 248,7 м.

Задача 6. Определить наклонную длину (L), угол наклона (δ) линии и ее уклон (i), если известны: X_A = 10 м, Y_A = 20 м, Z_A = = 0 м, X_B = 100 м, Y_B = 200 м, Z_B = 50 м.

Решение.

$$L = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2} =$$

$$\sqrt{(100-10)^2 + (200-20)^2 + (50-0)^2} = \sqrt{43000} = 207{,}364 \text{ м};$$

$$\delta = \operatorname{arctg}\left(\frac{Z_B - Z_A}{\sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}}\right) =$$

$$= \operatorname{arctg}\left(\frac{50 - 0}{\sqrt{(100 - 10)^2 + (200 - 20)^2}}\right) = 13°57'10''.$$

Ответ. $L = 207{,}364$ м, $\delta = 13°57'10''$, $i = 0{,}248$.

По данным опорных маркшейдерских сетей и результатам топографической съемки, для изображения земной поверхности и ее недр на горных предприятиях требуется большое количество чертежей (карт, планов). Для правильного их составления и чтения важно знать масштаб чертежей и его точность.

Под масштабом понимается дробное число с числителем, равным единице, а знаменателем – числу, показывающему степень уменьшения длины линии на чертеже к соответствующей длине этой же линии в натуре.

Масштабы разделяются на численный, линейный и поперечный.

Численный масштаб: $1/M = d/L$,

где M – знаменатель масштаба;

d – длина линии на чертеже;

L– длина линии в натуре.

Линейный масштаб – это прямая линия с нанесёнными на ней несколькими равными (1 см) отрезками. Линейный масштаб удобен при уменьшении или увеличении чертежей в процессе их копирования.

Поперечный масштаб необходим при откладывании или измерении линий с большой точностью.

Масштаб чертежей характеризуется точностью, т. е. расстоянием в натуре, соответствующим в данном масштабе отрезку 0,1 мм на чертеже.

Точность масштаба:

$$\varepsilon_M = 0{,}1 \text{ м},$$

где M – знаменатель масштаба.

Задача 7. Определить численный масштаб, если отрезок на чертеже d = 1 см, а соответствующая ему линия в натуре L = 10 м.

Решение.

$1/M = d/L$ = 1 см/10 м = 10 см/1000 см = 1/1000.

Задача 8. Определить точность масштаба при значении его знаменателя M=100.

Решение.

$\varepsilon_M = 0{,}1\ M = 0{,}1 \cdot 100 = 10$ мм = 0,01 м.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 1

1. Выразите значение угла в виде десятичной дроби $30°35'45'' + N^{\circ}N'N''$, где N – здесь и далее номер варианта.
2. Выразите значение угла 30,595830° + N° в градусной мере.
3. Определите азимут географический $A_{\text{Г}}$, если известен азимут магнитный $A_{\text{М}}$ = 110°+ N° и магнитное склонение δ = +3°45″.
4. Определите значение румба (r) линии, дирекционный угол (α) которой равен 345°+ $N^{\circ}N'N''$.
5. Определите высоту точки B (Z_{B}), если известна высота точки A (Z_A) = 256,4 м + Nм и превышение между точками ΔZ = –7,7 м + Nм.
6. Определите наклонную длину (L), угол наклона (δ) линии и ее уклон (i), если известны: X_{A} = 10 м + Nм, Y_{A} = 20 м + Nм, Z_{A} = 0 м + Nм, X_{B} = 100 м + Nм, Y_{B} = 50 м + Nм.
7. Определите численный масштаб, если отрезок на чертеже d = 1 см, а соответствующая ему линия в натуре L = 10 м + N м.
8. Определите точность масштаба при значении его знаменателя M = 100 Nм.
9. Какие пункты являются исходными для построения опорных маркшейдерских сетей?
10. Какого класса точности должны быть пункты опорных маркшейдерских сетей?
11. Каковы основные характеристики опорных маркшейдерских сетей и их плотность на территории горного предприятия?

2. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СЪЁМОЧНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЕТЕЙ

Работа по созданию съемочных сетей на карьерах в соответствии с требованиями инструкции [1] выполняется по техническому проекту, в котором определяется схема, местоположение, количество пунктов съемочного обоснования, методика измерений и камеральная обработка.

Плановое положение пунктов съемочных сетей (координаты *X*, *Y*) определяют: прохождением теодолитных ходов, геодезическими засечками, полярным способом, высотные отметки (координата *Z*) – геометрическим и тригонометрическим нивелированием.

Графическая основа съемочных сетей создается на планах земной поверхности и горных работ в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Решение задач

2.1. Определение плановых координат пунктов способом теодолитных ходов

Теодолитные хода прокладываются от пунктов опорных сетей в виде замкнутых или разомкнутых полигонов. Предельная угловая невязка теодолитного хода $45''\sqrt{n}$ [1] или $1{,}5t\sqrt{n}$, где n – число измеренных углов в ходе; t – точность отсчитывания прибора (теодолита), но не ниже 30″.

Задача 1. Расчет координат теодолитного хода. Пройти замкнутый теодолитный ход, определить угловую и линейную невязки, уравнять ход, рассчитать координаты точек теодолитного хода.

Решение.

Исходные данные – дирекционные углы начальной стороны и координаты точки в опорной сети (рис. 1):

полигон № 1

$\alpha_{I\text{-}II} = 75°55'55''$; $X_I = 640720{,}200$; $Y_I = 6125312{,}050$;

полигон № 2

$\alpha_{VI\text{-}VII}=70°30'30''$; $X_{VI} = 640710{,}100$; $Y_{VI} = 6125350{,}040$.

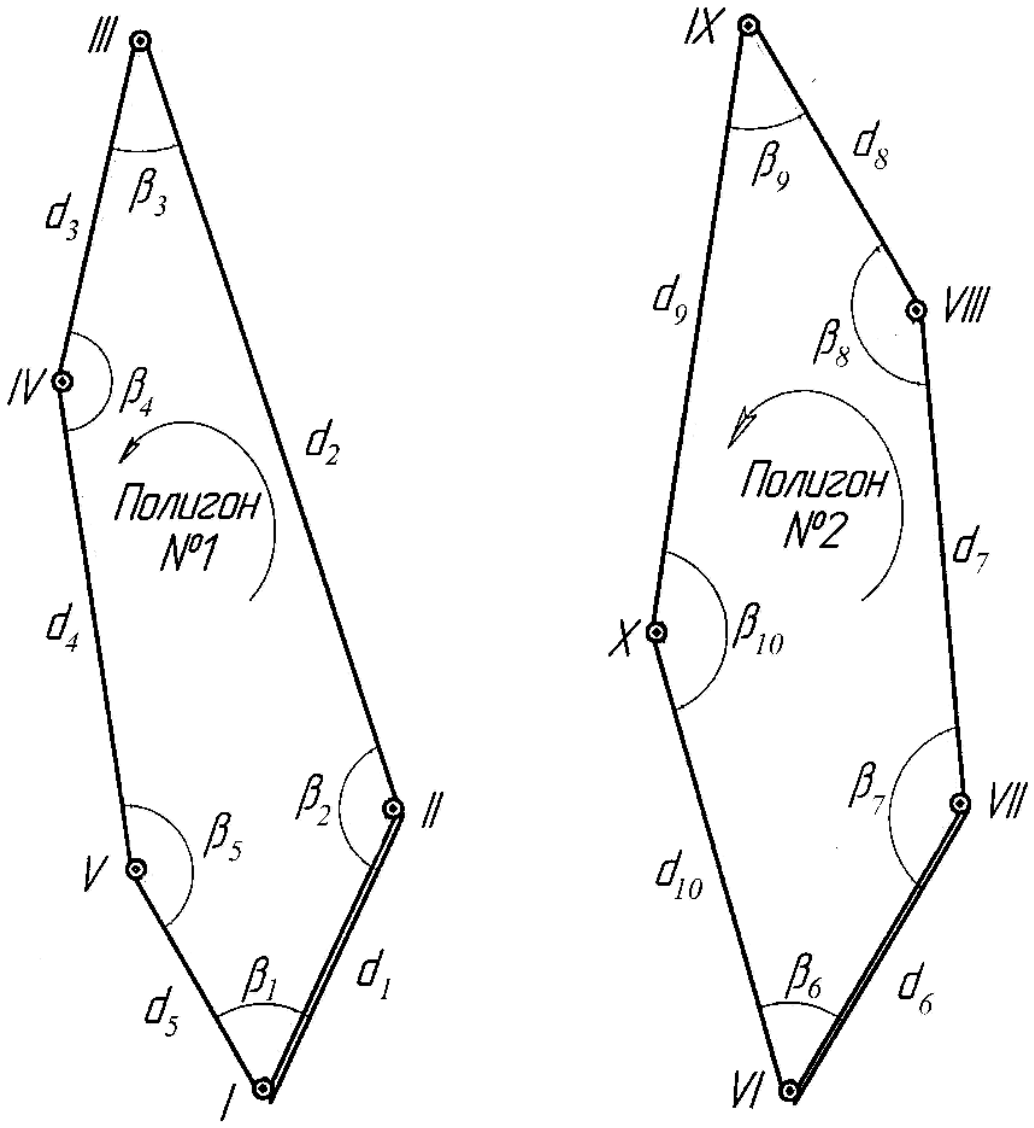


Рис. 1. Замкнутый полигон теодолитного хода:
исходные стороны опорных сетей:
β – горизонтальные углы;
d – горизонтальные линии

Требуется измерить:
Полигон № 1:
горизонтальные углы – β_1, β_2, ... β_5;
горизонтальные линии – d_1, d_2, ... d_5.
Полигон № 2:
горизонтальные углы – β_6, β_7, … β_{10};
горизонтальные линии – d_6, d_6, … d_{10}.

Методика измерений:

– горизонтальные углы измеряются двумя приемами. Допустимое расхождение между приемами $1{,}5\,t$, где t – точность отсчитывания прибора (теодолита), но не ниже 30″;

– горизонтальные линии измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм, дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Допустимое расхождение между измерениями ± 2 мм или 1:3000. Направление хода указано стрелкой (см. рис. 1).

В расчеты принимаются среднеарифметические значения углов и длин.

Требуется определить: координаты вершин точек теодолитного хода:

$X_{\text{II}}, Y_{\text{II,}}\, X_{\text{III}}, Y_{\text{III,}}\, X_{\text{IV}}, Y_{\text{IV,}}\, X_{\text{V}}, Y_{\text{V}}$ – полигон № 1;

$X_{\text{VII}}, Y_{\text{VII,}}\, X_{\text{VIII}}, Y_{\text{VIII,}}\, X_{\text{IX}}, Y_{\text{IX,}}\, X_{\text{X}}, Y_{\text{X}}$ – полигон № 2.

Методика вычислений:

1) рассчитывается угловая невязка хода:

$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}};$

$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n-2)$ – внутренние углы;

$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n+2)$ – внешние углы;

$f_\beta \le f_{\text{доп}};$

$f_{\text{доп.}} = m_\beta\sqrt{n}$,

где n – число измеренных углов в полигоне; m_β – среднеквадратическая погрешность измерения горизонтальных углов (20″);

2) при соблюдении условия $f_\beta \le f_{\text{доп}}$ угловая невязка f_β распределяется с обратным знаком во все углы полигона поровну;

3) после распределения угловой невязки, решая прямую геодезическую задачу, рассчитывают дирекционные углы всех сторон полигона, приращения координат точек вершин хода и линейные невязки:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}\;;\; f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d_i};\;\; f_{\text{отн}} \le f_{\text{доп}} \le \frac{1}{3000},$$

где f_x, f_y – линейные невязки хода; P – периметр полигона; $f_{\text{отн}}$, $f_{\text{доп}}$ – относительная и допустимая невязки хода; d_i – горизонтальное проложение сторон полигона;

4) при соблюдении условия $f_{\text{отн}} \le f_{\text{доп}} \le \frac{1}{3000}$ линейные невязки f_x, f_y распределяются в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон:

$$f_{x_i} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i; \qquad f_{y_i} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i;$$

5) после уравнивания (распределения линейной невязки) выполняется расчет координат пунктов полигона. Вычисление дирекционных углов и координат проводится по известным из курса геодезии формулам (решение прямой геодезической задачи).

Пример расчета координат пунктов полигона представлен в табл. 2.

2.2. Определение плановых координат пунктов съемочной сети методом геодезических засечек

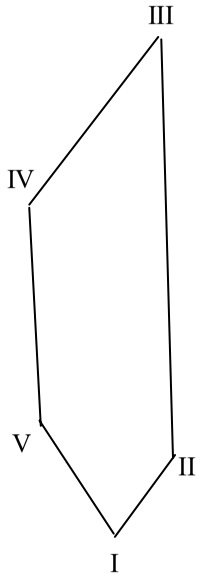
Геодезические засечки – способ определения плановых координат (*X*, *Y*) отдельных пунктов по необходимому числу измеренных угловых и линейных величин. В зависимости от методики измерений и вычислений геодезические засечки называются: прямая, обратная, азимутальная, линейная.

Расчет координат определяемого пункта ведется из двух треугольников в прямой и линейной и из двух вариантов в обратной засечке. За окончательные координаты принимается среднеарифметическое их значение. Допустимое расхождение в полученных координатах одного пункта из двух решений не должно превышать 0,6 мм на плане в масштабе съемки. Наиболее выгодной формой треугольника, с точки зрения точности определения координат, является треугольник, в котором углы при определяемом пункте между направлениями на исходные не менее 30° и не более 150°. Расстояния между исходными пунктами и определяемым не должны превышать 1, 2, 3 км соответственно в масштабах планов съемки 1:1000, 1:2000, 1:5000 [1].

Таблица 2

Пример расчета координат точек теодолитного хода, полигон № 1

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения, м		Координаты, м		Номер пункта	Эскиз
стояния	наблюдения		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
I								6125	640	I	
						-1		312,050	720,200		
	II	24,882			75 55 55	24,136	6,048	336,185	726,248	II	
II			+10								
			179 52 51	179 53 01		-2					
	III	26,913			75 48 56	26,092	6,595	362,275	723,843	III	
III			+9								
			4 29 12	4 29 21		-1					
	IV	17,275			260 18 17	-17,028	-2,909	345,246	729,934	*IV*	
IV			+9								
			175 53 38	175 53 47		-1					
	V	16,044			256 12 04	-15,581	-3,827	329,664	726,107	V	
V			+9								
			175 15 27	175 15 36		-1					
	I	18,577			251 27 40	-17,613	-5,907	312,050	720,200	I	
I			+9								
			4 28 06	4 28 15							
	II				75 55 55						
		P = 103,691	f_β=–46"	f_β=0"		f_y=0,006	f_x=0,000				

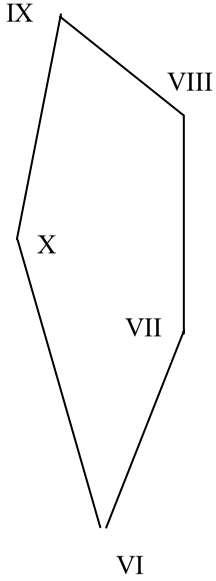


Примечание. $f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 7$ мм; $f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{7}{103691} = \frac{1}{14813} \le \frac{1}{3000}$; $f_{доп} = \frac{1}{3000}$.

Окончание таблицы 2

Пример расчета координат точек теодолитного хода, полигон № 2

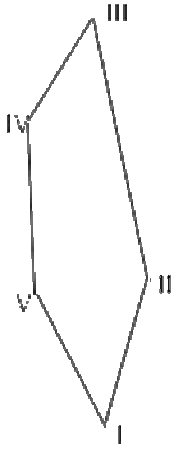
Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пункта	Эскиз
стояния	наблюдения		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
VI								6125 350,040	640 710,100	VI	
	VII	17,182			70 30 30	16,197	5,733	366,237	715,833	VII	
VII			+2 176 52 55	176 52 57							
	VIII	16,990			67 23 27	15,684	6,532	381,929	722,365	VIII	
VIII			+2 176 28 38	176 28 40							
	IX	17,163			63 52 7	+1 15,409	7,559	397,331	729,924	*IX*	
IX			+2 4 5 26	4 5 28		+1	-1				
	X	26,913			247 57 35	-24,946	-10,099	372,386	719,826	X	
X			+3 178 31 12	178 31 15		+1					
	VI	24,372			246 28 50	-22,347	-9,726	350,040	710,100	VI	
VI			+2 4 1 38	4 1 40							
	VII				70 30 30						
		P = 102,620	f_β=-11"			f_y=-0,003	f_x=-0,000				



Примечание. $f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(-3)^2 + 1^2} = 3{,}2$ мм; $f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{3{,}2}{102620} = \frac{1}{32069} < \frac{1}{3000}$; $f_{доп} = \frac{1}{3000}$.

Пример расчета координат точек теодолитного хода, полигон № 1 оформленный в Excel

Точки		Горизонтальные проложения	Горизонтальные углы				Дирекционные углы		Приращения, м		Координаты		№	Эскиз
			х° х′ х″	десят.	испр.	х° х′ х″	х° х′ х″	десят.	ДУ	ДХ	Y 6125	X 640		
I		24,882						75,932	0	0	321,050	720,200	I	
	II						75 55 55		24,136	6,048	345,185	726,248	II	
II		26,912	2	179,882		179 52 57		75,814	0	0				
	III		179 52 54		179,882		75 48 52		26,091	6,595	371,276	732,843	III	
III		17,275	2	4,485		4 29 9		260,300	0	0				
	IV		4 29 7		4,486		260 18 0		-17,028	-2,911	354,248	729,932	IV	
IV		16,047	2	175,896		175 53 46		256,196	0	0				
	V		175 53 44		175,896		256 11 46		-15,584	-3,829	338,664	726,103	V	
V		18,577	2	175,276		175 16 36		251,473	0	0				
	I		175 16 34		175,277		251 28 22		-17,614	-5,903	321,050	720,200	I	
I			2	4,459		4 27 33		75,932						
	II		4 27 31		4,459		75 55 55							
5	P=103,693		Fb=-10″	540	сход.			Fn=	0,001	0,001				



Fабс=1,6 мм $F_{отн} = \frac{1,6}{103693} = \frac{1}{64808} \leq \frac{1}{3000}$

Задача 2. Прямая геодезическая засечка

Для решения прямой геодезической засечки на исходных пунктах I, II, III (рис. 2) измеряются углы r_1 и r_2 в одном треугольнике и r_3, r_4 – во втором. Для определения координат пункта P_1 достаточно решения одного треугольника по известным координатам X_{I}, Y_1, X_{II}, Y_{II} пунктов I, II и измеренным углам r_1, r_2. Решение второго треугольника по известным координатам X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III} и измеренным углам r_3, r_4 проводится для контроля.

Известны несколько способов решения прямой засечки. Наиболее распространенные из них два: по формулам котангенсов измеренных углов и тангенсов дирекционных углов [2].

Методические указания для решения

1. По аналогии с рис. 2 на листе формата А4 вычерчивается план участка карьера в масштабе 1 : 2000.

2. На план участка карьера по известным координатам X_{I}, Y_1, X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III} (табл. 3) наносятся пункты опорной сети I, II, III.

3. В карьере на нижнем горизонте между вторым и третьим уступами выбирают место заложения точки съемочного обоснования (точка P_1, см. рис. 2). При выборе места заложения пункта P_1 учитываются требования, предъявляемые к геодезическим засечкам, указанные выше и в Инструкции [1]. Наиболее выгодная форма – равносторонний треугольник.

Таблица 3

Координаты пунктов опорной сети

Номера пунктов	*X*, м	*Y*, м
I	20	50
II	220	110
III	230	290
IV	200	460

Исходные данные для расчета координат точки P_1:
углы r_1, r_2, r_3, r_4 берутся с плана, измеряются транспортиром с точностью 0,5° (на практике они измеряются теодолитом). Дополнительно для повышения точности расчета и недопущения

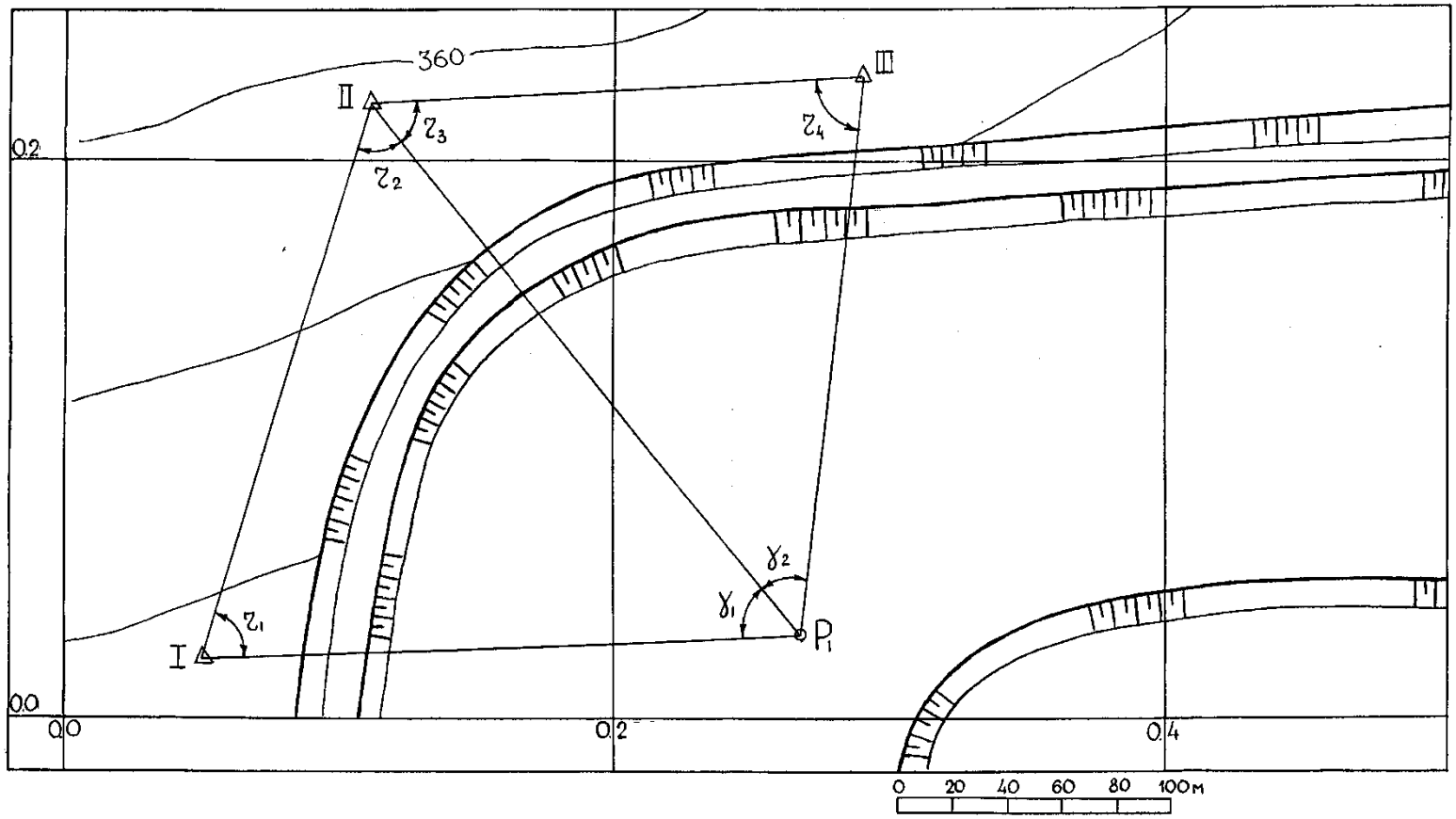


Рис. 2. Прямая геодезическая засечка

грубых ошибок измеряются углы при определяемом пункте (γ_1, γ_2), и сумма углов в треугольнике приравнивается к 180°:

$$r_1 + r_2 + \gamma_1 = 180^\circ;$$
$$r_3 + r_4 + \gamma_2 = 180^\circ.$$

Решение прямой геодезической засечки по формулам котангенсов измеренных углов

Вычисление координат пункта P_I
из треугольника I-II-P_I

Измеренные углы: $r_1=71^\circ$, $r_2=56^\circ$, $\gamma_1=53^\circ$.

Исходные данные:

$X_I = 20$ м; $Y_I = 50$ м; $X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м (см. табл. 2).

Решение.

$$X_{P_1} = \frac{X_{II}\operatorname{ctg}(r_1) + X_I\operatorname{ctg}(r_2) + Y_I - Y_{II}}{\operatorname{ctg}(r_1) + \operatorname{ctg}(r_2)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ) + 20 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) + 50 - 110}{\operatorname{ctg}(71^\circ) + \operatorname{ctg}(56^\circ)} = 28{,}702 \text{ м},$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{II}\operatorname{ctg}(r_1) + Y_I\operatorname{ctg}(r_2) - X_I + X_{II}}{\operatorname{ctg}(r_1) + \operatorname{ctg}(r_2)} =$$

$$= \frac{110 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ) + 50 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) - 20 + 220}{\operatorname{ctg}(71^\circ) + \operatorname{ctg}(56^\circ)} = 266{,}580 \text{ м}.$$

Контроль промежуточный:

$$X_I = \frac{X_{P_1}\operatorname{ctg}(r_2) + X_{II}\operatorname{ctg}(\gamma_1) + Y_{II} - Y_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{28{,}702 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) + 220 \cdot \operatorname{ctg}(53^\circ) + 110 - 266{,}580}{\operatorname{ctg}(56^\circ) + \operatorname{ctg}(53^\circ)} = 20{,}000 \text{ м}.$$

$$Y_I = \frac{Y_{P_1}\operatorname{ctg}(r_2) + Y_{II}\operatorname{ctg}(\gamma_1) - X_{II} + X_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{266{,}580 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) + 110 \cdot \operatorname{ctg}(53^\circ) - 220 + 28{,}702}{\operatorname{ctg}(56^\circ) + \operatorname{ctg}(53^\circ)} = 50{,}000 \text{ м.}$$

Вычисление координат пункта P_1
из треугольника II-III-P_1

Измеренные углы: $r_3=54^\circ$; $r_4=80^\circ$; $\gamma_2=46^\circ$.
Исходные данные:
$X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м; $X_{III} = 230$ м; $Y_{III} = 290$ м (см. табл. 2).
Решение.

$$X_{P_1} = \frac{X_{III}\operatorname{ctg}(r_3) + X_{II}\operatorname{ctg}(r_4) + Y_{II} - Y_{III}}{\operatorname{ctg}(r_3) + \operatorname{ctg}(r_4)} =$$

$$= \frac{230 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ) + 220 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) + 110 - 290}{\operatorname{ctg}(54^\circ) + \operatorname{ctg}(80^\circ)} = 28{,}683 \text{ м,}$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{III}\operatorname{ctg}(r_3) + Y_{II}\operatorname{ctg}(r_4) - X_{II} + X_{III}}{\operatorname{ctg}(r_3) + \operatorname{ctg}(r_4)} =$$

$$= \frac{290 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ) + 110 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) - 220 + 230}{\operatorname{ctg}(54^\circ) + \operatorname{ctg}(80^\circ)} = 265{,}922 \text{ м.}$$

Контроль промежуточный:

$$X_{II} = \frac{X_{P_1}\operatorname{ctg}(r_4) + X_{III}\operatorname{ctg}(\gamma_2) + Y_{III} - Y_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_2)} =$$

$$= \frac{28{,}683 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) + 230 \cdot \operatorname{ctg}(46^\circ) + 290 - 265{,}922}{\operatorname{ctg}(80^\circ) + \operatorname{ctg}(46^\circ)} = 220{,}000 \text{ м;}$$

$$Y_{II} = \frac{Y_{P_1}\operatorname{ctg}(r_4) + Y_{III}\operatorname{ctg}(\gamma_2) - X_{III} + X_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_2)} =$$

$$= \frac{265{,}922 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) + 290 \cdot \operatorname{ctg}(46^\circ) - 230 + 28{,}683}{\operatorname{ctg}(80^\circ) + \operatorname{ctg}(46^\circ)} = 110{,}000 \text{ м.}$$

Контроль решения прямой засечки:

Из решения двух треугольников разница в координатах пункта P_1:

$$\Delta X_{P_1} = 0{,}019 \text{ м}; \qquad \Delta Y_{P_1} = 0{,}658 \text{ м},$$

которая не превышает 0,6 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 ΔX_{P_1}, $\Delta Y_{P_1} \le 1{,}2$ м).

Среднеарифметическое значение координат точки P_1 из двух треугольников:

$$X_{P_1} = 28{,}692 \text{ м}; \qquad Y_{P_1} = 266{,}251 \text{ м}.$$

Оценка точности планового положения пункта P_1 характеризуется среднеквадратической погрешностью относительно пунктов опорной сети, величина которой не должна превышать 0,4 мм на плане в масштабе съемки [1] (для масштаба 1:2000 $M_P \le 0{,}8$ м):

для треугольника I-II-P_1

$$M_{P_1} = \pm\frac{m''_\beta}{\rho''} \cdot B_1 \frac{\sqrt{\sin^2(r_1)+\sin^2(r_2)}}{\sin^2\gamma_1} =$$

$$= \pm\frac{15''}{206265''} \cdot 208{,}806 \cdot \frac{\sqrt{\sin^2(71^\circ)+\sin^2(56^\circ)}}{\sin^2(53^\circ)} = 0{,}058 \text{ м};$$

для треугольника II-III-P_1

$$M_{P_2} = \pm\frac{m''_\beta}{\rho''} \cdot B_2 \frac{\sqrt{\sin^2(r_4)+\sin^2(r_3)}}{\sin^2\gamma_2} =$$

$$= \pm\frac{15''}{206265''} \cdot 180{,}277 \cdot \frac{\sqrt{\sin^2(80^\circ)+\sin^2(54^\circ)}}{\sin^2(46^\circ)} = 0{,}063 \text{ м},$$

где m_β – среднеквадратическая погрешность измерения углов ($15''$); B_1, B_2 – базис прямой засечки (расстояние между пунктами опорной сети), определяется решением обратной геодезической задачи:

$$B_1 = \sqrt{(Y_{II}-Y_I)^2+(X_{II}-X_I)^2} = \sqrt{(110-50)^2+(220-20)^2} = 208{,}806 \text{ м};$$

$$B_2=\sqrt{(Y_{III}-Y_{II})^2+(X_{III}-X_{II})^2}=\sqrt{(290-110)^2+(230-220)^2}\ = 180{,}277 \text{ м}.$$

В результате среднеквадратическая погрешность положения пункта P_1 относительно пунктов опорной сети из двух треугольников составила 0,063 м и не превышает допустимой величины (0,8 м).

Решение прямой геодезической засечки по формулам тангенсов дирекционных углов

Вычисление координат пункта P_I
из треугольника I-II-P_I

Измеренные углы: $r_1=71^\circ$, $r_2=56^\circ$, $\gamma_1=53^\circ$ (вычисляем).

Исходные данные:

$X_I = 20$ м; $Y_I = 50$ м; $X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м (см. табл. 2).

Решение.

Определяем дирекционные углы сторон:

$$\alpha_{I-II}=\text{arctg}\ \frac{Y_{II}-Y_I}{X_{II}-X_I}=\text{arctg}\ \frac{110-50}{220-20}=16^\circ 41' 57'',$$

$$\alpha_{I\text{-}P}=\alpha_{I\text{-}II}+\beta_1=16^\circ 41' 57'' + 71^\circ = 87^\circ 41' 57''.$$

$$\alpha_{II\text{-}P}=\alpha_{I\text{-}II}-\beta_2+180^\circ = 16^\circ 41' 57'' - 56^\circ + 180^\circ = 140^\circ 41' 57'';$$

Определяем углы при точке 1:

$$\gamma_1=180^\circ-\beta_1-\beta_2=180^\circ-71^\circ-56^\circ=53^\circ;$$

или

$$\gamma_1=\alpha_{II\text{-}P}-\alpha_{I\text{-}P}=140^\circ 41' 57'' - 87^\circ 41' 57''=53^\circ.$$

Определяем координаты точки P_1:

$$X_{P_1}=\frac{X_I \operatorname{tg}\alpha_{I-P}-X_{II}\operatorname{tg}\alpha_{II-P}+Y_{II}-Y_I}{\operatorname{tg}\alpha_{I-P}-\operatorname{tg}\alpha_{II-P}},\ ;$$

$$X_{P_1}=\frac{20\cdot\operatorname{tg}(87^\circ 41' 57'')-220\cdot\operatorname{tg}(140^\circ 41' 57'')+110-50}{\operatorname{tg}(87^\circ 41' 57'')-\operatorname{tg}(140^\circ 41' 57'')}=28{,}702 \text{ м},$$

$$X_{P_1}=Y_I+(X_P-X_I)\operatorname{tg}\alpha_{I\text{-}P};$$

$$X_{P_1}=50+(28{,}702-20)\ \operatorname{tg}\ 87^\circ 41' 57'' = 266{,}582 \text{ м}.$$

Вычисление координат пункта P_1
из треугольника II-III-P_1

Измеренные углы: r_3=54°; r_4=80°; γ_2=46° (вычисляем).

Исходные данные:

X_{II} = 220 м; Y_{II} = 110 м; X_{III} = 230 м; Y_{III} = 290 м (см. табл. 2).

Решение.

Определяем дирекционные углы сторон:

$$\alpha_{II-III} = \text{arctg}\ \frac{Y_{III} - Y_{II}}{X_{III} - X_{II}} = \text{arctg}\ \frac{290 - 110}{230 - 220} = 86^\circ 49' 12'';$$

$$\alpha_{II\text{-}P} = \alpha_{II\text{-}III} + \beta_1 = 86^\circ 49' 12'' + 54^\circ = 140^\circ 49' 12'';$$

$$\alpha_{III\text{-}P} = \alpha_{II\text{-}III} - r_4 + 180^\circ = 86^\circ 49' 12'' - 80^\circ + 180^\circ = 186^\circ 49' 12''.$$

Определяем углы при точке P_1:

$$\gamma_1 = 180^\circ - r_3 - r_4 = 180^\circ - 54^\circ - 80^\circ = 46^\circ,$$

или $$\gamma_1 = \alpha_{III\text{-}P} - \alpha_{II\text{-}P} = 186^\circ 49' 12'' - 140^\circ 49' 12'' = 46^\circ.$$

Определяем координаты точки P_1:

$$X_{P_1} = \frac{X_{II}\,\text{tg}\,\alpha_{II-P} - X_{III}\,\text{tg}\,\alpha_{III-P} + Y_{III} - Y_{II}}{\text{tg}\,\alpha_{II-P} - \text{tg}\,\alpha_{III-P}};$$

$$X_{P_1} = \frac{220 \cdot \text{tg}(140^\circ 49' 12'') - 230 \cdot \text{tg}(186^\circ 49' 12'') + 290 - 110}{\text{tg}(140^\circ 49' 12'') - \text{tg}(186^\circ 49' 12'')} = 28{,}683 \text{ м};$$

$$y_{P_1} = y_{II} + (x_P - x_{II})\,\text{tg}\,\alpha_{II-P};$$

$$y_{P1} = 110 + (28{,}683 - 220)\ \text{tg}\ 140^\circ 49' 12'' = 265{,}923 \text{ м}.$$

Из решения двух треугольников разница в координатах точки P_1

$$\Delta X_{P_1} = 0{,}019 \text{ м}; \qquad \Delta Y_{P_1} = 0{,}659 \text{ м},$$

которая не превышает 0,6 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 ΔX_{P_1}, $\Delta Y_{P_1} \le 1{,}2$ м).

Среднеарифметическое значение координат точки P_1 из двух треугольников:

$$X_{P_1} = 28{,}692 \text{ м}; \qquad Y_{P_1} = 266{,}312 \text{ м}.$$

Ниже приведен пример расчета координат точек, оформленный в Excel.

Пример расчета координат точек, оформленный в Excel

Mβ		15						Доп. на плане 0,6						Mp2
Вариант		0		дес	град			дир углы			масштаб 1:2000			
Номер	*X*, м	*Y*, м	*r*1	71,0000	71 0 0		AI-II	16,6992	164157	из Dl-ll-P		Δ*X*p1	0,337	
			*r*2	56,0000	56 0 0		Ap-I	87,6992	874157	X=	28,702	Δ*Y*p1	0,398	0,058
I	20	50	*y*1	53,0000	53 0 0		Ap-II	140,6992	1404157	Y=	266,580			
II	220	110	*r*3	54,0000	54 0 0		AII-III	86,8202	864913	из Dl-ll-P		ответ		
III	230	290	*r*4	80,0833	80 50 0		Ap-II	140,8202	1404913	X=	28,364	*X*p1		0,063
IV	200	460	*y*2	45,9167	45 55 0		Ap-III	186,7368	1864413	Y=	266,182	*Y*p1		

Задача 3. Обратная геодезическая засечка

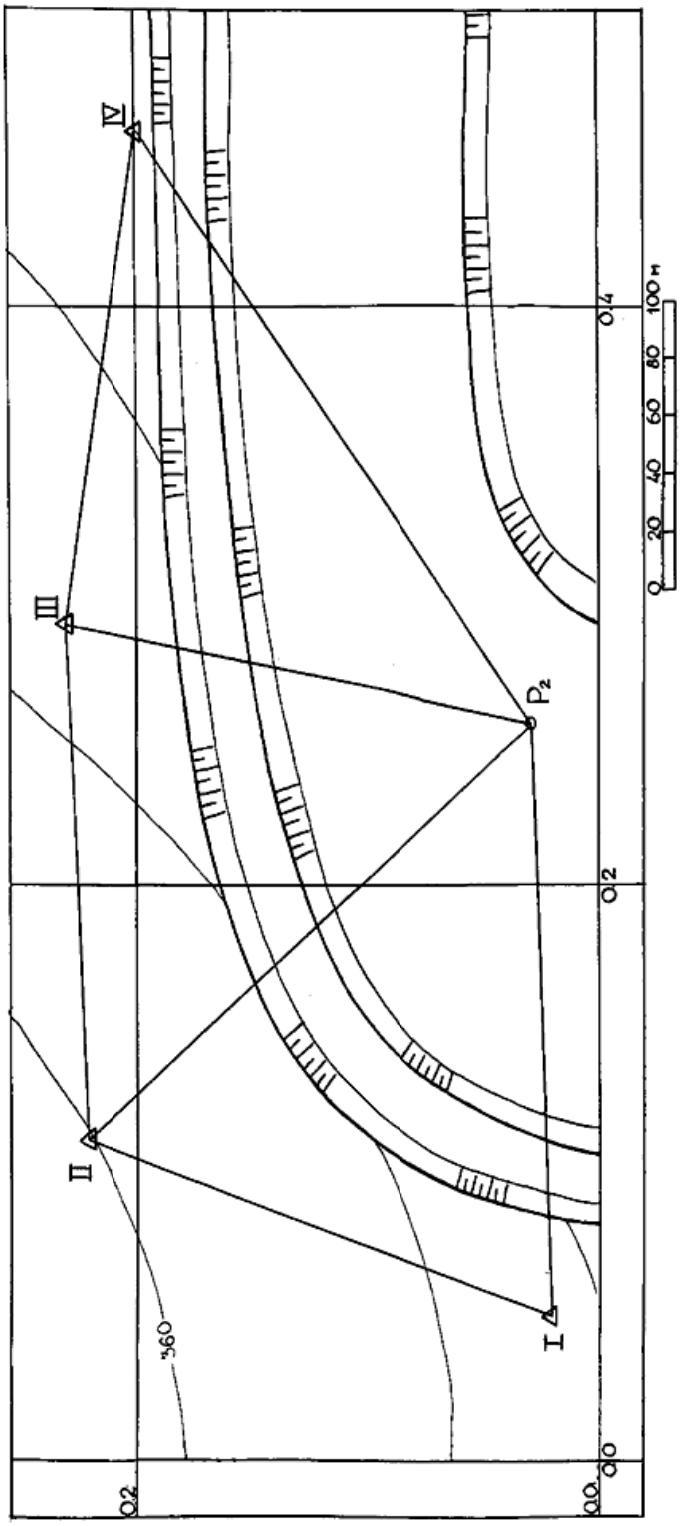
Расчет обратной геодезической засечки начинается с определения среднеквадратической погрешности положения точки съемочного обоснования P_2 относительно пунктов опорной сети I, II, III, IV с целью выбора наиболее выгодной схемы расположения пунктов. Для этого на плане участка карьера отмечают предполагаемое положение точки съемочной сети P_2 и проводят направления на опорные пункты I, II, III, IV (рис. 3).

Из всех возможных вариантов схем расположения пунктов (см. рис. 3) для решения обратной засечки выбирают те, у которых углы при определяемом пункте между направлениями на исходные не менее 30° и не более 150° [1, 2], расстояния между исходными пунктами и определяемым не более 2 км в масштабе плана 1:2000. Для схемы, приведенной на рис. 3, может быть составлено четыре варианта засечек (рис. 4): 1-й – на пункты I, II, III; 2-й – на II, III, IV; 3-й – на I, II, IV; 4-й – на I, III, IV.

По каждому варианту засечки, включающему три опорных пункта (два треугольника), среднеквадратическая погрешность вычисляется по формуле:

$$M_{P_2} = \frac{m_\beta \cdot l_{P_2 - i_{\text{ср}}}}{\rho'' \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{P_2} - i_{\text{л}}}{l_{i_{\text{л}}} - i_{\text{ср}}}\right)^2 + \left(\frac{l_{P_2} - i_{\text{п}}}{l_{i_{\text{ср}}} - i_{\text{п}}}\right)^2},$$

где m_β – среднеквадратическая погрешность измерения углов β_i; ($m_\beta \le 15''$); l_i – длины соответствующих сторон i-го варианта засечки от определяемого до исходного пункта: (л) – левого, (ср) – среднего, (п) – правого и между исходными пунктами, км, берутся с плана участка карьера с точностью до 0,5 мм масштаба плана; φ_i, ψ_i – углы на исходных пунктах i-го варианта засечки, берутся с плана участка карьера с точностью до 0,5° (измеряются транспортиром).


IV
III
II
I
P2
360
0.2
0.0
0.0
0.2
0.4
0
20
40
60
80
100 м

Методические указания для решения обратной засечки

1. На план участка карьера в масштабе 1:2000 по известным координатам X_{I}, Y_1, X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III}, X_{IV}, Y_{IV} (см. табл. 4) наносятся пункты опорной сети I, II, III, IV.

2. На нижнем горизонте отмечают предполагаемое место заложения точки съемочного обоснования P_2 и проводят направления на опорные пункты I, II, III, IV (см. рис. 3).

3. Производится расчет среднеквадратической погрешности положения точки P_2 (предварительная оценка вариантов) относительно пунктов опорной сети (M_{P_2}). По результатам оценки выбирают два наиболее точных варианта для расчета координат точки P_2, у которых среднеквадратическая погрешность не превышает 0,3 мм на плане (в масштабе 1:2000 это 0,6 м).

4. Выполняется расчет координат точки P_2 по двум выбранным вариантам.

5. Исходные данные для расчета (табл. 4): углы β_i, φ_i, ψ_i и длины сторон l_i берутся с плана участка карьера (см. рис. 3 и 4). Углы измеряются транспортиром с точностью 0,5°, длины – линейкой с точностью 0,5 мм.

Для решения обратной геодезической засечки существует несколько способов. В зависимости от расположения исходных пунктов между собой не все способы равнозначны. Наилучшим вариантом обратной геодезической засечки является вариант засечки с углами 120°, 60°, 45° при определяемом пункте и относительно равными расстояниями до исходных пунктов. Обратная засечка не имеет решения, когда определяемый пункт лежит на одной окружности с тремя исходными пунктами.

Решение.

Расчет среднеквадратической погрешности положения точки P_2 (исходные данные для расчета приведены в табл. 4).

Вариант 1 (исходные пункты I, II, III)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 239,7}{206265 \cdot 0,53} \cdot \sqrt{\left(\frac{204,8}{208,7}\right)^2 + \left(\frac{204,6}{180,3}\right)^2} = 0,049 \text{ м}.$$

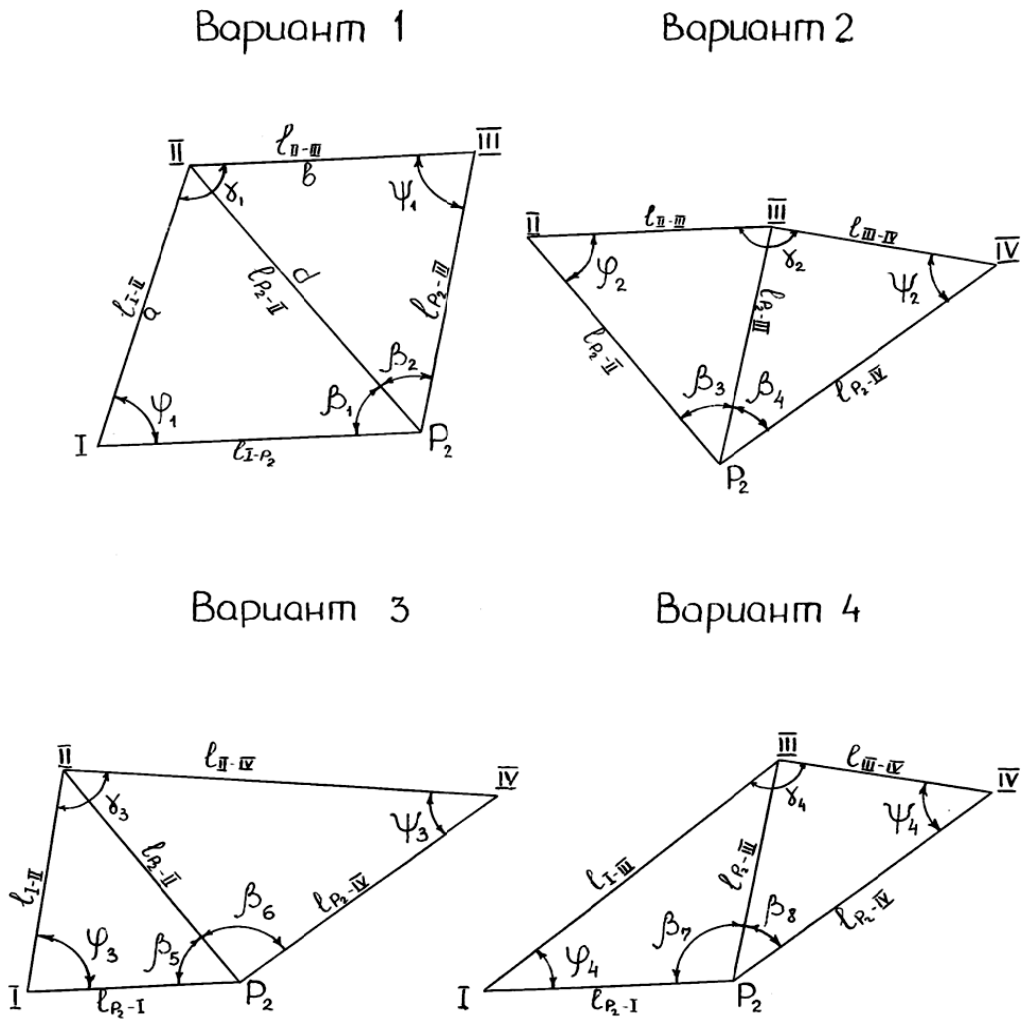


Рис. 4. Варианты обратной засечки

Таблица 4

Исходные данные для расчета обратной геодезической засечки, взятые с плана участка карьера

Наименования расстояний	Измеренные расстояния по вариантам, м			
	вариант 1, исходные пункты I, II, III	вариант 2, исходные пункты II, III, IV	вариант 3, исходные пункты I, II, IV	вариант 4, исходные пункты I, III, IV
Расстояния от P_2 до исходных пунктов, м:				
левого	$l_{P_2-\mathrm{I}}$=204,8	$l_{P_2-\mathrm{II}}$=239,7	$l_{P_2-\mathrm{I}}$=204,8	$l_{P_2-\mathrm{I}}$=204,8
среднего	$l_{P_2-\mathrm{II}}$=239,7	$l_{P_2-\mathrm{III}}$=204,6	$l_{P_2-\mathrm{II}}$=239,7	$l_{P_2-\mathrm{III}}$=204,6
правого	$l_{P_2-\mathrm{III}}$=204,6	$l_{P_2-\mathrm{IV}}$=267,3	$l_{P_2-\mathrm{IV}}$=267,3	$l_{P_2-\mathrm{IV}}$=267,3

Окончание таблицы 4

Наименования расстояний	Измеренные расстояния по вариантам, м			
	вариант 1, исходные пункты I, II, III	вариант 2, исходные пункты II, III, IV	вариант 3, исходные пункты I, II, IV	вариант 4, исходные пункты I, III, IV
Расстояния между исходными пунктами, м: левый и средний	$l_{\text{I–II}}$ =208,7	$l_{\text{II–III}}$ =180,3	$l_{\text{I–II}}$ =208,7	$l_{\text{I–III}}$ =318,9
средний и правый	$l_{\text{II–III}}$ =180,3	l_{IIHV} =172,6	$l_{\text{II–IV}}$=350,5	l_{IIHV} =172,6
	φ_1 =71	φ_2 =56	φ_3 =71	φ_4 =39
	ψ_1=77	ψ_2 =50	ψ_3=50	ψ_4 =50
$\sin(\varphi+\psi)$	0,53	0,96	0,91	1,00

Вариант 2 (исходные пункты II, III, IV)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 204{,}6}{206265 \cdot 0{,}96} \cdot \sqrt{\left(\frac{239{,}7}{180{,}3}\right)^2 + \left(\frac{267{,}3}{172{,}6}\right)^2} = 0{,}032 \text{ м.}$$

Вариант 3 (исходные пункты I, II, IV)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 239{,}7}{206265 \cdot 0{,}86} \cdot \sqrt{\left(\frac{204{,}8}{208{,}7}\right)^2 + \left(\frac{267{,}3}{350{,}4}\right)^2} = 0{,}024 \text{ м.}$$

Вариант 4 (исходные пункты I, III, IV)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 204{,}6}{206265 \cdot 1{,}0} \cdot \sqrt{\left(\frac{204{,}8}{318{,}7}\right)^2 + \left(\frac{267{,}3}{172{,}6}\right)^2} = 0{,}025 \text{ м.}$$

По результатам оценки вариантов засечки получаем, что наиболее выгодная схема расположения пунктов в вариантах 3 и 4, M_{P_2} имеет наименьшее значение и не превышает величины

0,3 мм на плане в масштабе съемки (M_{P_2} допустимая, составляет 0,6 м).

Первый способ решения обратной геодезической засечки

Расчет координат точки съемочного обоснования проводится по треугольникам вариантов 3 и 4.

Вариант 3

Исходные данные (см. табл. 3):

$X_{\text{I}} = 20$ м; $Y_{\text{I}} = 50$ м;

$X_{\text{II}} = 220$ м; $Y_{\text{II}} = 110$ м;

$X_{\text{IV}} = 200$ м; $Y_{\text{IV}} = 460$ м.

Измеренные углы: $\beta_5 = 55°21'36''$, $\beta_6 = 87°14'24''$.

Углы β_5 и β_6 определяем с плана участка карьера в точке P_2 (на практике они измеряются с точностью $m_\beta \le 15''$). Для исключения грубых ошибок при измерении углов на плане измеряются все углы в треугольнике, и сумма их уравнивается к 180°.

Решение.

$$\alpha_{\text{II–I}} = \text{arctg}\ \frac{Y_{\text{I}} - Y_{\text{II}}}{X_{\text{I}} - X_{\text{II}}} = \text{arctg}\ \frac{50 - 110}{20 - 220} = 196^\circ 41' 57'';$$

$$\alpha_{\text{II–IV}} = \text{arctg}\ \frac{Y_{\text{IV}} - Y_{\text{II}}}{X_{\text{IV}} - X_{\text{II}}} = \text{arctg}\ \frac{460 - 110}{200 - 220} = 93^\circ 16' 14';$$

$$l_{\text{II-I}} = a = \frac{X_{\text{I}} - X_{\text{II}}}{\cos \alpha_{\text{II-I}}} = \frac{20 - 220}{\cos 196^\circ 41' 57''} = 208{,}806\ \text{м};$$

$$l_{\text{II-IV}} = b = \frac{Y_{\text{IV}} - Y_{\text{II}}}{\sin \alpha_{\text{II-IV}}} = \frac{460 - 110}{\sin 93^\circ 16' 14''} = 350{,}571\ \text{м}.$$

По разности дирекционных углов определяем:

$$\gamma_3 = \alpha_{\text{II–I}} - \alpha_{\text{II–IV}} = 196°41'57'' - 93°16'14'' = 103°25'43''.$$

Далее:

$$\varepsilon_1 = 180^\circ - \frac{\beta_5 + \beta_6 + \gamma_3}{2} =$$

$$= 180^\circ - \frac{55^\circ 21' 36'' + 87^\circ 14' 24'' + 103^\circ 25' 43''}{2} = 56°59'9'';$$

$$\eta = \operatorname{arctg}\left(\frac{a \cdot \sin \beta_6}{b \cdot \sin \beta_5}\right) =$$

$$= \operatorname{arctg}\left(\frac{208{,}806 \cdot \sin 87°14'24''}{350{,}571 \cdot \sin 55°21'36''}\right) = 35°52'15'';$$

$$\varepsilon_2 = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{ctg}(45° + \eta)) =$$

$$= \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} 56°59'9'' \cdot \operatorname{ctg}(45° + 35°52'15'')) = 13°53'29'';$$

$$\varphi_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 56°59'9'' + 13°53'29'' = 70°52'38'';$$

$$\psi_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 56°59'9'' - 13°53'29'' = 43°05'40'';$$

$$l_{P_2-\text{II}} = d = a \cdot \frac{\sin \varphi_3}{\sin \beta_5} = b \cdot \frac{\sin \psi_3}{\sin \beta_6} =$$

$$= 208{,}806 \cdot \frac{\sin 70°52'38''}{\sin 55°21'36''} = 350{,}571 \cdot \frac{\sin 43°05'40''}{\sin 87°14'24''}$$

$d = 239{,}789$ м; $d = 239{,}789$ м; $d_{\text{ср}} = 239{,}789$ м.;

$$\alpha_{P_2-\text{II}} = \alpha_{\text{II–IV}} - \psi_3 - \beta_6 + 2 \cdot 180° =$$

$$= 93°16'14'' - 43°05'40'' - 87°14'24'' + 2 \cdot 180° = 322°56'10'';$$

$$\alpha_{P_2-\text{II}} = \alpha_{\text{II–I}} + \varphi_3 + \beta_6 - 2 \cdot 180° =$$

$$= 196°41'57'' + 70°52'38'' + 55°21'36'' - 2 \cdot 180° = 322°56'11'';$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 322°56'10'';$$

$$X_{P_2} = X_{\text{II}} + d \cdot \cos(\alpha_{\text{II}-P_2} - 180°) =$$

$$= 220 + 239{,}789 \cdot \cos(322°56'10'' - 180°) = 28{,}657 \text{ м};$$

$$Y_{P_2} = Y_{\text{II}} + d \cdot \sin(\alpha_{\text{II}-P_2} - 180°) =$$

$$= 110 + 239{,}789 \cdot \sin(322°56'10'' - 180°) = 254{,}522 \text{ м};$$

$X_{P_2} = 28{,}657$ м, $Y_{P_2} = 254{,}522$ м.

Вариант 4

Исходные данные (см. табл. 3):

$X_{\text{I}} = 20$ м; $Y_{\text{I}} = 50$ м;

$X_{\text{III}} = 230$ м; $Y_{\text{III}} = 290$ м;

$X_{\text{IV}} = 200$ м; $Y_{\text{IV}} = 460$ м.

Измеренные углы: $\beta_7 = 102°24'36''$, $\beta_8 = 40°10'48''$.

Углы β_7 и β_8 определяются с плана участка карьера.

Решение:

$$\alpha_{III–I} = \text{arctg}\ \frac{Y_I - Y_{III}}{X_I - X_{III}} = \text{arctg}\ \frac{50-290}{20-230} = 228\,°48'51'';$$

$$\alpha_{III–IV} = \text{arctg}\ \frac{Y_{IV} - Y_{III}}{X_{IV} - X_{III}} = \text{arctg}\ \frac{460-290}{200-230} = 100\,°00'29'';$$

$$l_{III–I} = a = \frac{X_I - X_{III}}{\cos\alpha_{III–I}} = \frac{20-230}{\cos 228°48'51''} = 318{,}904 \text{ м};$$

$$l_{III–IV} = b = \frac{X_{IV} - X_{III}}{\cos\alpha_{III–IV}} = \frac{200-230}{\cos 100°00'29''} = 172{,}625 \text{ м}.$$

По разности дирекционных углов определяем:

$$\gamma_4 = \alpha_{III–I} - \alpha_{III–IV} = 228°48'51'' - 100°00'29'' = 128°48'28''.$$

Далее:

$$\varepsilon_1 = 180^0 - \frac{\beta_7 + \beta_8 + \gamma_4}{2} =$$

$$= 180^0 - \frac{102°24'36'' + 40°10'48'' + 128°48'28''}{2} = 44°18'04'';$$

$$\eta = \text{arctg}\left(\frac{a \cdot \sin\beta_8}{b \cdot \sin\beta_7}\right) = \text{arctg}\left(\frac{318{,}904 \cdot \sin 40°10'18''}{172{,}627 \cdot \sin 102°24'36''}\right) = 50°40'09'';$$

$$\varepsilon_2 = \text{arctg}(\text{tg}\ \varepsilon_1 \cdot \text{ctg}\,(45^0 + \eta)) =$$

$$= \text{arctg}(\text{tg}\ 44°18'04'' \cdot \text{ctg}\,(45° + 50°40'09''\,)) = -5°32';$$

$$\varphi_4 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 44°18'07'' - 5°32' = 38°46'07'';$$

$$\psi_4 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 44°18'07'' - (-5°32') = 49°50'07'';$$

$$l_{P_2–III} = d = a \cdot \frac{\sin\varphi_4}{\sin\beta_7} = b \cdot \frac{\sin\psi_4}{\sin\beta_8} =$$

$$= d = 318{,}904 \cdot \frac{\sin 38°46'07''}{\sin 102°24'36''} = 172{,}627 \cdot \frac{\sin 49°50'07''}{\sin 40°10'48''};$$

$d = 204{,}468$ м; $d = 204{,}465$ м; $d_{ср} = 204{,}466$ м;

$$\alpha_{P_2-\text{III}} = \alpha_{\text{III-IV}} - \psi_4 - \beta_8 =$$
$$= 100°00'29'' - 49°50'07'' - 40°10'48'' = 9°59'34'';$$

$$\alpha_{P_2-\text{III}} = \alpha_{\text{III-I}} + \varphi_4 + \beta_7 - 2 \cdot 180° =$$
$$= 228°48'51'' + 38°46'07'' + 102°24'36'' - 2 \cdot 180° = 9°59'34'';$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 9°59'34'';$$

$$X_{P_2} = X_{\text{III}} + d \cdot \cos(\alpha_{P_2\text{-III}} + 180°) =$$
$$230 + 204{,}466 \cdot \cos(9°59'34'' + 180°) = 28{,}636 \text{ м},$$

$$Y_{P_2} = Y_{\text{III}} + d \cdot \sin(\alpha_{P_2\text{-III}} + 180°) =$$
$$= 290 + 204{,}466 \cdot \sin(9°59'34'' + 180°) = 254{,}520 \text{ м}.$$

$$X_{P_2} = 28{,}636 \text{ м}, \; Y_{P_2} = 254{,}520 \text{ м}.$$

Контроль.

По результатам расчета координат точки P_2 из двух вариантов засечки имеем:

Вариант 3 $X_{P_2} = 28{,}657$ м, $Y_{P_2} = 254{,}522$ м,

Вариант 4 $X_{P_2} = 28{,}636$ м, $Y_{P_2} = 254{,}520$ м.

Сравнивая два варианта решения, получаем разницу в координатах:

$$\Delta X_{P_2} = 28{,}657 - 28{,}636 = 0{,}021 \text{ м};$$
$$\Delta Y_{P_2} = 254{,}522 - 254{,}520 = 0{,}002 \text{ м},$$

что не превышает величины 0,4 мм на плане в масштабе съемки (0,8 м).

Принимаем среднее значение координат точки P_2, полученных из двух вариантов засечки:

$$X_{P_2} = 28{,}646 \text{ м}; \quad Y_{P_2} = 254{,}521 \text{ м}.$$

Ниже приводится пример определения исходных данных для расчета геодезической засечки, из примерных, а потом и точных координат P_2 в Excel.

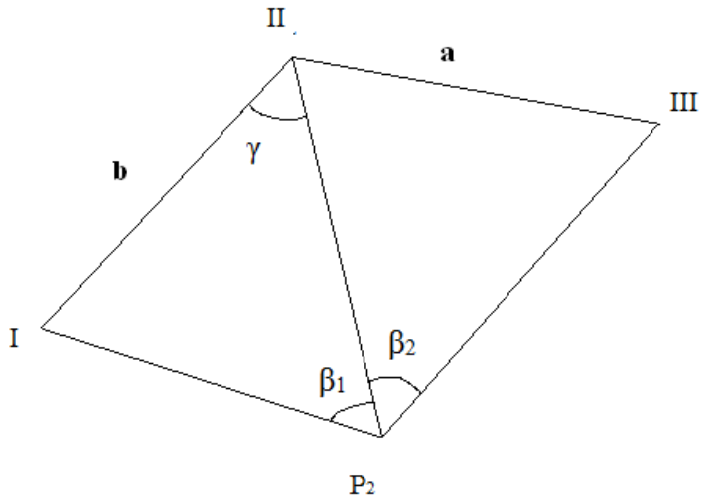
Пример определения исходных данных для расчета обратной геодезической засечки, из примерных, а потом и точных координат P_2 в Excel

Вариант:		0	ΔI-II-III-P_2			ΔII-III-IV-P_2			ΔI-II-IV-P_2			ΔI-III-IV-P_2		
№	*X*, м	*Y*, м	*L* от P_2 до	I	204,705	*L* от P_2 до	II	239,789	*L* от P_2 до	I	204,705	*L* от P_2 до	I	204,705
			L от P_2 до	II	239,789	*L* от P_2 до	III	204,445	*L* от P_2 до	II	239,789	*L* от P_2 до	III	204,445
I	20	50	*L* от P_2 до	III	204,445	*L* от P_2 до	IV	267,544	*L* от P_2 до	IV	267,544	*L* от P_2 до	IV	267,544
II	220	110	*L* от I до	II	208,806	*L* от II до	III	180,278	*L* от I до	II	208,806	*L* от I до	III	318,904
III	230	290	*L* от II до	III	180,278	*L* от III до	IV	172,627	*L* от II до	IV	350,571	*L* от III до	IV	172,627
IV	200	460	∠ на I-II	β1	55,3599	∠ на II-III	β3	47,0572	∠ на I-II	β5	55,3599	∠ на I-III	β7	102,4171
Примерные			∠ с I на II-P_2	ср1	70,8770	∠ с II на III-P_2	ср2	56,1160	∠ с I на II-P_2	ср3	70,8770	∠ с I на III-P_2	ср4	38,7622
координаты			∠ на I-P_2	ε1	53,7631	∠ на II-P_2	ε3	76,8268	∠ на I-P_2	ε5	53,7631	∠ на I-P_2	ε7	38,8208
P_2	29	255		β2	47,0572	∠ на III-IV	β4	40,1828	∠ на II-IV	β6	87,2400	∠ на III-IV	β8	40,1828
Mβ		15	∠ на III-P_2	ε2	56,1160	∠ на IV-P_2	ε4	89,9853	∠ на IV-P_2	ε6	49,6656	∠ на IV-P_2	ε8	89,9853
			∠ с III на II-P_2	Ψ1	76,8268	∠ с lV на lll-P2	Ψ2	49,8319	∠ с IV на II-P_2	Ψ3	43,0944	∠ с IV на III-P_2	Ψ4	49,8319
			∑ε	ɣ1	109,8791	∑ε	ɣ2	166,8122	∑ε	ɣ3	103,4288	∑ε	ɣ4	128,8061
			sin(ср+Ψ)		0,534	sin(ср+Ψ)		0,962	sin(ср+Ψ)		0,914	sin(ср+Ψ)		1,000
			Mp2		0,04893	Mp2		0,03158	Mp2		0,02371	Mp2		0,02495

Второй способ решения обратной геодезической засечки. Способ проф. Пащенкова В. З. (рис. 5)

Исходные данные (см. табл. 3):

X_{I} =20 м; Y_{I} =50 м;
X_{II} =220 м; Y_{II} =110 м;
X_{III} = 230 м; Y_{III} = 290 м;
X_{IV} =200 м; Y_{IV} =460 м.



Измеренные углы:

$\beta_1 = 55°;$
$\beta_2 = 46°46'.$

Решая обратную геодезическую задачу, находим:

$\alpha_{\text{II–I}} = 196°41'57'',$
$\alpha_{\text{III-II}} = 266°49'13'',$
a =180,284 м;
b =208,806 м.

Решение.

1. $K = \dfrac{b \cdot \sin\beta_2}{a \cdot \sin\beta_1} = \dfrac{208{,}806 \cdot \sin 46°46'}{180{,}284 \cdot \sin 55°} = 1{,}03013.$

2. $\operatorname{tg}\gamma = \dfrac{\sin(\alpha_{\text{III–II}} - \alpha_{\text{II–I}} - \beta_2) - K \cdot \sin\beta_1}{K \cdot \cos\beta_1 - \cos(\alpha_{\text{III–II}} - \alpha_{\text{II–I}} - \beta_2)} =$

$$= \frac{\sin(266°49'13'' - 196°41'57'' - 46°46') - 1{,}03013 \cdot \sin 55°}{1{,}03013 \cdot \cos 55° - \cos(266°49'13'' - 196°41'57'' - 46°46')} = 1{,}36736;$$

$$\gamma = 53°49'14'';$$

3. $L_{P_2\text{–II}} = \dfrac{b \cdot \sin(\beta_1 + \gamma)}{\sin\beta_1} = \dfrac{208{,}806 \cdot (\sin 55° + 53°49'14'')}{\sin 55°} =$

$= 241{,}276$ м.

4. $\alpha_{\text{II}-P_2} = \alpha_{\text{II–I}} - \gamma = 196°41'57'' - 53°49'14'' = 142°52'43''.$

5. $\Delta X_{\text{II}-P_2} = L_{P_2-\text{II}} \cdot \cos \alpha_{\text{II}-P_2} = 241{,}276 \cdot \cos 142°52'43'' =$

$= -192{,}383$ м.

6. $X_{P_2} = X_{\text{II}} + \Delta X_{\text{II}-P_2} = 220 - 192{,}383 = 27{,}617$ м.

7. $\Delta Y_{\text{II}-P_2} = L_{P_2-\text{II}} \cdot \sin \alpha_{\text{II}-P_2} = 241{,}276 \cdot \sin 142°52'43'' =$

$= 145{,}611$ м.

8. $Y_{P_2} = Y_{\text{II}} + \Delta Y_{\text{II}-P_2} = 110 + 145{,}611 = 255{,}611$ м.

Для дополнительного контроля сравниваем полученные значения координат точки P_2 с координатами из решения первым способом решения засечки:

$$\Delta X = -1{,}090 \text{ м}; \qquad \Delta Y = -1{,}019 \text{ м}.$$

Полученная разница в координатах из двух способов решения не превышает допустимого расхождения 0,6 мм в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 – 1,2 м).

Принимаем среднее значение координат точки P_1:

$$X_{P_1} = 28{,}126 \text{ м}; \qquad Y_{P_1} = 255{,}066 \text{ м}.$$

Задача 4. Линейная геодезическая засечка

Линейная засечка – способ определения координат точки съемочного обоснования по известным координатам двух пунктов опорных сетей и измеренным расстояниям от пунктов опорных сетей до определяемого (рис. 6).

Наиболее известны два способа решения линейной засечки [2], где a и b – измеренные, c – исходная сторона треугольника (вычисляется обратная геодезическая задача); p – полусумма квадратов длин сторон:

$$p = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2},$$

и затем по определенным углам вычисляют координаты пункта P_1, решая прямую геодезическую засечку.

Длины *a*, *b* берутся с плана участка карьера, измеряются линейкой с точностью 0,5 мм в масштабе плана; *c* – исходная сторона, вычисляется решением обратной геодезической задачи по координатам пунктов опорных сетей (I, II).

Первый способ.

Решают линейный треугольник (см. рис. 6), определяя углы β_1 и β_2:

$$\cos\beta_1 = \frac{p - a^2}{b \cdot c}; \qquad \cos\beta_2 = \frac{p - b^2}{a \cdot c}.$$

Второй способ – по проекциям измеренных сторон (см. рис. 6). Координаты пункта P_1 вычисляют исходя от пунктов опорных сетей:

от пункта I

$$X_{P_1} = X_{\text{I}} + f_{P_1} \cos\alpha_{\text{I-II}} - h_{P_1} \sin\alpha_{\text{I-II}};$$
$$Y_{P_1} = Y_{\text{I}} + f_{P_1} \sin\alpha_{\text{I-II}} - h_{P_1} \cos\alpha_{\text{I-II}};$$

от пункта II

$$X_{P_1} = X_{\text{II}} + q_{P_1} \cos\alpha_{\text{I-II}} - h_{P_1} \sin\alpha_{\text{I-II}};$$
$$Y_{P_1} = Y_{\text{II}} + q_{P_1} \sin\alpha_{\text{I-II}} - h_{P_1} \cos\alpha_{\text{I-II}},$$

где f_{P_1} и q_{P_1} – проекции двух сторон треугольника на третью сторону:

$$f_{P_1} = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c};$$
$$q_{P_1} = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2c} = c - f_{P_1},$$

h_{P_1} – высота треугольника:

$$h_{P_1} = \sqrt{b^2 - f_{P_1}^2} = \sqrt{a^2 - q_{P_1}^2},$$

α – дирекционный угол исходной стороны;

$$\sin\alpha_{\text{I–II}} = \frac{Y_{\text{II}} - Y_{\text{I}}}{c}; \qquad \cos\alpha_{\text{I–II}} = \frac{X_{\text{II}} - X_{\text{I}}}{c}.$$

Высота треугольника h_{P_1} принимается с соответствующим знаком: плюс, если точка P_1 расположена справа по отношению к линии I-II, и минус, если слева.

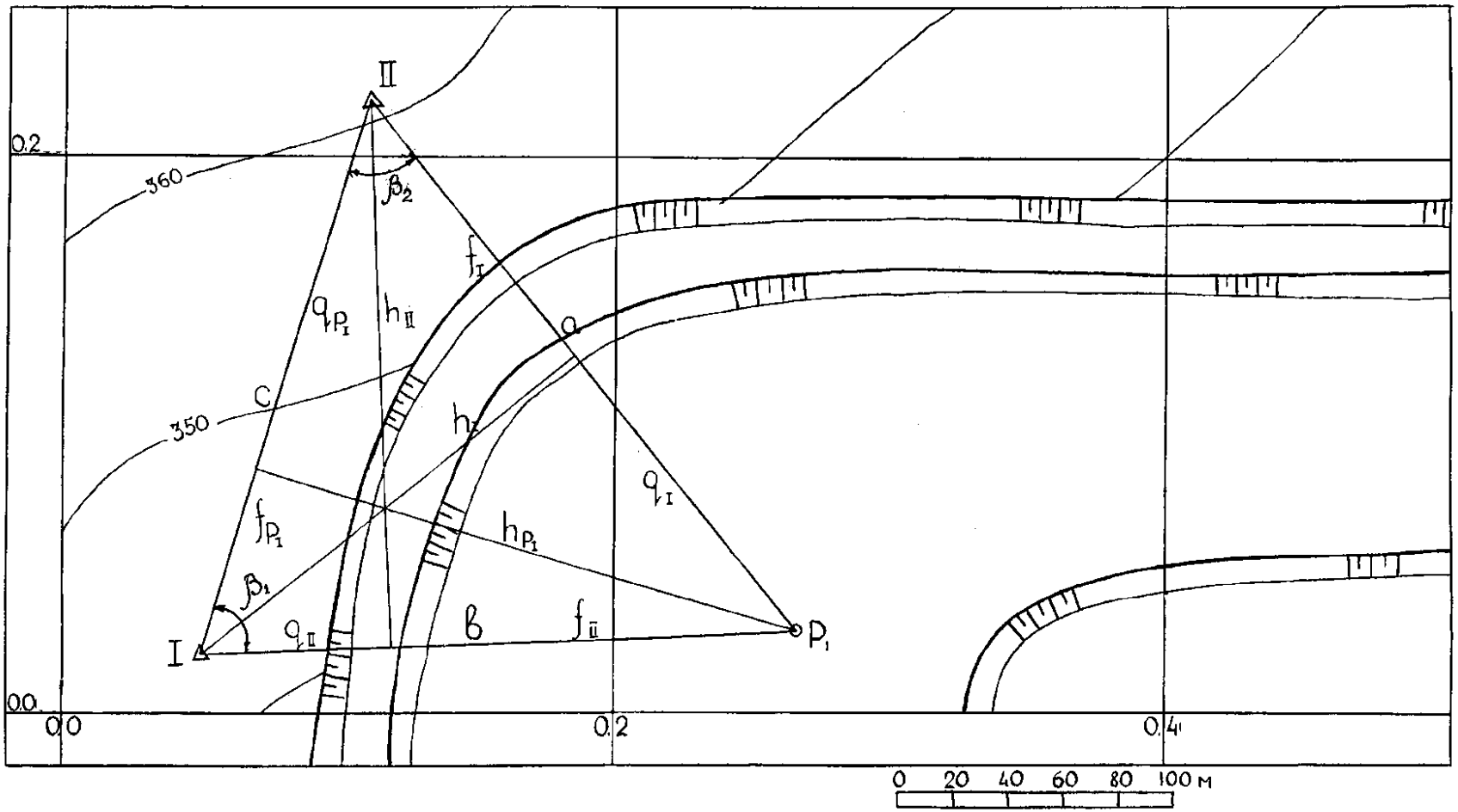


Рис. 6. Линейная геодезическая засечка

Контроль. Решается второй треугольник (см. рис. 2) или в данном случае сравниваются полученные координаты с координатами из задачи 2. Допустимая разница в координатах 0,4 мм на плане в масштабе съемки.

Методические указания для решения линейной засечки

1. На плане участка карьера строится один треугольник по схеме решения прямой геодезической засечки (см. рис. 2).

2. Измеряются два расстояния a и b от точки P_1 до опорных пунктов I и II с точностью до 0,5 мм в масштабе плана (на практике расстояния измеряются с точностью 1:3000).

3. Вычисляют сторону (c), решая обратную геодезическую задачу.

***Исходные данные*:**

X_{I} =20 м; Y_{I} =50 м;

X_{II} =220 м; Y_{II} =110 м;

длины $a_{\text{изм}}$ =249,6 м; $b_{\text{изм}}$=218,8 м.

***Вычисляется*:** $c_{\text{выч}}$ = 208,806 м.

***Первый способ решения*:**

$$p = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2} = \frac{(249{,}6)^2 + (218{,}8)^2 + (208{,}806)^2}{2} =$$

$$= \frac{62300{,}160 + 47873{,}440 + 43599{,}945}{2} = 76886{,}772;$$

$$\cos\beta_1 = \frac{p - a^2}{b \cdot c} = \frac{76886{,}772 - (249{,}6)^2}{218{,}8 \cdot 208{,}806} =$$

$$= \frac{76886{,}772 - 62300{,}160}{45686{,}752} = \frac{14586{,}612}{45686{,}752} = 0{,}3193;$$

$$\cos\beta_2 = \frac{p - b^2}{a \cdot c} = \frac{76886{,}772 - (218{,}8)^2}{249{,}6 \cdot 208{,}806} =$$

$$= \frac{76886{,}772 - 47873{,}440}{52117{,}977} = \frac{29013{,}332}{52117{,}977} = 0{,}5567;$$

$$\beta_1 = 71^\circ 22' 51''; \quad \beta_2 = 56^\circ 10' 23''.$$

Решение прямой геодезической засечки по формулам котангенсов измеренных углов

$$X_{P_1} = \frac{X_{\text{II}}\operatorname{ctg}(r_1) + X_{\text{I}}\operatorname{ctg}(r_2) + Y_{\text{I}} - Y_{\text{II}}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + 20 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + 50 - 110}{\operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'')} = 27{,}330 \text{ м},$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{\text{II}}\operatorname{ctg}(r_1) + Y_{\text{I}}\operatorname{ctg}(r_2) - X_{\text{I}} + X_{\text{II}}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)} =$$

$$= \frac{110 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + 50 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') - 20 + 220}{\operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'')} = 268{,}677 \text{ м}.$$

Контроль промежуточный**:**

$$X_{\text{I}} = \frac{X_{P_1}\operatorname{ctg}(r_2) + X_{\text{II}}\operatorname{ctg}(\gamma_1) + Y_{\text{II}} - Y_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{27{,}330 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + 220 \cdot \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'') + 110 - 268{,}677}{\operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'')} =$$

$$= 20{,}000 \text{ м};$$

$$Y_{\text{I}} = \frac{Y_{P_1}\operatorname{ctg}(r_2) + Y_{\text{II}}\operatorname{ctg}(\gamma_1) - X_{\text{II}} + X_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{268{,}677 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + 110 \cdot \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'') - 220 + 27{,}330}{\operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'')} =$$

$$= 50{,}000 \text{ м}.$$

Контроль. Решение второго треугольника.

***Второй способ решения*:**

$$f_{P_1} = \frac{b_{\text{изм}}{}^2 + c_{\text{выч}}{}^2 - a_{\text{изм}}{}^2}{2 \cdot c_{\text{выч}}} =$$

$$= \frac{218{,}8^2 + 208{,}806^2 - 249{,}6^2}{2 \cdot 208{,}806} = 69{,}857 \text{ м};$$

$$q_{P_1} = \frac{a_{\text{изм}}{}^2 + c_{\text{выч}}{}^2 - b_{\text{изм}}{}^2}{2 \cdot c_{\text{выч}}} = \frac{249{,}6^2 + 208{,}806^2 - 218{,}8^2}{2 \cdot 208{,}806} = 138{,}949 \text{ м};$$

$$q_{P_1} = c_{\text{выч}} - f_{P_1} = 208{,}806\text{-}69{,}857 = 138{,}949 \text{ м};$$

$$h_{P_1} = \sqrt{a_{\text{изм}}{}^2 - f_{P_1}{}^2} = \sqrt{218{,}8^2 - 69{,}857^2} = 207{,}348 \text{ м};$$

$$h_{P_1} = \sqrt{a_{изм}{}^2 - q_{P_1}{}^2} = \sqrt{249{,}6^2 - 138{,}949^2} = 207{,}348 \text{ м};$$

$$\sin \alpha_{\text{I–II}} = \frac{Y_{\text{II}} - Y_{\text{I}}}{c} = \frac{110 - 50}{208{,}806} = 0{,}287348;$$

$$\cos \alpha_{\text{I–II}} = \frac{X_{\text{II}} - X_{\text{I}}}{c} = \frac{220 - 20}{208{,}806} = 0{,}957826.$$

От пункта I

$$X_{P_1} = X_{\text{I}} + f_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I–II}} - h_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I–II}} =$$

$$= 20 + 69{,}857 \cdot 0{,}957826 - 207{,}348 \cdot 0{,}287348 = 27{,}330 \text{ м},$$

$$Y_{P_1} = \text{Y}_{\text{I}} + f_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I–II}} + h_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I–II}} =$$

$$= 50 + 69{,}857 \cdot 0{,}287348 + 207{,}348 \cdot 0{,}957826 = 268{,}677 \text{ м}.$$

От пункта II

$$X_{P_1} = \text{X}_{\text{II}} - q_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I–II}} - h_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I–II}} =$$

$$= 220 - 139{,}001 \cdot 0{,}957826 - 207{,}339 \cdot 0{,}2873481 = 27{,}330 \text{ м};$$

$$Y_{P_1} = \text{Y}_{\text{II}} + q_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I–II}} + h_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I–II}} =$$

$$= 110 - 139{,}001 \cdot 0{,}2873481 + 207{,}339 \cdot 0{,}957826 = 268{,}677 \text{ м}.$$

Контроль.

От пункта I:

$$\Delta X_{\text{I}-P_1} = b \cdot \cos \alpha_{\text{I}-P_1}, \Delta Y_{\text{I}-P_1} = b \cdot \sin \alpha_{\text{I}-P_1}, b = \sqrt{\Delta X_{P_1}^2 + \Delta Y_{P_1}^2}.$$

От пункта II:

$\Delta X_{\text{II}-P_1} = a \cdot \cos\alpha_{\text{II}-P_1}$, $\Delta Y_{\text{II}-P_1} = a \cdot \sin\alpha_{\text{II}-P_1}$, $a = \sqrt{\Delta X_{P1}^2 + \Delta Y_{P1}^2}$.

где $\cos\alpha_{\text{I}-P_1} = \dfrac{X_{P_1} - X_{\text{I}}}{b}$; $\cos\alpha_{\text{II}-P_1} = \dfrac{X_{P_1} - X_{\text{II}}}{a}$;

$\sin\alpha_{\text{I}-P_1} = \dfrac{Y_{P_1} - Y_{\text{I}}}{b}$; $\sin\alpha_{\text{II}-P_1} = \dfrac{Y_{P_1} - Y_{\text{II}}}{a}$;

$b - b_1 = \Delta b$; $a - a_1 = \Delta a$,

где Δb и Δa – погрешность определения координат точки P_1 относительно пунктов опорной сети.

$$\cos\alpha_{\text{I}-P_1} = \frac{27{,}330 - 20}{218{,}8} = 0{,}033501;$$

$$\cos\alpha_{\text{II}-P_{1_1}} = \frac{27{,}330 - 220}{249{,}6} = -0{,}771915;$$

$$\sin\alpha_{\text{I}-P_{1_1}} = \frac{268{,}677 - 50}{218{,}8} = 0{,}999438;$$

$$\sin\alpha_{\text{II}-P_1} = \frac{268{,}677 - 110}{249{,}6} = 0{,}635725;$$

$$b_{\text{выч}} = \sqrt{(218{,}8 \cdot 0{,}033501)^2 + (218{,}8 \cdot (0{,}999438))^2} = 218{,}800 \text{ м};$$

$$a_{\text{выч}} = \sqrt{(249{,}6 \cdot (-0{,}771915))^2 + (249{,}6 \cdot 0{,}635725)^2} = 249{,}600 \text{ м};$$

$$b - b_{\text{выч}} = \Delta b = 0{,}000 \text{ м}, \qquad a - a_{\text{выч}} = \Delta a = 0{,}000 \text{ м}.$$

По результатам расчетов ошибка определения точки P_1 относительно опорных сетей составила 0 мм при допустимой 0,4 мм на плане в масштабе съемки (0,8 м).

Для дополнительного контроля сравниваем полученные значения координат точки P_1 с координатами из решения первым способом или прямой засечки (см. задачу 2).

$$\Delta X = 0{,}292 \text{ м}, \qquad \Delta Y = 0{,}445 \text{ м}.$$

Полученные разницы в координатах из двух способов решения не превышают допустимого расхождения 0,6 мм в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 – 1,2 м).

Принимаем среднее значение координат точки P_1:

$$X_{P_1} = 27{,}476 \text{ м}, \qquad Y_{P_1} = 268{,}454 \text{ м}.$$

Задача 5. Азимутальная засечка

Азимутальная засечка как вариант определения координат пунктов путем решения прямой засечки. При этом измерение углов выполняется в карьере, а не на пунктах опорных сетей (рис. 7).

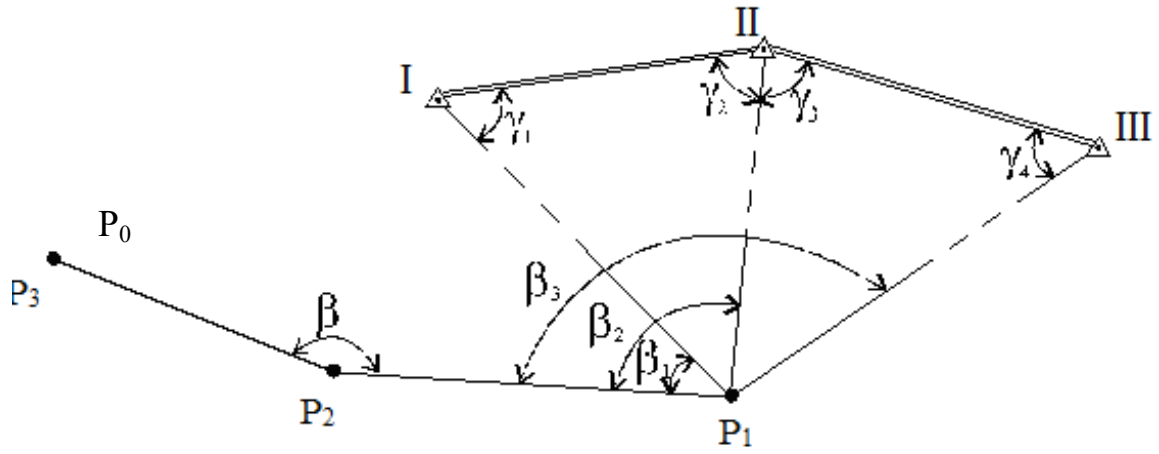


Рис. 7. Азимутальная засечка

Методические указания для решения азимутальной засечки

С пунктов съемочного обоснования P_3 и P_2, координаты которых известны, передается дирекционный угол на направление P_2P_1. Решаем прямую геодезическую задачу:

$$\alpha_{P_2P_1} = \alpha_{P_3P_2} + \beta - 180^\circ,$$

где $\alpha_{P_3P_2}$ - известный дирекционный угол или вычисленный по известным координатам; β – измеренный горизонтальный угол.

В пункте P_1 измеряются горизонтальные углы β_1, β_2, β_3 на точки опорной сети (исходные точки) I, II, III и вычисляются дирекционные углы сторон треугольников:

$$\alpha_{P_1-\mathrm{I}} = \alpha_{P_2P_1} + \beta_1 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{P_1\text{-II}} = \alpha_{P_2P_1} + \beta_2 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{P_1-\mathrm{III}} = \alpha_{P_2P_1} + \beta_3 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{\mathrm{I-II}} = \mathrm{arctg}\frac{Y_{\mathrm{II}} - Y_{\mathrm{I}}}{X_{\mathrm{II}} - X_{\mathrm{I}}};$$

$$\alpha_{\mathrm{II-III}} = \mathrm{arctg}\frac{Y_{\mathrm{III}} - Y_{\mathrm{II}}}{X_{\mathrm{III}} - X_{\mathrm{II}}}.$$

По разности дирекционных углов вычисляются углы при известных пунктах:

$$\gamma_1 = \alpha_{P_1-\mathrm{I}} - \alpha_{\mathrm{I}-\mathrm{II}};\ \gamma_2 = \alpha_{\mathrm{I}-\mathrm{II}} - \alpha_{P_1-\mathrm{II}};$$

$$\gamma_1 = \alpha_{P_1-\mathrm{II}} - \alpha_{\mathrm{II}-\mathrm{III}};\ \gamma_1 = \alpha_{\mathrm{II}-\mathrm{III}} - \alpha_{P_1-\mathrm{III}}.$$

Решение.

***Дано*:**

X_{I} =20 м; Y_{I} =50 м;

X_{II} =220 м; Y_{II} =110 м;

X_{III} = 230 м; Y_{III} = 290 м.

***Измерены*:** $\beta = 86^\circ$, $\beta_1 = 219°$, $\beta_2 = 272°$, $\beta_3 = 324°$;

$$\alpha_{P_1P_2} = \alpha_{P_2P_3} + \beta - 180^\circ = 323^\circ 07' 48'' + 86^\circ - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'';$$

$$\alpha_{\mathrm{I}-P_1} = \alpha_{P_1P_2} + \beta_1 - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'' + 219^\circ - 360^\circ = 88^\circ 07' 48'';$$

$$\alpha_{\mathrm{II}-P_1} = \alpha_{P_1P_2} + \beta_2 - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'' + 272^\circ - 360^\circ = 141^\circ 07' 48'';$$

$$\alpha_{\mathrm{III}-P_1} = \alpha_{P_1P_2} + \beta_3 - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'' + 324^\circ - 360^\circ = 193^\circ 07' 48'';$$

$$\alpha_{\mathrm{I}-\mathrm{III}} = \mathrm{arctg}\ \frac{Y_{\mathrm{I}} - Y_{\mathrm{II}}}{X_{\mathrm{I}} - X_{\mathrm{II}}} = \mathrm{arctg}\ \frac{50 - 110}{20 - 220} = 16°41'57'';$$

$$\alpha_{\mathrm{II}-\mathrm{III}} = \mathrm{arctg}\frac{Y_{\mathrm{III}} - Y_{\mathrm{II}}}{X_{\mathrm{III}} - X_{\mathrm{II}}}. = \mathrm{arctg}\frac{290 - 110}{230 - 220} = 86°49'13'';$$

$$\gamma_1 = \alpha_{\mathrm{I}-P_1} - \alpha_{\mathrm{I}-\mathrm{II}} = 88°07'48'' - 16°41'57'' = 71°25'51'';$$

$$\gamma_2 = \alpha_{\mathrm{II}-\mathrm{I}} - \alpha_{\mathrm{II}-P_1} = 196°41'57'' - 141°07'48'' = 55°34'09'';$$

$$\gamma_3 = \alpha_{\mathrm{II}-P_1} - \alpha_{\mathrm{II}-\mathrm{III}} = 141°07'48'' - 86°49'13'' = 54°18'35'';$$

$$\gamma_4 = \alpha_{\mathrm{III}-\mathrm{II}} - \alpha_{\mathrm{III}-P_1} = 273^\circ 10' 47'' - 193^\circ 07' 48'' = 80°02'59'';$$

Вычислим координаты пункта P_{I} при условии решения прямой геодезической засечки (табл. 5, 6).

Таблица 5

Исходные данные из треугольника I-II-P_{I}

Вершины	Углы, град	*X*, м	*Y*, м
I	$\gamma_1 = 71°25'51''$	20	50
II		220	110
P_1	$\gamma_2 = 55°34'09''$		

$$X_{P_1} = \frac{X_{II}\operatorname{ctg}(\gamma_1) + X_I\operatorname{ctg}(\gamma_2) + Y_I - Y_{II}}{\operatorname{ctg}(\gamma_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + 20 \cdot \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'') + 50 - 110}{\operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'')} = 27{,}036 \text{ м},$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{II}\operatorname{ctg}(\gamma_1) + Y_I\operatorname{ctg}(\gamma_2) - X_I + X_{II}}{\operatorname{ctg}(\gamma_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{110 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + 50 \cdot \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'') - 20 + 220}{\operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'')} = 266{,}534 \text{ м}.$$

Таблица 6

Исходные данные из треугольника II-III-P_1

Вершины	Углы, град	*X*, м	*Y*, м
II	$\gamma_3 = 54°18'35''$	220,000	110,000
III			
P_1	$\gamma_4 = 80°02'59''$	230,000	290,000

$$X_{P_1} = \frac{X_{III}\operatorname{ctg}(\gamma_3) + X_{II}\operatorname{ctg}(\gamma_4) + Y_{II} - Y_{III}}{\operatorname{ctg}(\gamma_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_3)} =$$

$$= \frac{230 \cdot \operatorname{ctg}(54°18'35'') + 220 \cdot \operatorname{ctg}(80°02'59'') + 110 - 290}{\operatorname{ctg}(54°18'35'') + \operatorname{ctg}(80°02'59'')} =$$

$$= 26{,}638 \text{ м};$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{III}\operatorname{ctg}(\gamma_3) + Y_{II}\operatorname{ctg}(\gamma_4) - X_{II} + X_{III}}{\operatorname{ctg}(\gamma_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_3)} =$$

$$= \frac{290 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ 08' 35'') + 110 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ 02' 59'') - 220 + 230}{\operatorname{ctg}(54^\circ 08' 35'') + \operatorname{ctg}(80^\circ 02' 59'')} = 265{,}857 \text{ м}.$$

Контроль.

Из решения двух треугольников разница в координатах точки P_1:

$$\Delta X_{P_1} = 0{,}398 \text{ м}, \qquad \Delta Y_{P_1} = 0{,}677 \text{ м},$$

которая не превышает допустимой 0,6 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 ΔX_{P_1}, $\Delta Y_{P_1} \le 1{,}2$ м).

Среднеарифметическое значение координат точки P_1 из двух треугольников:

$$X_{P_1} = 26{,}837 \text{ м}, \quad Y_{P_1} = 266{,}196 \text{ м}.$$

Сравниваем полученные координаты точек при решении азимутальной засечки с координатами точек при прямой засечке:

$$X_{P_1} = 28{,}692 \text{ м}; \qquad Y_{P_1} = 266{,}004 \text{ м};$$

$$\Delta X_{P_1} = -1{,}855 \text{ м}; \qquad \Delta Y_{P_1} = 0{,}192 \text{ м}.$$

Полученная разница в координатах из двух способов решения не превышает допустимого расхождения 0,6 мм в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 – 1,2 м).

Задача 6. Полярный способ определения координат

Исходные данные (рис. 8)**:**

$X_{\text{I}} = 220$ м; $Y_{\text{I}} = 110$ м;
$X_{\text{II}} = 20$ м; $Y_{\text{II}} = 50$ м;
$X_{\text{III}} = 230$ м; $Y_{\text{III}} = 290$ м.

Измеренные углы: $\beta_1 = 305°$, $\beta_2 = 55°$, $\delta = -8°$,

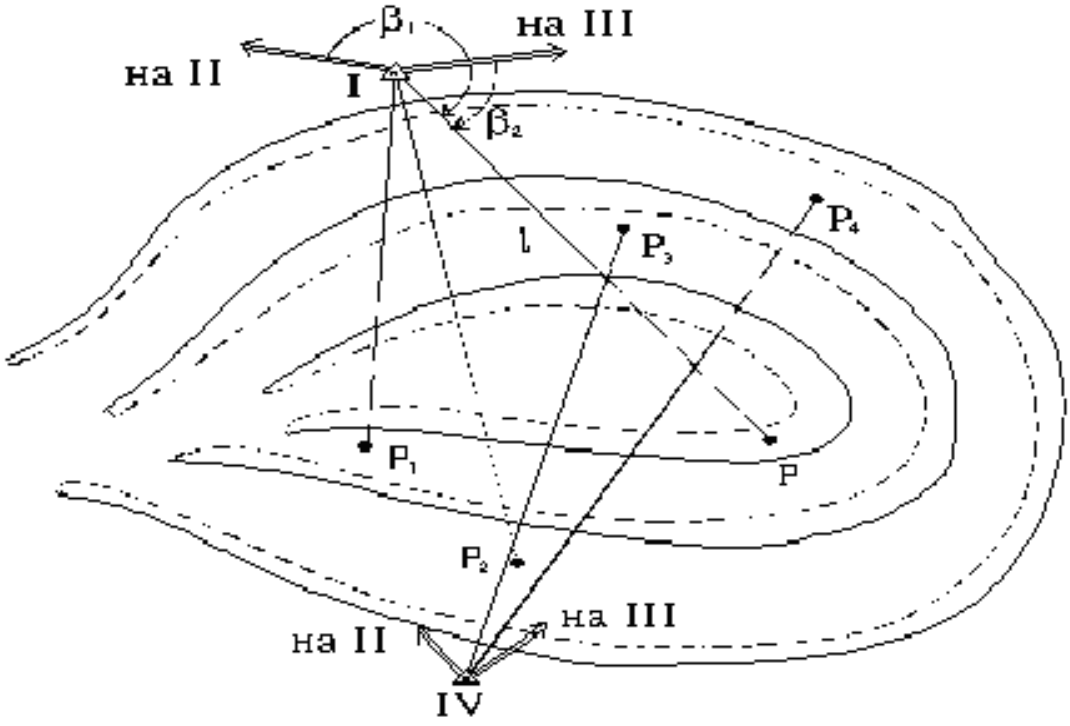


Рис. 8. Полярный способ определения координат

Решение.

Координаты пункта вычисляют по формулам:

$$x_P = x_1 + d\cdot\cos\alpha_{I\text{-}P1} = 220 + 247{,}567\cdot\cos141^\circ = 27{,}604 \text{ м};$$

$$y_P = y_1 + d\cdot\sin\alpha_{I\text{-}P1} = 110 + 247.567\cdot\sin141^\circ = 265{,}799 \text{ м};$$

где $d = l\cdot\cos\delta = 250\cdot\cos(-8^\circ) = 247{,}567$ м;

$$\alpha_{I-II} = \text{arctg}\ \frac{Y_{II} - Y_I}{X_{II} - X_I} = \text{arctg}\ \frac{50 - 110}{20 - 220} = 16^\circ 41' 57'';$$

$$\alpha_{I-III} = \text{arctg}\ \frac{Y_I - Y_{III}}{X_I - X_{III}} = \text{arctg}\ \frac{110 - 290}{220 - 230} = 86^\circ 49' 13'';$$

$$\alpha_{I-P_1} = \alpha_{I-II} + \beta_1 - 180^\circ = \alpha_{I-III} + \beta_2 - 180^\circ =$$

$$= 16^\circ + 305^\circ - 180^\circ = 86^\circ + 55^\circ = 141^\circ.$$

Погрешность положения определяемого пункта вычисляют по формуле:

$$M_{P_2} = \sqrt{\left(\frac{m_\alpha \cdot l}{\rho''}\right) + m_l^2} = \sqrt{\left(\frac{15 \cdot 250}{206265}\right) + 0{,}1^2} = 0{,}145 \text{ м}.$$

2.3. Определение высотных отметок пунктов съемочной сети

Высотные отметки маркшейдерского съемочного обоснования на карьере определяются одновременно с вычислением плановых координат пунктов. Исходными данными по определению высотных отметок пунктов съемочного обоснования являются пункты опорных высотных сетей III, IV классов.

Высотные отметки пунктов съемочного обоснования в карьере определяются геометрическим (техническим) и тригонометрическим нивелированием [1].

Для технического нивелирования применяются нивелиры класса точности Н10 и выше. Нивелирные хода прокладываются, висячие (свободные) – от опорного пункта в прямом и обратном направлениях, висячие (несвободные) – между опорными пунктами и замкнутые. Расстояния до реек на связующих точках по возможности должны быть равными и не превышать 150 м. Допустимая разность в превышениях, определенных по черной и красной сторонам рейки или при двух горизонтах инструмента ±5 мм. Предельная высотная невязка хода $f_h \le 50\sqrt{L}$, мм, или $10\sqrt{n}$, мм, при числе станций более 25 на 1 км хода, где L – длина хода в км; n – число станций в ходе [2].

Превышения между двумя точками (Д*Z*) определяются по формуле

$$\Delta Z = a - b,$$

где a, b – отчеты по рейке, установленных соответственно на задней и передней рейках. Превышения определяют дважды по черной и красной сторонам рейки или при двух горизонтах инструмента (нивелира).

Высотная отметка искомой точки вычисляется по формуле

$$Z_B = Z_A - \Delta Z,$$

где Z_B, Z_A – высотные отметки соответственно исходной точки (A) и искомой (B).

Высотную отметку промежуточной точки ($Z_п$) определяют по формуле

$$Z_п = ГИ - a_п, \qquad ГИ = Z_A + a,$$

где ГИ – горизонт инструмента; $a_п$ – отчет по рейке, установленной на промежуточной точке.

Задача 7.

Определить превышение между пунктами A и B при геометрическом нивелировании и высотную отметку точки B (Z_B).

***Исходные данные*:** $Z_A = 300$ м.

Отчеты по рейкам соответственно на задней и передней, по черной и красной сторонам, мм: $a = 0984$, $b = 2493$, $a = 5769$, $b = 7281$.

Решение.

$\Delta Z_1 = a - b = 0984 - 2493 = -1509$ мм;

$\Delta Z_2 = a - b = 5769 - 7281 = -1512$ мм;

$\Delta Z_{ср} = -1511$ мм;

$Z_B = Z_A + \Delta Z_{ср} = 300 - 1{,}511 = 298{,}489$ м.

Производство тригонометрического нивелирования включает измерение вертикального угла δ, наклонного расстояния l, высоты инструмента i, высоты сигнала v (рис. 9).

Превышение определяют по формуле

$$\Delta z = d\,\mathrm{tg}\,\delta + f + i - v = l \sin\delta + f + i - v,$$

где d, l – соответственно горизонтальное и наклонное расстояния между пунктами, м;

$$f = k + r \ ,$$

где $k = \frac{d^2}{2R}$ – поправка за кривизну Земли; $r = -k\frac{d^2}{2R}$ – поправка за рефракцию; R = 6370 км – средний радиус Земли; r – коэффициент вертикальной рефракции.

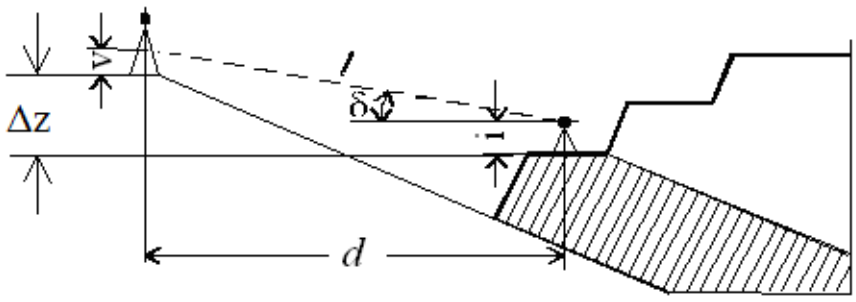


Рис. 9. Тригонометрическое нивелирование в карьере

Среднеквадратическая погрешность высотной отметки пунктов съемочных сетей не должна превышать 0,1 м относительно пунктов опорных сетей [2].

По результатам исследований известно, что в течение дня коэффициент рефракции изменяется от 0,22 перед восходом и до 0,10 перед заходом Солнца. Для сравнительно коротких расстояний (до 3 км) среднее значение $k_{ср}$ = 0,16. Тогда суммарная поправка за кривизну Земли и рефракцию:

$$f = k + r = \frac{d^2}{2R} - 0{,}16\frac{d^2}{2R} = 0{,}42\frac{d^2}{R} \cdot$$

В табл. 7 приведены суммарные поправки f для различных расстояний.

Таблица 7

Суммарные поправки *f*

d, м	*f*, м	*d*, м	*f*, м	*d*, м	*f*, м
100	0,001	1100	0,080	2100	0,291
200	0,003	1200	0,095	2200	0,319
300	0,006	1300	0,111	2300	0,349
400	0,010	1400	0,129	2400	0,380
500	0,016	1500	0,148	2500	0,412
600	0,024	1600	0,169	2600	0,446
700	0,039	1700	0,191	2700	0,480

Окончание таблицы 7

d, м	*f*, м	*d*, м	*f*, м	*d*, м	*f*, м
800	0,042	1800	0,214	2800	0,517
900	0,053	1900	0,238	2900	0,554
1000	0,066	2000	0,264	3000	0,594

Рабочая формула для вычисления превышения с учетом поправки *f*

$$\Delta Z = l \sin \delta + 0{,}42 \frac{d^2}{R} + i - v .$$

Вертикальные углы измеряются теодолитом класса точности Т30 двумя приемами, Т15 и выше – одним приемом, высота инструмента и сигнала рулеткой с округлением до мм, длины сторон тахеометром, светодальномером или нитяным дальномером теодолита. Ходы тригонометрического нивелирования опираются на пункты опорных сетей, и общая их протяженность не должна быть более 2,5 км.

Превышение для каждой стороны определяется дважды в прямом и обратном направлениях. Допустимое расхождение в превышениях 0,04*l*, см, всего хода 0,004 $L/\sqrt{n}$, где *l* – наклонная длина стороны, м; *L* – длина хода, м; *n* – число сторон хода.

Задача 8. Определить превышение между двумя пунктами (см. рис. 9).

Измерено:

$$\delta = 2^\circ 30', \; l = 5 \text{ м}, \; i = 1{,}1 \text{ м}, \; v = 1{,}2 \text{ м}.$$

Решение.

$$\Delta Z = l \sin \delta + 0{,}42 \frac{d^2}{R} + i - v =$$

$$= 5 \sin 2^\circ 30' + 0{,}42 \frac{5^2}{637} + 1{,}1 - 1{,}2 = 0{,}134 \text{ м}.$$

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 2

1. Рассчитать координаты пунктов теодолитного хода (см. рис. 1), если дано:

Полигон № 1

$\alpha_{I\text{-}II} = 75°55'55'' + N° \; N' \; N''$; $X_I = 640720{,}200$; $Y_I = 6125312{,}050$.

Полигон № 2

$$\alpha_{VI\text{-}VII} = 70°30'30''+N°\ N'\ N''; X_{VI} = 640710{,}100;$$
$$Y_{VI} = 6125350{,}040,$$

где $N°\ N'\ N''$ – номер варианта соответственно в град., мин., сек.

2. Решить прямую геодезическую засечку (см. рис. 2) по формулам котангенсов измеренных углов и по формулам тангенсов дирекционных углов, если дано:

$X_I = 20 + N$, м; $Y_I = 50+ N$, м;
$X_{II} = 220 + N$, м; $Y_{II} = 110+ N$, м;
$X_{III} = 230 + N$, м; $Y_{III} = 290+ N$, м,

где N – номер варианта в метрах.

3. Решить обратную геодезическую засечку (см. рис. 3) первым и вторым способами, если дано:

$X_I = 20 + N$, м; $Y_I = 50+ N$, м;
$X_{II} = 220 + N$, м; $Y_{II} = 110+ N$, м;
$X_{III} = 230 + N$, м; $Y_{III} = 290+ N$, м;
$X_{IV} = 200+ N$, м; $Y_{IV} = 460+ N$, м,

где N – номер варианта в метрах.

4. Решить линейную засечку (см. рис. 6), если дано:

$X_I = 20 + N$, м; $Y_I = 50+ N$, м;
$X_{II} = 220 + N$, м; $Y_{II} = 110+ N$, м,

где N – номер варианта в метрах.

5. Решить азимутальную засечку (см. рис. 7), если дано:

$X_I = 20 + N$, м; $Y_I = 50+ N$, м;
$X_{II} = 220 + N$, м; $Y_{II} = 110+ N$, м;
$X_{III} = 230 + N$, м; $Y_{III} = 290+ N$, м,

где N – номер варианта в метрах.

6. Вычислить координаты пункта P (см. рис. 8), если дано:

$X_I = 20 + N$, м; $Y_I = 50+ N$, м;
$X_{II} = 220 + N$, м; $Y_{II} = 110+ N$, м;
$X_{III} = 230 + N$, м; $Y_{III} = 290+ N$, м,

где N – номер варианта в метрах.

7. Определить превышение между пунктами (*A* и *B*) и высотную отметку пункта (*B*) при геометрическом нивелировании (см. задачу 7), если дано: высотная отметка пункта (*A*) – Z_A = = 300 + *N*, м; отсчеты по рейкам соответственно на задней, передней, по черной и красной сторонам: *a* = 0984+*N*;

$$b = 2493+N;\ a = 5769+N;\ b = 7281+N,$$

где *N*– номер варианта, мм.

8. Определить превышение между двумя точками при тригонометрическом нивелировании (см. рис. 9), если дано:

$$\delta = 2^{\circ}30' + N^{\circ}\ N',$$

где N°, N' – номер варианта в град. и мин.

Параметры *l*, *i*, *v* определить графически.

3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОХОДКЕ ТРАНШЕЙ

Траншея – открытая горная выработка трапециевидного сечения. По назначению траншеи подразделяют: капитальные (въездные) и разрезные. Капитальные траншеи служат для вскрытия карьерного поля и предназначены для создания грузотранспортной связи между земной поверхностью и рабочими горизонтами карьера. Основными параметрами траншеи является ее длина, ширина понизу (дно), продольный уклон, углы откоса бортов и объем. Длина траншеи определяется ее конечной глубиной и величиной продольного уклона. Ширина зависит от вида транспорта. Разрезные траншеи являются продолжением капитальных траншей. Они проводятся между горизонтами для создания первоначального фронта работ на горизонте.

При проходке траншей маркшейдер решает следующие задачи:

– разработка проекта трассы траншеи;

– расчет разбивочных элементов для выноса в натуру параметров траншеи;

– вынос в натуру параметров траншеи;

– съемка фактических параметров проходки траншеи.

Задача 1. Выполнить проект трассы выездной траншеи

Проект трассы выездной траншеи выполняется на основе следующих материалов:

1. Топографический план поверхности участка ведения горных работ в масштабе 1:1000, 1:2000, 1:5000, с указанием рельефа местности.

2. Параметры траншеи, включая протяженность в целом и отдельных участков, угол откоса бортов, ширину дна, проектный уклон, углы поворота, радиусы закруглений.

3. Координаты пунктов опорного или съемочного обоснования, дирекционный угол исходного (примычного) направления.

Проект трассы выездной траншеи состоит из графического материала и пояснительной записки.

Графический материал включает:

1) топографический план участка проходки траншеи с указанием рельефа местности, пунктов опорного или съёмочного обоснования, устья (начальной точки проходки), оси, ширины дна и верхней бровки траншеи;

2) продольный разрез по оси траншеи с профилем земной поверхности и дна траншеи с указанием проектного уклона и проектных отметок;

3) поперечные разрезы по профильным линиям с указанием профиля земной поверхности, линий откосов бортов, дна траншеи и высотных отметок;

4) месторасположение и размеры отвала для складирования горной массы, трассу автомобильной дороги от устья траншеи до отвала.

К графическому материалу прилагается пояснительная записка, в которой приводятся расчеты элементов траншеи, объемов горной массы и почвенного слоя.

Методические указания для составления проекта трассы выездной траншеи

1. На топографическом плане в масштабе 1:1000 (формат А4) по аналогии с рис. 10 строится рельеф поверхности и по известным координатам наносится пункт опорной сети $R_{II.}$

2. Определяются и наносятся на план: место заложения траншеи (точка *A*), указывается направление траншеи (ее ось) до угла поворота (точка *B*) и далее вся длина траншеи.

3. Определяется центр (точка *D*) отвала и его геометрическая форма.

Решение.

***Исходные данные*:**

1. Топографический план масштаба местности 1:1000 (см. рис. 10).

2. Координаты пункта R_{II} опорной геодезической сети, км:

$$X_{R_{II}} = 0{,}680, \qquad Y_{R_{II}} = 0{,}830.$$

3. Дирекционный угол исходного направления

$$\alpha_{R_{II}-R_{I}} = 92°00'00'.$$

4. Высотная отметка устья траншеи – точка *A*, Z_A = 409,0 м, берется с плана.

5. Угол поворота оси траншеи – точка *B*, $\alpha = 38^{\circ}$, радиус закругления $r = 25$ м.

6. Длина траншеи от точки *A* до точки *B* – 40 м, от точки *B* до конца траншеи – 130 м.

7. Ширина дна траншеи 8 м.

8. Проектный уклон дна траншеи i = 0,040.

9. Угол откоса бортов траншеи $\beta = 40^{\circ}$.

10. Форма отвала почвенного слоя в виде усеченного конуса с площадью нижнего основания в 2 раза больше верхнего. Высота отвала (*H*) не более 25 м.

***Требуется выполнить*:**

1. Нанести на план ось, дно и верхние границы траншеи.

2. Построить продольный разрез по оси траншеи в масштабе: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:500.

3. Определить общий объем горной массы при проходке траншеи ($V_{общ}$) методом вертикальных сечений. Расстояние между сечениями 30 м.

4. Определить объем почвенного слоя ($V_{п}$), приняв коэффициент разрыхления $k_{р}$=1,3.

5. Определить площадь основания отвала почвенного слоя и нанести границу отвала на план в точка *D*.

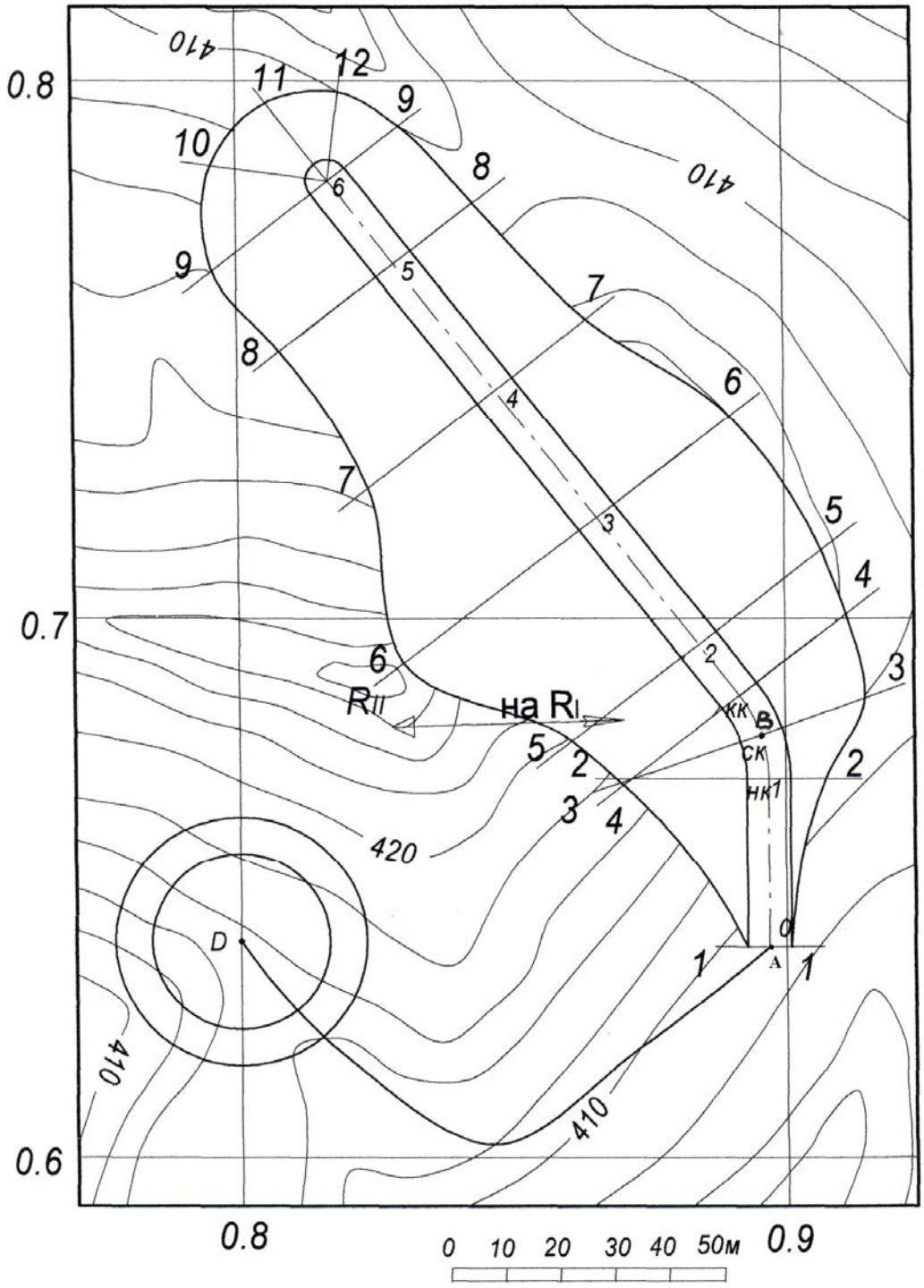


Рис. 10. Топографический план участка проходки въездной траншеи

6. Нанести на план трассу автомобильной дороги от устья траншеи (точка *A*) до центра отвала (точка *D*). Уклон трассы $i_{тр} = 0{,}064$.

Нанесение на план оси траншеи начинается с точки *A* с указанием направления до угла поворота (точка *B*) и далее под углом

поворота α на проектную длину. Первое расстояние от точки *A* до точки *B* – 40 м и далее от точки *B* до конца траншеи – 130 м.

Для построения закругления оси траншеи определяют точки касания кривой (НК и КК) по формуле

$$T = r \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}, \qquad T = 25 \cdot \operatorname{tg}\frac{38}{2} = 8{,}61 \text{ м},$$

где *T* – тангенс кривой (расстояние от точки поворота до НК и КК); *r* – радиус закругления.

Отложив на прямых участках оси траншеи от точки *B* значение *T*, проводят дугу $r = 25$ м и определяют ее длину по формуле

$$L_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180} = \frac{3{,}14 \cdot 25 \cdot 38}{180} = 16{,}58 \text{ м}.$$

Ось траншеи на план наносится штрихпунктирной линией красного цвета.

Параллельно оси траншеи сплошными линиями красного цвета наносятся границы дна траншеи.

От точки *A* (пикет 0) через 30 м и в точке *B* (пикет 1+10) отмечают пикеты и подписывают их номера (1, 2, 3, ..., 12). Высотную отметку дна траншеи $Z_{\text{дна}}$ вычисляют по формуле

$$z_{\text{дна}} = z_A + d \cdot i,$$

где z_A – высотная отметка устья траншеи в точке *A* (берется с плана), м; *d* – горизонтальное расстояние от устья траншеи до пикета, м; *i* – проектный уклон траншеи (–0,040).

$Z_{\text{дна0}} = 409{,}0+0\cdot(-0{,}04)=409{,}00$ м;
$Z_{\text{дна1}} = 409{,}0+30\cdot(-0{,}04)=407{,}80$ м;
$Z_{\text{днаск}} = 409{,}0+3\ 9\cdot(-0{,}04)=407{,}44$ м;
$Z_{\text{днакк}} = 409{,}0+47\cdot(-0{,}04)=407{,}12$ м;
$Z_{\text{дна2}} = 409{,}0+60\cdot(-0{,}04)=406{,}60$ м;
$Z_{\text{дна3}} = 409{,}0+90\cdot(-0{,}04)=405{,}40$ м;
$Z_{\text{дна4}} = 409{,}0+120\cdot(-0{,}04)=404{,}20$ м;
$Z_{\text{дна5}} = 409{,}0+150\cdot(-0{,}04)=403{,}00$ м;
$Z_{\text{дна6}} = 409{,}0+169\cdot(-0{,}04)=402{,}24$ м.

Для каждого пикета определяют глубину заложения дна траншеи (*h*) по формуле

$$h = Z_A - Z_{\text{дна}}.$$

h_1=409,0-407,8=1,20 м;
$h_{\text{ск}}$=409,0-407,44=1,56 м;

$h_{кк}$=409,0-407,12=1,88 м;
h_2=409,0-406,60=2,40 м;
h з=409,0-405,40=3,60 м;
h_4=409,0-404,20=4,80 м;
h_5=409,0-403,00=6,00 м;
h_6=409,0-402,24=6,76 м.

На плане в пикетных точках перпендикулярно оси траншеи проводят линии поперечных разрезов для построения вертикальных сечений (рис. 11).

Вертикальные сечения строятся в масштабе 1:500, за условный горизонт которых принимается высотная отметка дна траншеи в данном пикете.

По линии условного горизонта от оси траншеи отмечают ширину дна траншеи, и от его границ под углом откоса борта траншеи (40°) проводят линии откоса до пересечения с линией горизонта земной поверхности. Линия горизонта определяется на плане по горизонталям рельефа.

Точки выхода откосов борта траншеи на поверхность переносят по линиям разрезов на план и соединяют плавной, сплошной линией красного цвета, т. е. строят верхние границы бортов траншеи.

По оси траншеи, принимая за условный горизонт высотную отметку устья траншеи (точка *A*), строят продольный разрез траншеи (рис. 12). Горизонтальный масштаб продольного разреза 1:1000, вертикальный – 1:500.

На продольном разрезе указывается проектный горизонт дна поверхности прямой линией и по величине глубины заложения *h* горизонт поверхности – плавной линией.

Общий объем горной массы при проходке траншеи определяют по формуле

$$V_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{n} V_i ,$$

где $V_i = \frac{1}{2}(S_i + S_{i+1})L$, если S_i и S_{i+1} отличаются друг от друга не более чем на 40 %, и $V_i = \frac{1}{3}\left(S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i + S_{i+1}}\right)L$ – в остальных случаях, где S_i и S_{i+1} – площади смежных вертикальных сечений траншеи, определяются планиметром или палеткой; L – расстояние между смежными сечениями.

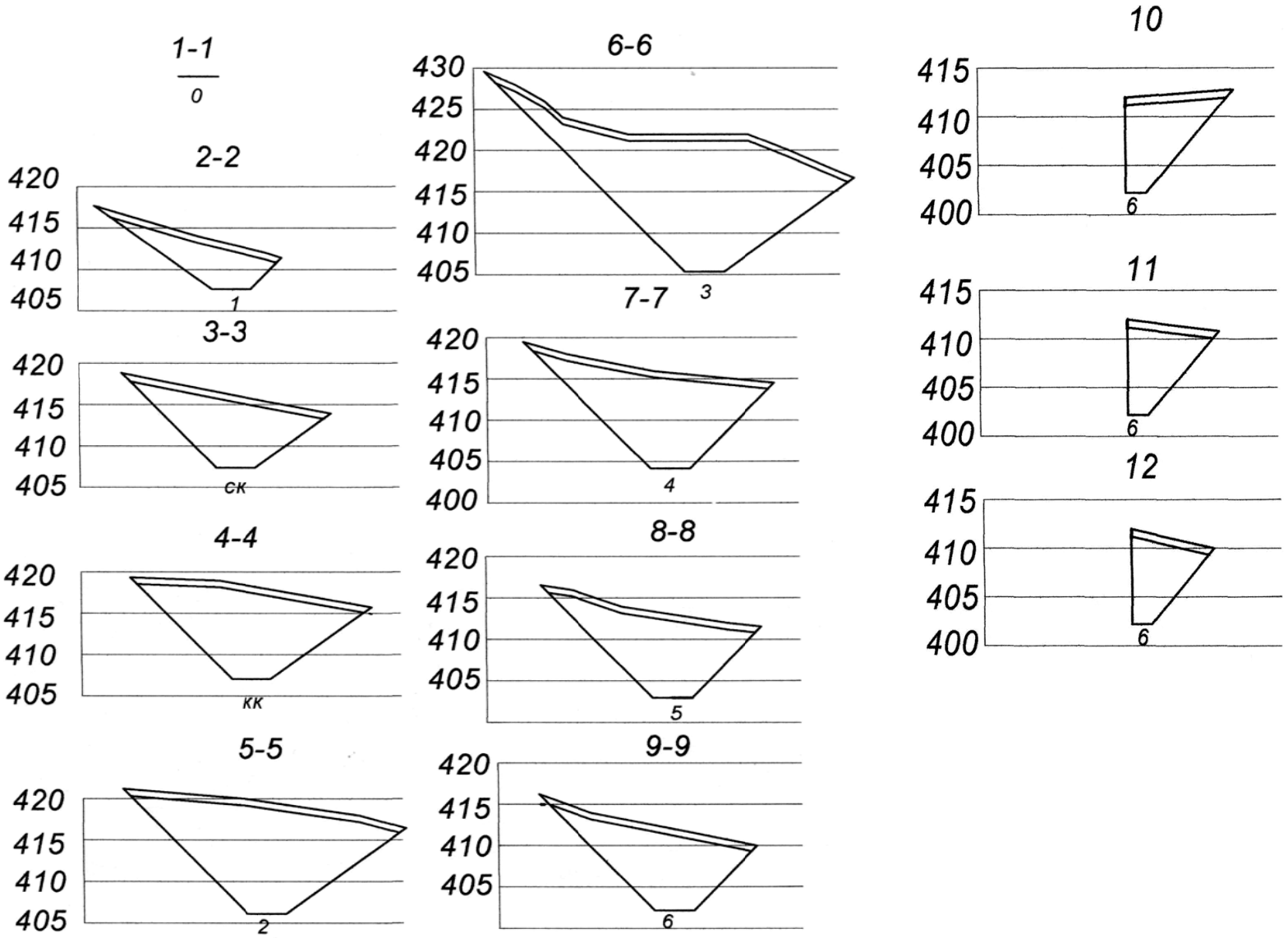


Рис. 11. Вертикальные сечения по линии в пикетных точках

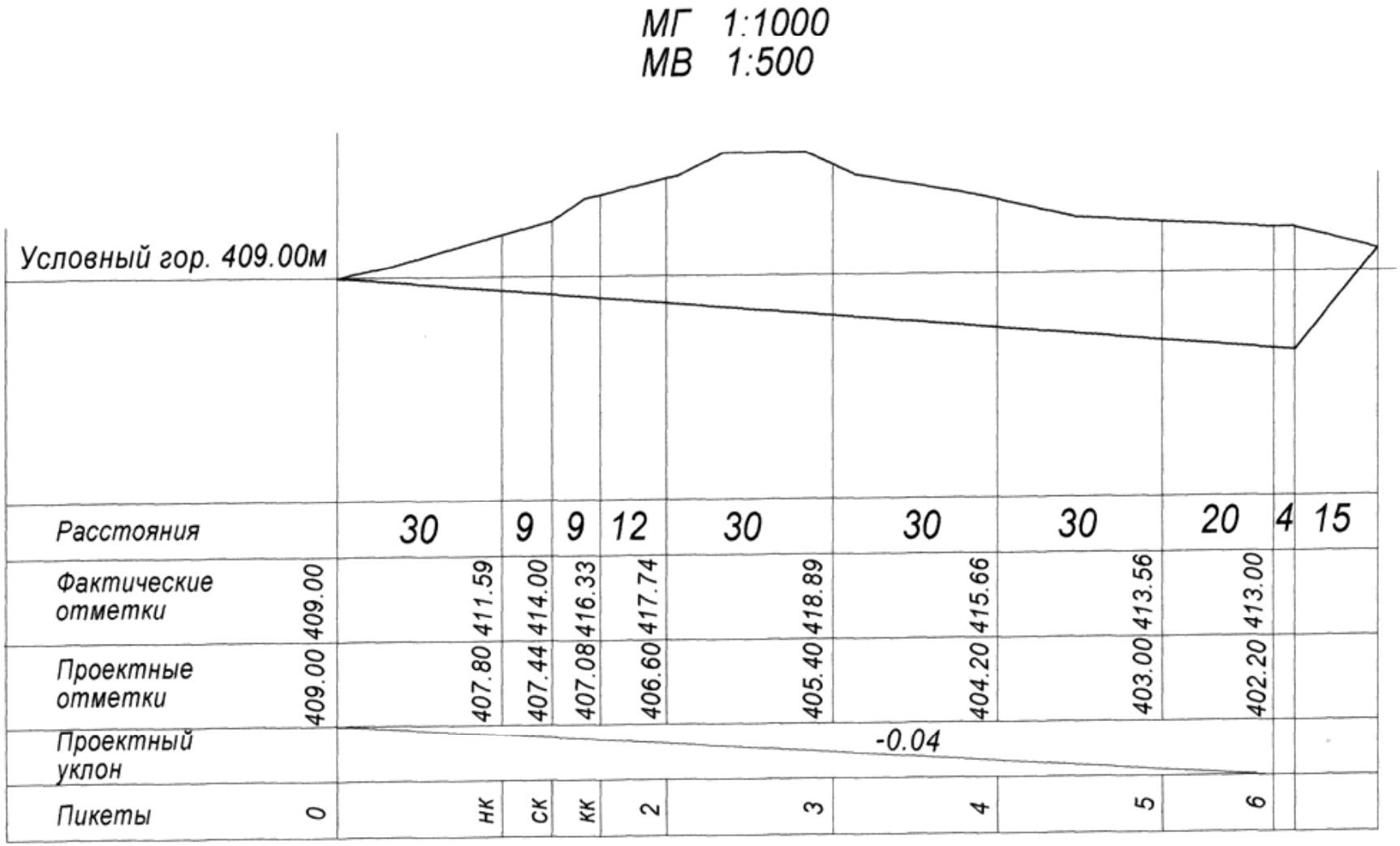


Рис. 12. Продольный профиль по оси траншеи

Объем горной массы

$V_{0\text{-}1} = 2114{,}19$ м^3 $V_{4\text{-}5} = 15213{,}75$ м^3

$V_{1\text{-СК}} = 1661{,}05$ м^3 $V_{5\text{-}6} = 8496{,}33$ м^3

$V_{\text{СК-КК}} = 2495{,}94$ м^3 $V_{9\text{-}10} = 3268{,}73$ м^3

$V_{\text{КК-}2} = 6147{,}43$ м^3 $V_{10\text{-}11} = 2036{,}05$ м^3

$V_{2\text{-}3} = 19914{,}38$ м^3 $V_{11\text{-}12} = 1557{,}27$ м^3

$V_{3\text{-}4} = 17283{,}67$ м^3 $V_{12\text{-}9} = 1498{,}72$ м^3

$$V_{\text{общ}} = 81687{,}51 \text{ м}^3.$$

Объем почвенного слоя определяется по вертикальным разрезам с учетом его мощности и коэффициента разрыхления:

$$V_{\text{п}} = V_{\text{сл}} \cdot K,$$

где $V_{\text{сл}}$ – объем слоя по каждому интервалу L_i без учета коэффициента разрыхления; K – коэффициент разрыхления (K = 1,3). Мощность почвенного слоя 0,8 м.

Объемы почвенного слоя

$V_{0\text{-}1} = 867{,}00$ м^3 $V_{4\text{-}5} = 2238{,}15$ м^3

$V_{1\text{-СК}} = 556{,}92$ м^3 $V_{5\text{-}6} = 1317{,}84$ м^3

$V_{\text{СК-КК}} = 570{,}44$ м^3 $V_{9\text{-}10} = 510{,}23$ м^3

$V_{\text{КК-}2} = 1084{,}59$ м^3 $V_{10\text{-}11} = 3\ 10{,}90$ м^3

$V_{2\text{-}3} = 3\ 120{,}92$ м^3 $V_{11\text{-}12} = 489{,}33$ м^3

$V_{3\text{-}4} = 2955{,}90$ м^3 $V_{12\text{-}9} = 240{,}88$ м^3.

$$V_{\text{П}} = 14263{,}10 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{п}} = 14263{,}10 \cdot 1{,}3 = 18542{,}03 \text{ м}^3.$$

Данные подсчета проектных объемов горной массы и объемов почвенного слоя заносятся в таблицу (табл. 8).

Площадь основания отвала почвенного слоя с учетом исходных данных (см. п. 10 исходные данные) определяется по формуле

$$S_{\text{осн}} = 1{,}5 \cdot \frac{V}{H},$$

где V – объем почвенного слоя (см. табл. 8), м^3; H – высота отвала до 25 м.

По величине площади основания отвала $S_{\text{осн}}$ определяют его границы и наносят на план в районе точки D. Точка D выбирается по аналогии с рис. 10.

Таблица 8

Подсчет проектных объемов горной массы и почвенного слоя

Номер сечения	Площадь сечения S, м^2	Расстояния между сечениями, м	Объем горной массы V, м^3	Площадь сечения почвенного слоя S, м^2	Объем почвенного слоя V, м^3	Коэф. разрыхления К	Объем V почвенного слоя с учетом К, м^3
1-1	0,00			0,00			
		30,00	2114,19		867,00	1,3	1127,10
2-2	197,37			57,80			
		9,00	1661,05		556,92	1,3	723,99
3-3	333,28			65,96			
		8,00	2495,94		570,44	1,3	741,57
4-4	572,6			76,65			
		13,00	6147,43		1084,59	1,3	1409,97
5-5	808,87			90,21			
		30,00	19914,36		3120,92	1,3	4057,19
6-6	1138,44			117,85			
		30,00	17283,67		2955,90	1,3	3842,67
7-7	548,85			79,21			
		30,00	15213,75		2238,15	1,3	2909,60
8-8	465,40			70,00			
		19,00	8496,33		1317,84	1,3	1713,19
9-9	428,95			68,72			
6-9	214,48			33,67			
		15,00	3268,73		510,23	1,3	663,30
6-10	221,35			28,51			
		10,00	2036,05		310,90	1,3	404,17
6-11	185,86			28,51			
		9,00	1557,2 7		489,33	1,3	636,13
6-12	160,20			25,86			
		8,00	1498,72		240,98	1,3	313,14
6-9	214,48						
Итого:		$V_{общ}$=	81687,51		14263,1	$V_{п}$=	18542,03

Для прокладки трассы автомобильной дороги от устья траншеи (точка A) до отвала (точка D) определяют заложение $d_{авт}$ по формуле

$$d_{авт} = \frac{h}{i_{тр}},$$

где h – сечение рельефа, м; $i_{тр}$ – уклон автомобильной дороги (0,064).

Полученное значение $d_{авт}$ раствором циркуля откладывают на плане, выбирая по горизонталям рельефа наиболее короткий и удобный путь. Трассу автомобильной дороги обозначают на плане условным знаком, принятым для грунтовых дорог.

Отчетные материалы по задаче 1

1. Топографический план поверхности в масштабе 1:1000 с нанесенными границами траншеи, отвала почвенного слоя и трассы автомобильной дороги.
2. Вертикальные сечения траншеи по линиям пикетов.
3. Расчет объемов горной массы и почвенного слоя.
4. Продольный профиль по оси траншеи.
5. Пояснительная записка с проведенными расчетами.

Задача 2. Выполнить расчет разбивочных элементов для выноса в натуру параметров траншеи

***Исходные данные*:**

$X_{R_{II}} = 0{,}680,\ Y_{R_{II}} = 0{,}830, \alpha_{R_{II}-R_I} = 92°00'00'$.

Решение.

– Измеряются на плане координаты устья траншеи:

$X_A = 646{,}842$ м, $Y_A = 896{,}842$ м;

– угол β_1 между направлениями $R_{II}-R_I$ и $R_{II}-A$ ($\beta_1 = 33°$);

– горизонтальное расстояние от точки R_{II} до точки A ($d_{R_{II}-R_A} = 98{,}947$ м);

– превышение ($\Delta z_{R_{II}-R_A} = -16{,}5$ м);

– угол (β_2) между направлениями $A-R_{II}$ и $A-B$, ($\beta_2 = 60°$).

***Определяем*:**

наклонное расстояние

$$L_{R_{II}-A} = \sqrt{d^2 + \Delta Z^2} = \sqrt{98{,}947^2 + (-16{,}5)^2} = 100{,}313 \text{ м};$$

разбивочные элементы: $\beta_1 = 33°$, $\beta_2 = 60°$, $L_{R_{II}-A} = 100{,}313$ м.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 3

1. Выполнить проект трассы выездной траншеи, если дано: топографический план поверхности участка ведения горных работ в масштабе 1:1000 (см. рис. 10), параметры траншеи (см. исходные данные задачи 1) и координаты $X_{R_{II}} = 0{,}680+N$, $Y_{R_{II}} = 0{,}830 + N$, км, где N – номер варианта, м.

2. Выполнить расчет разбивочных элементов для выноса в натуру параметров траншеи, если дано: проект трассы выездной траншеи (задача 1), $\alpha_{R_{II}-R_I} = 92°00'00'+N$, где N – номер варианта, град.

4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом отделение от горного массива, дробление скальных, полускальных пород и рудных тел осуществляются буровзрывными работами (массовыми взрывами). Заряды взрывчатых веществ помещают в предварительно пробуренные скважины. Скважины располагают сериями на верхней площадке уступа в 1, 2 и более рядов.

Буровзрывные работы должны обеспечить:

– заданную (расчетную) степень дробления горных пород;

– требуемые качество и сортность взорванного рудного тела, достижение в необходимых случаях избирательного дробления пород различной крепости;

– проектный контур и угол откоса уступа;

– заданные размеры и форму развала взорванных пород, удобные для их экскавации;

– минимальные (допустимые) отклонения высотных отметок площадок уступов, размеров и формы поверхности уступов от проектных контуров;

– минимальное сейсмическое воздействие взрыва на породный массив вблизи проектных (граничных) контуров карьера и конструкции инженерных сооружений;

– высокие показатели экономичности, производительности и безопасности производства горных работ;

– безопасность бурения и заряжания скважин.

Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ включает:

– составление крупномасштабного плана участка взрыва, который вычерчивается по результатам детальной маркшейдерско-геологической съемки;

– составление проекта буровзрывных работ с указанием расположения взрывных скважин, их глубин, величину перебура и линии наименьшего сопротивления взрыву (ЛНС);

– создание на участке работ съемочного обоснования для перенесения проектного положения скважин в натуру и последующей съемки фактического положения пробуренных скважин с определением их глубин и перебуров;

– определение положения скважин относительно верхней и нижней бровок откоса уступов;

– проведение детальной маркшейдерской съемки результата взрывания с составлением графической и отчетной документации и заключение об эффективности взрыва.

Размеры и форма взрываемого участка, высота и угол откоса уступа, общий объем и степень дробления взрывом горных пород, сейсмическое воздействие взрыва каждый раз задаются проектом. На каждый очередной взрыв главный инженер карьера выдает задание с указанием длины, ширины и объема участка взрыва с приложением выкопировки из маркшейдерского плана.

Задача 1. Составить план-проект на буровзрывные работы

Для составления плана-проекта (плана-задания) на буровзрывные работы необходимо в масштабе 1:1000 вычертить план участка карьера, в районе которого планируются буровзрывные работы. На рис. 13 показан блок между гор. + 265 и + 275 м, подготавливаемый к взрыву.

Методические указания для решения

1. Вычерчивается план участка карьера масштаба 1:1000 по аналогии с рис. 13.

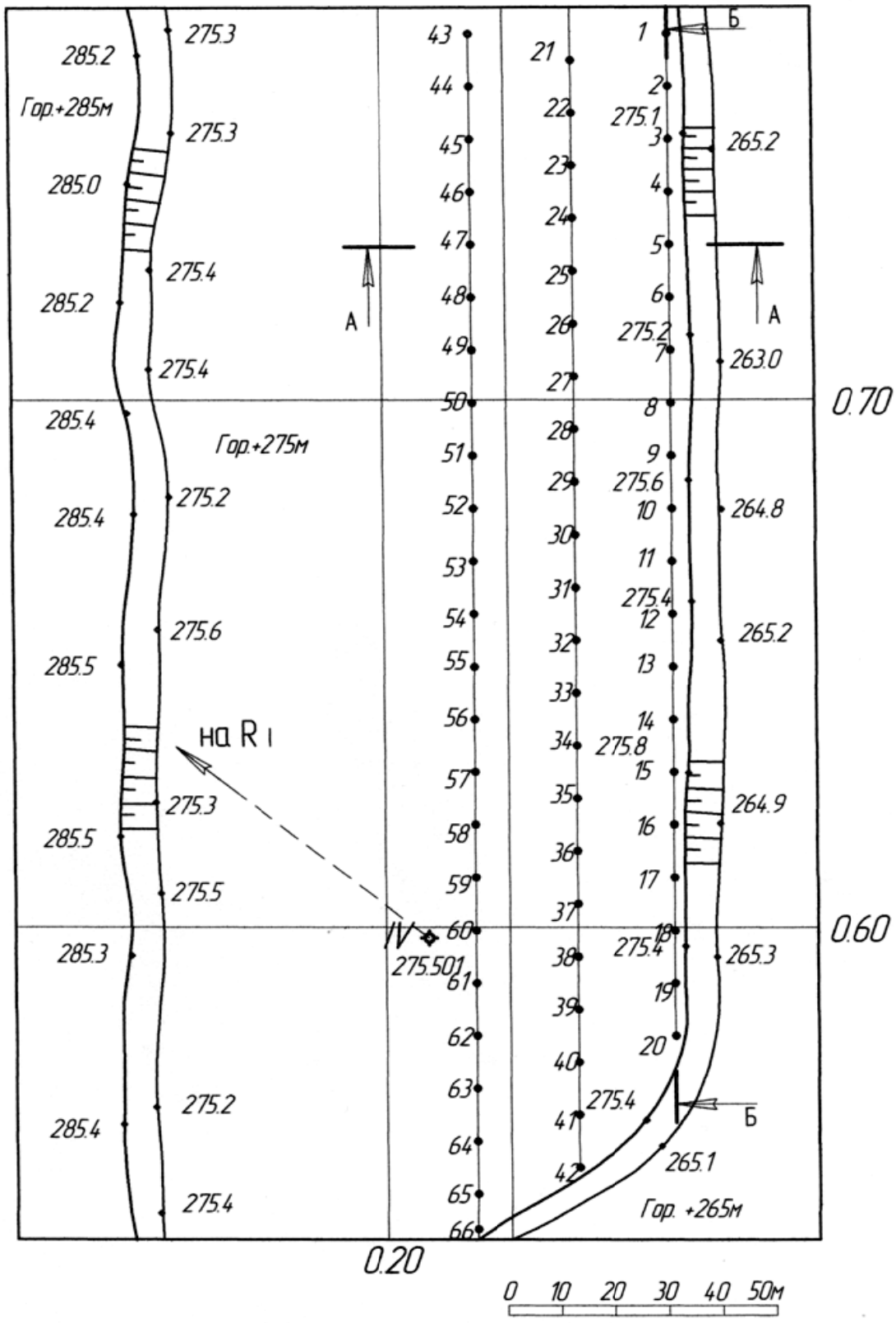


Рис. 13. План участка карьера, подготавливаемого к взрыву

2. По известным координатам наносится пункт съемочного обоснования IV.

3. Проектная сеть буровзрывных скважин строится по сетке с параметрами *a*, *b* и *c*, где *a* – расстояние в метрах до скважин

первого ряда от верхней бровки уступа; b – расстояние между скважинами в ряду; c – расстояние между рядами скважин.

4. На плане красной тушью указываются границы взрываемого блока по последнему ряду скважин.

Решение.

***Исходные данные*:**

1. План участка карьера масштаба 1:1000.

2. Координаты пункта IV маркшейдерского съемочного обоснования, км:

$$X_{IV} = 0{,}598, \qquad Y_{IV} = 0{,}208.$$

3. Координаты пункта опорной сети R_I, км:

$$X_{RI} = 0{,}685, \qquad Y_{RI} = 0{,}095.$$

***Требуется выполнить*:**

1. По известным координатам нанести на план участка пункт съемочной сети IV.

2. Определить разбивочные элементы для выноса буровзрывных скважин в натуру.

3. Нанести на поверхность блока проектную сетку буровзрывных скважин.

4. Определить проектную глубину скважин и линию наименьшего сопротивления для 1-го ряда.

Прежде всего, на расстоянии a от верхней бровки фактического контура уступа наносятся скважины первого ряда. Расстояние между скважинами в ряду b.

После этого со сдвигом $0{,}5b$ (в шахматном порядке) на расстоянии (c) между рядами наносятся скважины второго и третьего рядов и т. д. до заполнения всей площади подготавливаемого к взрыву блока. Количество рядов для решения задачи должно быть не менее трех.

Разбивочные элементы для каждой скважины, необходимые для выноса их в натуру, определяются с плана участка карьера: горизонтальный угол β_i измеряется в пункте съемочного обоснования IV между направлениями на пункт R_1 и на каждую скважину; расстояние d_i от пункта IV до каждой скважины.

Исходное направление IV-R_I наносится на плане участка карьера от пункта IV, дирекционный угол которого определяется решением обратной геодезической задачи:

$$\operatorname{arctg}\alpha_{\text{IV}-R_{\text{I}}} = \frac{Y_{R_{\text{I}}} - Y_{\text{IV}}}{X_{R_{\text{I}}} - X_{\text{IV}}} = \frac{0{,}095 - 0{,}208}{0{,}685 - 0{,}598} = \frac{-0{,}113}{0{,}087} = -1{,}2988;$$

$$\alpha_{\text{IV}-R_{\text{I}}} = -52^{\circ}24'25'' + 360^{\circ} = 307^{\circ}35'35''.$$

Углы β_i измеряются транспортиром на плане участка карьера с точностью $\pm 0{,}5^{\circ}$, расстояния d линейкой с точностью $\pm 0{,}5$ мм в масштабе плана. Результаты записываются в табл. 9.

Таблица 9

Пример записи значений разбивочных элементов β_i и L_i

Номер скважины	β_{I}, град., мин.	d_i, м	Номер скважины	β_{I}, град., мин	d_i, м	Номер скважины	β_{I}, град., мин	d_i, м
1 2 3	201°00' и т. д.	47,00 и т. д.						

Проектная глубина скважины (h_c) определяется по формуле

$$h_{\text{C}} = \frac{h_{\text{У}}}{\sin\delta} + l_{\text{П}},$$

где δ – угол наклона скважины к горизонту, град.; h_y – высота уступа, м; $l_{\text{П}}$ – величина перебура скважины, м.

Значение угла δ определяется с учетом угла откоса уступа, как правило, равного ему. Высота уступа вычисляется по разности средней высотной отметки верхней бровки $Z_{\text{ср.в}}$. и средней высотной отметки нижней бровки уступа $Z_{\text{ср.н.}}$:

$$h_{\text{у}} = Z_{\text{ср.в}} - Z_{\text{ср.н}},$$

где $Z_{\text{ср.в.}} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} Z_{i,\text{в}}}{n} = \dfrac{1927{,}9}{7} = 275{,}4$ м;

$$Z_{\text{ср.н.}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_{i,\text{н}}}{n} = \frac{1853{,}5}{7} = 264{,}8 \text{ м};$$

$Z_{i,\text{в}}$, $Z_{i,\text{н}}$ – высотные отметки верхней и нижней бровки уступа соответственно; n – количество отметок (пикетов).

$$h_{\text{у}} = 275{,}4\text{-}264{,}8 = 10{,}6 \text{ м}.$$

Величина перебура скважины определяется по формуле

$$l_{\text{п}} = 0{,}5q \cdot w,$$

где q – удельный расход взрывчатого вещества (ВВ); w – максимально допустимое значение линии сопротивления взрыву по подошве уступа:

$$w = \sqrt{\frac{c \cdot p}{q}};$$

c – коэффициент степени дробления породы взрывом, c = 0,012; p – вместимость 1 м скважины, кг, $p = 7{,}85 \cdot d_{\text{с}}^2 \cdot \Delta$; $d_{\text{с}}$ – диаметр скважины, дм; Δ – плотность заряжания.

Объем выполненной работы включает следующие результаты:

1. План участка карьера в масштабе 1:1000, на который наносятся: пункт IV; направление на пункт R_{I}; сетка буровзрывных скважин.

2. Разрез по линии первого ряда скважин с указанием перебура (рис. 14).

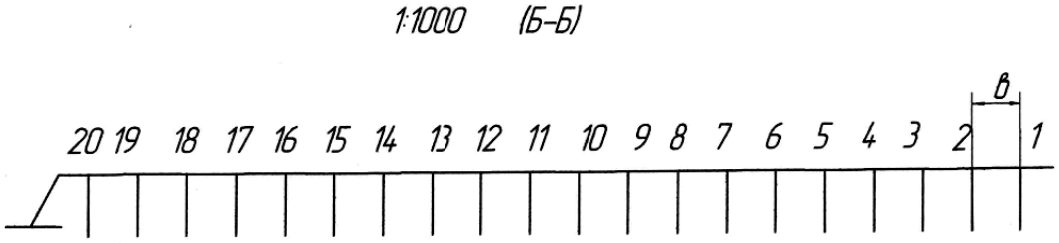


Рис. 14. Продольный разрез по линии Б-Б

3. Разрез, перпендикулярный направлению уступа взрываемого блока с указанием углов наклона уступа, угла наклона скважин и величины перебура, $l_{\text{п}}$ (рис. 15).

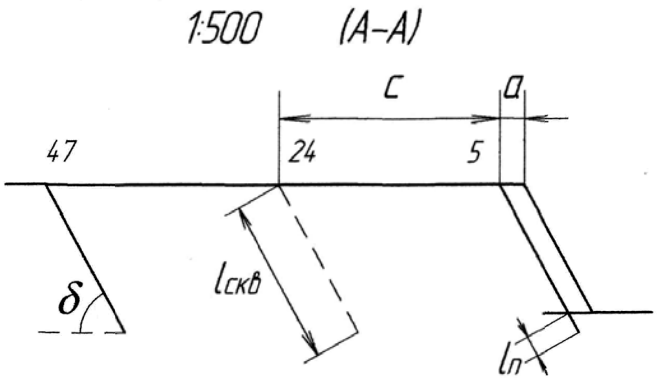


Рис. 15. Поперечный разрез по линии А-А

4. Таблица разбивочных элементов скважин (см. табл. 9).

Расчет проектной глубины скважин и величины линии сопротивления по подошве для скважин первого ряда.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 4

Составить план-проект на буровзрывные работы, если дано:

1. План участка карьера масштаба 1:1000 (см. рис. 13);
2. Координаты пункта IV в км:

$$X_{IV} = 0{,}598+N, \qquad Y_{IV} = 0{,}208+N;$$

3. Координаты пункта R_I в км:

$$X_{RI} = 0{,}685+N, \qquad Y_{RI} = 0{,}095+N,$$

где N – номер варианта задания в метрах.

4. Параметры сетки буровзрывных скважин (табл. 10).

Таблица 10

Параметры сетки буровзрывных скважин

Номер варианта	Величина параметра, м		
	a	*b*	*c*
1 - 10	2	10	18
11 - 20	2,5	12	16
21 - 30	3	14	14
31 – 40	3,5	16	12
41 - 50	4	18	10

5. Удельный расход ВВ (табл. 11).

Таблица 11

Удельный расход ВВ

Номер варианта	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
q, кг/м^3	0,6	0,8	1,0	0,8	0,6

6. Диаметр скважин (табл. 12).

Таблица 12

Диаметр скважин

Номер варианта	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
d_c, мм	100	200	250	300	320

7. Плотность заряжания ВВ (табл. 13).

Таблица 13

Плотность заряжания ВВ

Номер варианта	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Δ, кг/дм^3	0,9	1	1,4	1,5	1,6

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль*. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 120 с.

2. *Голубко Б. П., Гордеев В. А., Яковлев В. Н.* Маркшейдерия. Часть I. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 212 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Земских Г.В., Раева О.С.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие

Решение типовых маркшейдерских задач
при разработке месторождений полезных
ископаемых подземным способом
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Эффективному изучению теоретических основ маркшейдерии и использованию полученных знаний на производстве в значительной мере способствует решение конкретных задач. Особенно это помогает при самостоятельной и индивидуальной форме обучения.

Учебное пособие включает комплекс наиболее востребованных задач при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом. Последовательность изложения материала: основные теоретические понятия, методику выполнения измерений и пример решения при камеральной обработке результатов измерений.

Основное внимание в учебном пособии уделено решению типовых задач, включающих: построение и реконструкцию подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей, выполнение ориентирно-соединительных съемок через одну и две вертикальные горные выработки (геометрический и гироскопический способы); вертикальные соединительные съемки.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Маркшейдерия». Решение задач проводится студентами на практических занятиях под руководством преподавателя и самостоятельно.

1. ПОДЗЕМНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ

1.1. Общие сведения

Подземная маркшейдерская съемка – это комплекс пространственно-геометрических измерений и вычислений, обеспечивающий:

- получение пространственного положения горных выработок, инженерных сооружений, параметров залегания полезного ископаемого и построение горно-графической документации в единой с земной поверхностью системе координат;

- решение горно-геометрических задач, возникающих на всех стадиях освоения месторождения (разведки, строительства и эксплуатации горного предприятия).

Технологически маркшейдерскую съемку подразделяют на горизонтальную и вертикальную.

По значению, трудоемкости и методике выполнения *подземные маркшейдерские съемки подразделяют:*

- на подземную теодолитную съемку для построения главной геометрической основы – подземные маркшейдерские опорные и съемочные сети;

- ориентирно-соединительную съемку для установления геометрической связи подземной теодолитной съемки со съемками на земной поверхности в единой системе координат. Данная съемка позволяет совмещать планы подземных горных выработок с планами земной поверхности;

- съемку нарезных и очистных горных выработок, проводимую упрощенными способами с целью определения контуров подземных выработок, границ горных работ и объемов добытой горной массы, за определенный промежуток времени;

- подземную вертикальную съемку для определения относительного расположения горных выработок и земной поверхности по высоте. Эта съемка включает: передачу высотной отметки с земной поверхности в шахту; геометрическое нивелирование в горизонтальных и тригонометрическое нивелирование в наклонных горных выработках.

Все виды указанных выше подземных маркшейдерских съемок выполняются в соответствии с требованиями инструкции по производству маркшейдерских работ, в основе которых предусмотрены *три основных принципа*:

1) съемка должна вестись от общего к частному, т. е. от более точного (опорные сети) к менее точному (съемка подробностей);

2) съемка должна выполняться с необходимой и достаточной точностью, обусловленной требованиями производства (технологией добычи). Недостаточная точность может привести к браку горных работ, а в некоторых случаях может явиться причиной несчастного случая. Излишняя точность требует ненужных, непроизводительных затрат труда маркшейдера;

3) все измерения и вычисления в каждом из видов съемок, должны выполняться с обязательным объективным контролем. Контроль обеспечивает необходимую точность результатов съемки и исключает возможность появления грубых ошибок в измерениях и вычислениях.

1.2. Основные понятия ориентирования и единиц мер измерения

При выполнении топографо-геодезических, картографических и маркшейдерских работ на земной поверхности и в подземных выработках используется система геодезических плоских координат Гаусса-Крюгера 1942 г. – это дата определения размеров эллипсоида Красовского. Вычисление подземных маркшейдерских съемок проводится в плоских прямоугольных координатах в конформной (равноугольной) проекции. Сущность данной системы заключается в том, что поверхность эллипсоида делится с запада, от Гринвичского меридиана, на восток на шестиградусные зоны. При этом осевой меридиан и экватор изображаются двумя взаимно перпендикулярными линиями (рис. 1.1).

Осевой меридиан на плоскости – прямая POP_1, перпендикуляр к нему – линия экватора $Q_1 OR_1$, начало координат точка пересечения O. Некоторая точка A на земном эллипсоиде с геодезическими координатами (широта и долгота) изображается на плане точкой A_1 с плоскими прямоугольными координатами X_{A_1}, Y_{A_1}.

Между геодезическими координатами и плоскими существует определенная математическая зависимость, позволяющая осуществлять пересчет из одной системы в другую. Имея исходные прямоугольные плоские координаты и проектируя измеренные длины на плоскость, вычисляют координаты определяемых точек по формулам аналитической геометрии.

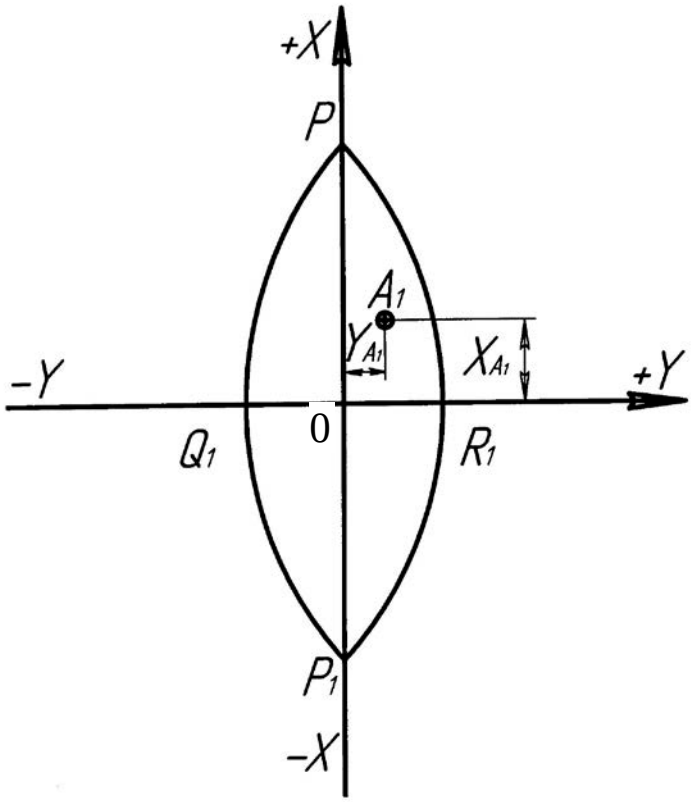


Рис. 1.1. Плоские прямоугольные координаты Гаусса точки A_1 земного эллипсоида

Плановое положение пункта подземной теодолитной съемки определяется тремя величинами: долготой осевого меридиана, в которой находится точка; абсциссой – расстоянием от точки до экватора; ординатой – расстоянием от точки до осевого меридиана. На территории нашей страны, находящейся в Северном полушарии, абсциссы точек только положительны, ординаты могут быть как положительные, так и отрицательные. Например, $X_{A_1} = 5057$ км и $Y_{A_1} = 3575$ км, т. е. точка A_1 находится на расстоянии 5057 км к северу от экватора, в 3-й зоне на расстоянии 575 км к востоку от осевого меридиана.

На горных предприятиях применяется также так называемая условная система координат, которая имеет определенную связь с системой координат 1942 г. Постановлением Правительства РФ от 28.06.2000 г. № 568 с 01.01.2002 г. введена новая Государственная система геодезических координат для осуществления топографо-геодезической и картографической деятельности на территории России – СК95.

Разности координат двух точек называют *приращением координат* (ΔX и ΔY). В зависимости от значений координат точек приращения могут иметь знак (+) или (-).

При расчетах в системе прямоугольных координат важное зна-

чение имеет умение решать прямую и обратную геодезические задачи. Прямая геодезическая задача заключается в определении координат искомой точки B относительно исходной точки A по горизонтальной проекции линии d_{AB} и дирекционному углу этой линии α_{AB} по известным формулам:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos\alpha_{AB} = X_A + \Delta X_{AB};$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin\alpha_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB}.$$

Обратная геодезическая задача заключается в определении дирекционного угла α_{AB} линии AB и горизонтальной проекции длины линии по известным координатам точек этой линии X_A, Y_A, X_B, Y_B:

$$r_{AB} = \text{arctg}\left(\frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}\right) = \text{arctg}\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right);$$

$$d_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin r_{AB}} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos r_{AB}} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2},$$

где r_{AB} – табличный угол (румб), по которому определяется значение дирекционного угла.

При вычислении дирекционного угла α_{AB} необходимо учитывать знаки приращений координат (+) или (-) (рис. 1.2), следуя правилу, приведенному в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Связь между дирекционными углами и румбами

Четверть	ΔX	ΔY	α, град.		Формула вычисления дирекционного угла
			от	до	
I	+	+	0	90	$\alpha_{AB} = r_{AB}$
II	–	+	90	180	$\alpha_{AB} = 180° - r_{AB}$
III	–	–	180	270	$\alpha_{AB} = 180° + r_{AB}$
IV	+	–	270	360	$\alpha_{AB} = 360° - r_{AB}$

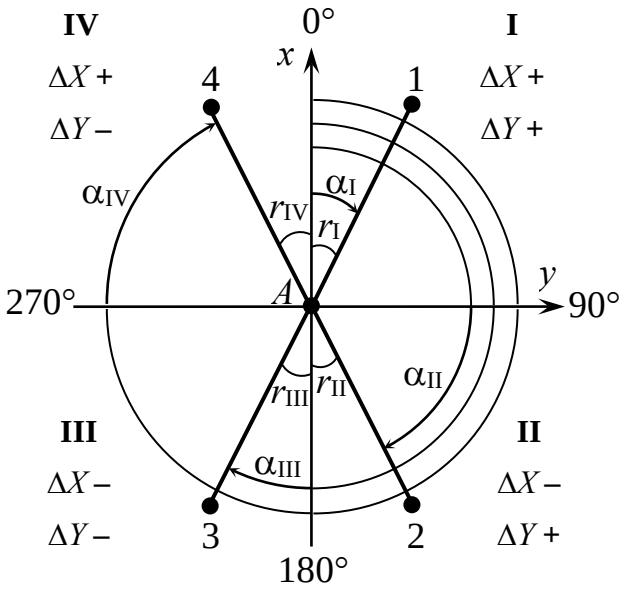


Рис. 1.2. – Схема определения румбов и дирекционных углов

Расположение точек по вертикали называется *высотой точек* (высотная отметка, координата *Z*). В России высоты точек отсчитываются от уровня Балтийского моря – нуля Кронштадтского футштока (Балтийская система высот $Z_0 = 0$). Выше исходного уровня высоты точек со знаком (+), ниже исходного уровня – со знаком (-). Разница между высотами двух точек называется превышением (*h*). В зависимости от взаиморасположения точек превышения имеют знак (+) или (-) и определяются по формуле: $h = Z_A - Z_B$, где Z_A, Z_B – высоты точек *A* и *B*.

Если известны значения координат двух точек, например X_A, Y_A, Z_A, X_B, Y_B, Z_B, по их значениям могут быть определены:

1) наклонная длина линии (*l*)

$$l = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2};$$

2) горизонтальное проложение линии (*d*) – проекция на горизонтальную плоскость длины линии (*l*)

3)

$$d = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = l \cdot \cos\delta;$$

4) угол наклона линии (δ) – угол между направлением линии (*l*) и ее горизонтальным проложением

$$\delta = \text{arctg}\left(\frac{Z_B - Z_A}{d}\right);$$

при известных значениях превышения h и длины l

$$d = \sqrt{l^2 - h^2}; \quad \delta = \arcsin\left(\frac{h}{l}\right);$$

тангенс угла наклона линии, уклон линии (i)

$$i = \text{tg}\delta = \frac{h}{d}.$$

Ориентирование линий в маркшейдерской съемке осуществляется по дирекционному углу и румбу. *Дирекционным углом* α называется горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления осевого меридиана или линии, параллельной ему, до направления ориентируемой линии. Дирекционные углы могут иметь значения от 0 до 360°. Дирекционные углы двух смежных линий взаимосвязаны между собой:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_л - 180^o = \alpha_i - \beta_п + 180^o,$$

где α_i, α_{i+1} – дирекционные углы соответственно предыдущей и последующих линий; $\beta_л$ и $\beta_п$ – горизонтальные углы левый и правый между смежными линиями по направлению хода соответственно.

Румбы имеют значения от 0 до 90^0, образованные ближайшими северным или южным концом осевого меридиана и направлением ориентируемой линии. Угловая величина румба называется *табличным углом.*

При выполнении маркшейдерских съемок измеряют в основном линейные и угловые величины.

Длины линий выражают в метровой мере за единицу длины, в которой считается:

1 м = 100 см, 1 см = 10 мм, 1000 м = 1 км.

Углы выражаются в градусной, радиальной и децимальной мерах. В градусной мере единицей угла принят 1 градус, равный 1/90 части прямого угла:

1° = 60' (минут) = 360" (секунд); 1' = 60" (секунд).

В радиальной мере единицей угла принято считать 1 радиан, равный соотношению длины дуги в один радиус к величине соответствующего радиуса:

1 рад = 1 при $\alpha = 57°17'45''$,

т. е. $\alpha^r = \alpha^0/57{,}3° = \alpha'/3138' = \alpha''/206265''$.

Для малых углов, близких 0°, $\alpha^r = \sin\alpha^0 = \operatorname{tg}\alpha^0$.

В децимальной мере единицей угла принято считать 1 градус, равный 1/100 части прямого угла: 1 град = 100^c (градовых минут); $1^c = 100^{cc}$ (градовых секунд).

Решение задач по разделу 1.2

Задача 1. Определить, на каком расстоянии находится точка B_1 от экватора и от осевого меридиана и в какой зоне, если ее координаты: X_{B1} = 6780 км, Y_{B1} = 4370 км.

Ответ: на расстоянии 6780 км к северу от экватора и от осевого меридиана в 4-й зоне на расстоянии к востоку 370 км.

Задача 2. Определить координаты точки C (X_C;Y_C), если дано: координаты точки X_B = 5180,000 м, Y_B = 2370,000 м, горизонтальное расстояние между точками B и C d_{BC} = 200,000 м, дирекционный угол линии BC $\alpha_{BC} = 70°47'47''$.

Ответ:

$$X_C = X_B + d_{BC} \cdot \cos\alpha_{BC} = X_B + \Delta X_{AB} =$$

$$= 5180{,}000 + 200 \cdot \cos 70°47'47'' = 5245{,}785 \text{ м};$$

$$Y_C = Y_B + d_{BC} \cdot \sin\alpha_{BC} = Y_B + \Delta Y_{AB} =$$

$$= 2370{,}000 + 200 \cdot \sin 70°47'47'' = 2558{,}871 \text{ м}.$$

Задача 3. Определить дирекционный угол линии BC α_{BC} и го-

ризонтальное расстояние d_{BC} , если дано:

X_B = 5180,000 м, Y_B = 2370,000 м,
X_C = 5245,785 м, Y_C = 2558,871 м.

Ответ:

$$r_{BC} = \text{arctg}\left(\frac{\Delta Y_{BC}}{\Delta X_{BC}}\right) = \text{arctg}\left(\frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B}\right) =$$

$$= \text{arctg}\left(\frac{2558{,}871 - 2370{,}000}{5245{,}785 - 5180{,}000}\right) = \text{arctg}\left(\frac{188{,}871}{65{,}785}\right) =$$

$$= \text{arctg}(2{,}871034) = 70°47'47''.$$

Так как приращения координат положительные, то румб находится в первой четверти, следовательно, дирекционный угол

$$\alpha_{BC} = r_{BC} = 70°47'47''.$$

Горизонтальное проложение стороны BC

$$d_{BC} = \frac{\Delta Y_{BC}}{\sin\alpha_{BC}} = \frac{188{,}871}{\sin 70°47'47''} = 200{,}000 \text{ м},;$$

$$d_{BC} = \frac{\Delta X_{BC}}{\cos\alpha_{BC}} = \frac{65{,}785}{\cos 70°47'47''} = 199{,}999 \text{ м}.$$

Среднее значение $d_{BC} = 200{,}000$ м.

Задача 4. Определить дирекционный угол линии BC, α_{BC} , если дирекционный угол линии AB α_{AB} = 43°25′34″ и горизонтальный угол $\beta_л$ = 177°52′43″.

Ответ:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_л - 180^o = 43°25'34'' + 177°52'43'' - 180° = 41°18'17''.$$

1.3. Подготовка и поверка приборов

Проверку работоспособности теодолита и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании обращают внимание на исправность всех частей теодолита (тахеометра): отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, винта или кремольеры перемещения фокусирующей линзы.

Проверяют вращение алидады, лимба (вертикальная осевая система), вращение визирной зрительной трубы, которое должно быть легким и плавным.

Проверяют исправность зеркала подсветки отсчетной системы. Юстировочные винты сетки нитей должны быть затянуты. Также проверяется работоспособность и симметричность диапазона действия компенсатора при вертикальном круге (при его наличии). При вращении подъемного винта, расположенного под трубой на 180° по часовой стрелке и против; отсчет по вертикальному кругу должен равномерно изменяться.

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого прибор устанавливают на штатив, горизонтируют, наводят трубу на марку (расстояние до точки визирования – 30…40 м). Затем к головке штатива прилагают легкие вращательные (вокруг вертикальной оси) и вертикальные (сверху вниз) усилия, после чего проверяют неизменность визирования. Отклонение центра сетки нитей от первоначального визирования не должно превышать среднеквадратической погрешности (СКП) измерения углов прибором.

1.3.1. Проверка перпендикулярности цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней

Для проверки перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора необходимо установить уровень параллельно двум подъемным винтам подставки и, вращая их в противоположных направлениях, привести пузырек уровня на середину. После этого повернуть алидаду на 90° вокруг вертикальной оси и привести пузырек уровня

на середину третьим винтом подставки. Затем повернуть алидаду в том же направлении еще на 90°, т. е. на 180° по отношению к первоначальному положению (рис. 1.3). Если пузырек уровня отклоняется от середины более чем на 2 деления шкалы уровня, отклонения следует устранить исправительными винтами уровня, а затем повторить юстировку.

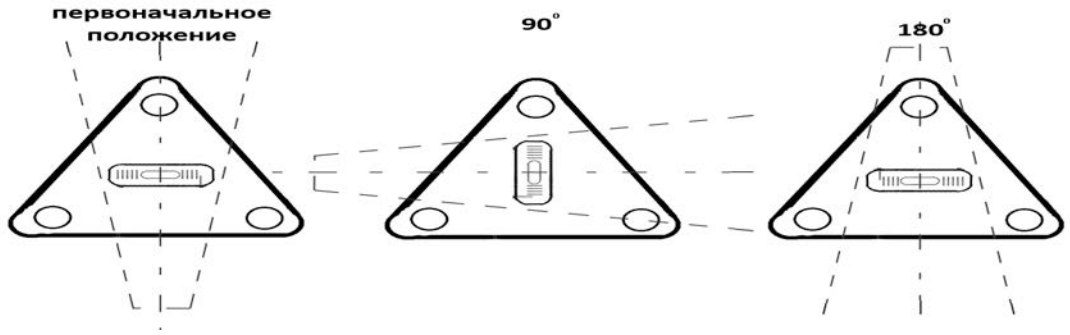


Рис. 1.3. Последовательность положений угломерного прибора относительно подставки при юстировке цилиндрического уровня при алидаде

Круглый установочный уровень в теодолите (тахеометре) выводят на середину (в нуль-пункт) его исправительными винтами после юстировки цилиндрического уровня.

1.3.2. Определение и исправление коллимационной погрешности

Неперпендикулярность визирной оси трубы к горизонтальной оси её вращения называется коллимационной погрешностью теодолита (тахеометра). При измерении направления на визирные цели двумя полуприемами (при вертикальном круге слева и справа) в средних результатах влияния коллимационной погрешности отсутствуют, поэтому допусков на величину коллимации не существует. В то же время значение коллимации важно знать и контролировать его постоянно в пределах двойной СКП измерения углов прибором. При работе с оптико-механическими теодолитами, когда записи ведутся в журнале, для удобства вычислений желательно минимальное значение коллимации.

Для определения коллимации теодолита с двухсторонней системой отсчета по лимбу горизонтального круга (ГК) необходимо после горизонтирования прибора навести зрительную трубу на удаленную, находящуюся на горизонте прибора (в пределах одного, двух градусов) визирную цель и взять отсчет при вертикальном круге слева (КЛ). Затем перевести трубу через зенит, навести её на ту же цель и

сделать отсчет при вертикальном круге справа (КП). Разность отсчетов КЛ-КП должна быть равна 180°. Отклонение разности от 180° равно двойной коллимационной погрешности: 2С = КЛ – КП±180°.

Задача 1. Определение коллимации теодолита (электронного тахеометра) с двухсторонним отсчетом при КЛ=49°45′36″,5, КП=229°45′29″,2.

Решение:

$$2C = (49°45′36″,5 + 180^{o}) – 229°45′29″,2 = 7″,3,$$

$$C = 7″,3/2=3″,6.$$

В теодолитах с односторонней отсчетной системой разность КЛ-КП может быть искажена добавочным влиянием эксцентриситета алидады. Для уменьшения возможного влияния эксцентриситета алидады определение коллимации рекомендуется производить в следующем порядке.

После установки теодолита в рабочее положение визируют на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга и получают по горизонтальному кругу разность отсчетов $КЛ_1 – КП_1$.

Затем открепляют винт подставки, поворачивают теодолит в подставке на 180°, горизонтируют прибор, вновь наводят на ту же точку при двух положениях круга и получают разность $КЛ_2 – КП_2$. Величина двойной коллимационной погрешности

$$2C = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180°) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180°)}{2}.$$

Задача 2. Определение коллимации для теодолитов с односторонним отсчетом при $КЛ_1$=0°21′00″, $КП_1$=180°21′12″, $КЛ_2$=182°15′18″, $КП_2$=2°15′36″.

Решение:

$$2C = \frac{(0°21′00″ + 180° - 180°21′12″) + (182°15′18″ - 180° - 2°15′36″)}{2} =$$

$$= \frac{(-12″) + (-18″)}{2} = -15″, \quad C = -7″,5.$$

Для устранения коллимационной погрешности необходимо изменить положение визирной оси относительно оси вращения трубы смещением сетки нитей в горизонтальном направлении или путем изменения положения объективной части зрительной трубы. Выполняя данную юстировку, не обязательно полностью исключать коллимацию, достаточно, чтобы она не превышала двойной СКП измерения угла данным теодолитом.

Теодолиты 2Т2, 2Т5К и их модификации не имеют исправительных винтов сетки, поэтому коллимацию можно исправить только поворотом зрительной трубы с помощью клинового кольца, расположенного между объективной частью трубы и осью ее вращения.

1.3.3. Определение и исправление место нуля (места зенита) вертикального круга

Отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении зрительной трубы должен быть равен или близок к 0° при горизонтальной или секторной оцифровке, к 90° – при зенитарной оцифровке вертикального круга.

Место нуля М0 (зенита МЗ) вертикального круга определяют визированием на четко видимую, расположенную на горизонте прибора точку при двух положениях круга и взятием отсчетов КЛ и КП по вертикальному кругу.

Расчет М0 (МЗ) для большинства приборов производится по формуле $\text{М0(МЗ)} = \frac{\text{КП} + \text{КЛ}}{2} - 180°$. Другие варианты формул для расчета М0 (МЗ) в зависимости от системы оцифровки круга указаны в инструкциях по эксплуатации на конкретные типы теодолитов (тахеометров).

Задача 3. Определить место нуля вертикального круга для теодолита Т5К при отсчетах по вертикальному лимбу КЛ=180°01′06″, КП=359°59′18″.

Решение:

$$\text{М0} = \frac{(180°01'06''+359°59'18'')}{2} = \frac{540°00'24''-540°}{2} = 12''.$$

Задача 4. Определить место нуля вертикального круга с секторной оцифровкой для теодолита Т5К при отсчетах по вертикальному лимбу КЛ = -2°25′30″, КП = 2°25′48″.

Решение:

$$\text{М0} = \frac{(-2°25'30''+2°25'48'')}{2} = \frac{18}{2} = 9''.$$

Задача 5. Определить место нуля вертикального круга с зенитарной оцифровкой для теодолита 2Т2 при отсчетах по вертикальному лимбу КЛ=90°27′39″,5, КП=269°32′26″,3.

Решение:

$$\text{М0} = \frac{(90°27'39'',5 + 269°32'26'',3)}{2} = \frac{360°00'05'',8}{2} = 2'',9.$$

Изменение места нуля (места зенита) может быть вызвано различными причинами. Основные из них следующие: изменилось положение оси уровня при вертикальном круге, сместилась сетка нитей в вертикальном направлении, нарушилась балансировка маятника компенсатора.

Для исправления в теодолитах 2Т2, 2Т2П, 2Т2А совмещают концы пузырька уровня при вертикальном круге и берут отсчет по микрометру. Вращением маховичка микрометра изменяют отсчет на величину места зенита (при круге слева отсчет должен быть уменьшен).

Вращением наводящего винта уровня точно совмещают изображение штрихов вертикального круга в центральном окне отсчетного микроскопа, после чего юстировочными винтами уровня совмещают концы пузырька уровня. После этого поверку повторяют.

В теодолитах с компенсаторами порядок исправления не отличается от предыдущего, но после внесения в отсчет исправления на величину М*Z* смещение штрихов производят специальным юстировочным винтом или юстировочными винтами сетки нитей.

В теодолитах Т30, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П М0 исправляют смещением сетки нитей зрительной трубы в вертикальном направлении с помощью юстировочных винтов.

Во время измерения вертикальных углов, аналогично коллимации, контролируется соответствие М0 (М*Z*) ранее определенным их

значениям. Допустимое отклонение не должно превышать двойную СКП измерения вертикальных углов используемым прибором.

Причинами превышения упомянутого отклонения при измерениях являются ошибки при измерениях визирования, отсчитывания, а также смещения прибора или визирной цели.

1.3.4. Проверка и исправление оптического центрира

В отъюстированном теодолите визирная ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью вращения.

Для проверки выполнения данного условия теодолит устанавливают на штатив, закрепляют становым винтом и тщательно горизонтируют. Под штатив кладут лист бумаги с нанесенным на ней крестом.

Окуляр оптического центрира устанавливают на резкое изображение перекрестия (или кольца), а перемещением окулярного патрубка добиваются резкого изображения креста, отмеченного на листе бумаги. Передвижением листа в нужном направлении добиваются совмещения креста на листе с центром сетки оптического центрира.

Поворачивают трижды амплитудную часть прибора на 120° и отмечают проекцию центра сетки на листе бумаги. В отъюстированном центрире при повороте алидады изображение выбранной точки должно совпадать с проекцией центра сетки нитей.

Если это условие не выполняется, при помощи отвертки вращают винты, которые изменяют положение оправы сетки центрира. Положение сетки нитей необходимо изменить настолько, чтобы уменьшить вдвое видимое смещение центра сетки относительно изображения выбранной точки. После этого с помощью подъемных винтов заново центрируют и повторяют юстировку до тех пор, пока при вращении алидады не будет смещения проекции центра сетки относительно выбранной точки.

1.3.5. Подготовка нивелиров к работе

Проверку работоспособности нивелира и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании

обращают внимание на исправность всех частей нивелира, отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, элевационного винта и перемещения фокусирующей линзы. Проверяют затяжку всех стопорных и юстировочных винтов. Юстировочные винты должны занимать среднее положение. При проверке нивелира с компенсатором необходимо убедиться, что подвесная система компенсатора и демпфер работают (изменение наклона трубы от горизонтального положения при вращении подъемного винта подставки на полный оборот и по часовой стрелке и против не должно приводить к изменению положения визирной оси трубы).

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого нивелир с контактным уровнем устанавливают на штатив и приводят его в рабочее положение; наводят трубу на рейку (расстояние до рейки 30 ... 40 м) и запоминают отсчет. Затем к головке штатива прилагаются легкие вращательное (вокруг вертикальной оси) и вертикальное (сверху вниз) усилия, после чего опять берут отсчет по рейке. При устойчивом штативе отсчет по рейке не должен отличаться более чем на 0,5 мм для нивелира типа Н-05 и на 1 и 2 мм для нивелиров типа Н-3 и Н-10 соответственно.

1.3.6. Проверка правильности установки цилиндрического и установочного уровней (рекомендуется)

Проверка правильности установки цилиндрического уровня производится следующим образом. Ось цилиндрического уровня располагается параллельно двум подъемным винтам нивелира, и пузырек уровня приводится на середину. Верхняя часть нивелира поворачивается на 90° и третьим винтом пузырек уровня приводится в среднее положение. Затем верхняя часть нивелира поворачивается в том же направлении еще на 90°, т. е. на 180° к первоначальному положению. Если пузырек отклонится от среднего положения, то его перемещают к середине на половину отклонения вертикальными юстировочными винтами уровня, а оставшуюся половину – подъемными винтами нивелира.

Проверка выполняется несколько раз, до соблюдения условия, когда отклонение пузырька от середины при повороте нивелира на 180° не превышает 2 мм.

После юстировки цилиндрического уровня пузырек установочного (круглого) уровня должен находиться в центре круговой шкалы. Если условие не соблюдено, следует выполнить приведение пузырька в центр (нуль-пункт) юстировочными винтами установочного уровня.

Отвесная плоскость, проходящая через ось цилиндрического уровня, должна быть параллельна отвесной плоскости, проходящей через визирную ось.

Для проверки данного условия нивелир устанавливается на расстоянии 40 ... 50 м) от рейки, при этом один подъемный винт подставки должен быть направлен в сторону рейки. Прибор тщательно горизонтируется, и по центру сетки нитей берется отсчет по рейке.

Далее правым и левым подъемными винтами, вращая их на два полных оборота, нивелир наклоняется вправо, а затем влево.

Если при наклонах нивелира концы пузырька контактного уровня расходятся в разные стороны более чем на 2 мм, то уровень приводится на середину с помощью его боковых юстировочных винтов.

1.3.7. Проверка правильности установки сетки нитей (рекомендуемая)

Проверку правильности установки сетки нитей производят для того, чтобы убедиться, что вертикальная нить сетки при среднем положении пузырька уровня совпадает с отвесной линией, а горизонтальная нить сетки перпендикулярна к вертикальной оси нивелира.

На удалении 10 – 15 м от нивелира подвешивают отвес. Приводят нивелир в рабочее положение и наводят вертикальную нить сетки на нить отвеса. Если один конец вертикальной нити сетки отклоняется от нити отвеса более чем на 0,5 мм (определяется при помощи линейки), то установку сетки нитей исправляют. Для этого отвинчивают винты, крепящие окулярную часть, и отсоединяют ее от корпуса трубы, тем самым освобождая доступ к оправе сетки нитей. Ослабив винты, крепящие оправу, их слегка поворачивают в нужном направлении (до совпадения изображения вертикальной нити сетки и нити

отвеса), после чего винты закрепляют и устанавливают на место окулярную часть.

1.3.8. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол *i*)

В полевых условиях определение угла *i* может быть выполнено одним из следующих способов: 1) нивелирование вперед; 2) нивелирование из середины в сочетании с нивелированием вперед; 3) нивелирование с различными плечами.

Количество приемов измерений в любом из способов должно быть не менее трех. За окончательное значение угла принимается среднее арифметическое из трех результатов, если расхождение между ними не превышает 5″. Окончательное значение угла *i* по абсолютной величине не должно быть более 10″ для всех типов нивелиров.

Более точным из перечисленных способов является первый, более оперативным – второй.

Порядок определения угла *i* вторым способом следующий.

На точках 1 и 2, расположенных на взаимном расстоянии 40 – 60 м, устанавливаются рейки (рис. 1.4). Нивелир устанавливают посередине (т. 4) и берут отсчеты по рейкам l_1 и l_2. Переносят нивелир в точку 3, удаленную от точки 2 на 6 – 8 м внутри створа между рейками, и берут отсчеты l'_1 и l'_2 по рейкам. Выполняют не менее трех приемов измерений.

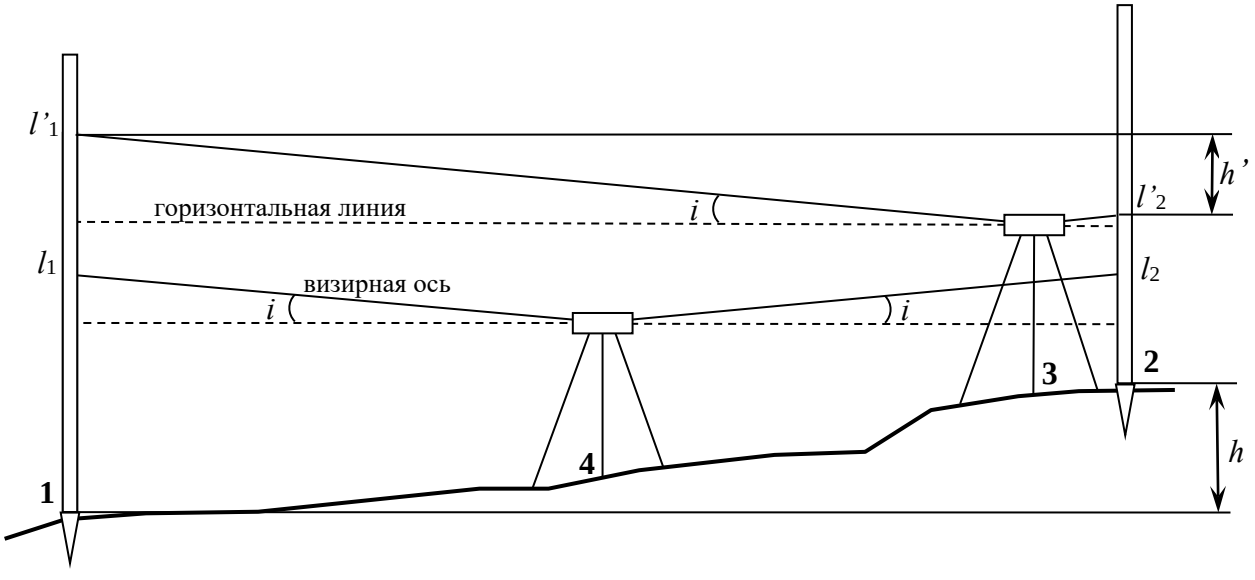


Рис. 1.4. Взаимное расположение нивелира и реек
при определении угла *i*

Значение угла *i* вычисляют по формуле:

$$i = \frac{\left[\left(l_1' - l_2'\right) - \left(l_1 - l_2\right)\right]\rho''}{S_{13} - S_{23}} = \frac{h' - h}{S_{13} - S_{23}}\rho'',$$

где S_{13} – расстояние между точками 1 и 3;

S_{32} – расстояние между точками 3 и 2.

С целью уменьшения возможного искажения результатов измерений за счет неправильного хода фокусирующей линзы расстояние от точки 2 до точки 3 должно быть не менее 6 м.

Задача 6. Определить среднее значение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визированной осью трубы (негоризонтальности визирной оси).

Измерения (отсчеты по рейкам) выполнить в соответствии со схемой, представленной на рис.1.4. Результаты представлены в табл. 1.2.

Решение:

Нивелир Н-3 №1561.

S_{13}=56,5 м; S_{32}=6,0 м.

Таблица 1.2.

Пример записи и решения задачи 6

Номер приема		1	2	3
Превышение, измеренное из середины, нивелир (т. 4)	l_1 l_2 h	1400 1715 -315	1148 1464 -316	1357 1672 -315
Превышение, измеренное при неравноплечии, нивелир (т. 3)	l_1' l_2' h'	1470 1787 -317	1111 1429 -318	1485 1803 -318
	i	**-8,2″**	**-8,2″**	**-12,3″**

$$i_{ср} = -9{,}6''.$$

В приведенном примере угол *i* не превышает нормативного допуска – 10″.

Если среднее из трех приемов значение угла *i* превышает 10″, то необходимо произвести его исправление. Для этого нивелир устанавливается в точке 3 и элевационным винтом наводится на такой отсчет по рейке в т.1, чтобы, в соответствии с приведенным примером, выполнялось условие $l'_1 - l'_2 = 315$ мм. При этом пузырек контактного уровня отклоняется от среднего положения, которое необходимо восстановить с помощью вертикальных юстировочных винтов уровня.

После проведения перечисленных операций повторяется прием поверки.

Для нивелиров с компенсаторами угол *i* исправляется с помощью юстировочных винтов сетки нитей.

1.3.9. Подготовка светодальномера к работе. Методика измерений

Светодальномер в виде отдельного прибора или в составе электронного тахеометра перед полевыми измерениями должен быть проверен на работоспособность в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Так, в соответствии с инструкцией, должны быть подготовлены и при необходимости введены в память прибора данные для учета различных поправок в результаты измерений.

После введения поправок может быть определена постоянная поправка светодальномера по трехштативному методу измерения длины. Эта поправка учитывает смещение центра призмы отражателя относительно точки его центрирования. Используется один отражатель. Схема измерений приведена на рис. 1.5.

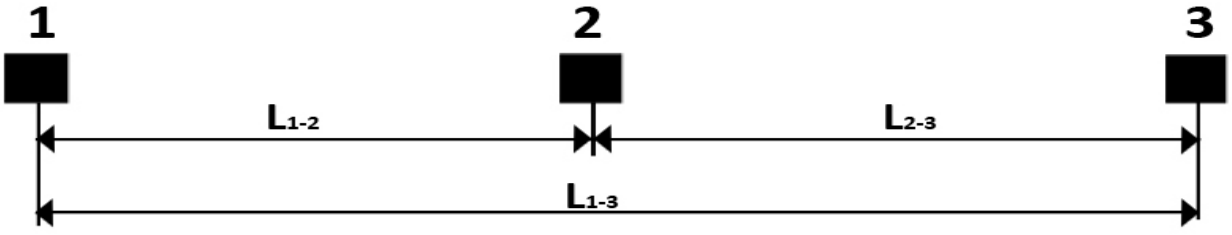


Рис. 1.5. Схема измерений расстояний при определении постоянной поправки светодальномера по трехштативному способу

Задача 7. Определить постоянную поправку светодальномера при $L_{1\text{-}3}$ = 205,585 м, $L_{1\text{-}2}$ = 102,356 м, $L_{2\text{-}3}$ = 103,225 м.

Решение:

$$K_{\text{П}} = \frac{L_{1-3} - (L_{1-2} + L_{2-3})}{2} = \frac{205{,}585 - (102{,}356 + 103{,}225)}{2} = \frac{4}{2} = +2 \text{ мм}.$$

Значение поправки учитывается в результатах измерений со своим знаком, как систематическая погрешность.

1.3.10. Компарирование металлической рулетки

Металлические рулетки, предназначенные для измерения длин сторон теодолитных ходов опорных и съемочных сетей, должны быть прокомпарированы на стационарном компараторе. Компаратор представляет собой металлическую балку, закрепленную на кронштейнах, установленных в стену здания. Относительная погрешность компарирования металлической рулетки не должна превышать 1:15000 [1].

Методика компарирования – это сравнение длины рулетки с эталонной длиной контрольной линейки или длиной компаратора, которые определены с относительной погрешностью не ниже 1:50 000.

Для выполнения лабораторных работ компарирование рулетки выполняется на стационарном компараторе, представляющем собой металлическую балку, укрепленную на кронштейнах в стене учебного здания.

Задача 8. **Методика компарирования 30-метровой рулетки**

Приборы и оборудование: компаратор, рулетка, контрольная линейка, термометр, груз.

Рулетка укладывается на компаратор, один конец ее закрепляется при помощи струбцины, а к другому (нулевой) при помощи проволоки, пропущенной через блок, подвешивается груз, равный 10 кг. Контрольная линейка укладывается на полотно рулетки, начиная с начального метрового интервала. Отсчеты берутся по контрольной линейке относительно штрихов метрового интервала рулетки с точностью отсчитывания до 0,1 наименьшего деления. Наименьшая цена деления контрольной линейки равна 0,2 мм, т. е. точность отсчета равна 0,02 мм.

Наблюдатели через увеличительные лупы берут два отсчета по правому срезу метровых штрихов рулетки в целых миллиметрах и долях наименьшего деления контрольной линейки (табл. 1.3).

Затем для контроля делают сдвиг контрольной линейки и берут вторую пару отсчетов. Длина метрового интервала рулетки вычисляется для каждого положения контрольной линейки. Разность в длине интервала из двух положений не должна превышать 0,06 мм. При большей величине вышеуказанной разности отсчеты повторяются при новом сдвиге контрольного метра. Компарирование рулетки проводится в прямом и обратном направлениях на полную ее длину.

Таблица 1.3

Компарирование рулетки № 57 контрольно-измерительной линейкой завода "Аэрогеоприбор" № 1061
Уравнение линейки $L = 1000 + 0{,}02 + 0{,}0185$ ($t = 20°$)
Наблюдатели: 1) Ларионова Л. А. 2) Мулин В. И., записывающий Кремлев В. Г.

Интервалы рулетки	Правый конец			Левый конец			Разность отсчетов, мм	Средняя длина интервала, мм	Температура, град
	целые миллиметры	доли		целые миллиметры	доли				
		деления линейки	мм		деления линейки	мм			
0 - 1	1003	2,4	0,48	3	1,8	0,36	1000,12	1000,11	22
	1005	4,4	0,88	5	3,9	0,78	1000,10		
1 - 2	1001	3,3	0,66	1	4,2	0,84	999,82	999,84	
	1006	2,5	0,50	6	3,2	0,64	999,86		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29 –30	1004	2,4	0,48	4	1,8	0,36	1000,12	1000,11	22
	1006	2,4	0,88	6	3,9	0,78	1000,10		

В процессе компарирования измеряют температуру воздуха с точностью до 0,1 °С. Измерение температуры производится в начале, середине и конце прямого хода, в середине и конце обратного хода.

Обработка результатов компарирования рулетки производится в последовательности, указанной в табл. 1.2. В колонки 2 и 3 выписывают из полевого журнала (см. табл. 1.4) средние значения метровых интервалов из прямого и обратного ходов, а в колонку 4 – среднюю температуру компарирования. Рассчитывают: среднюю длину каждого интервала (колонка 5), поправки (колонки 6 – 9), исправленную длину интервала (колонка 10), длину рулетки от начального интервала (колонка 11) и поправку за компарирование (колонка 12).

Далее определяют точность компарирования рулетки, для чего находят разность в длине рулетки из прямого ($\sum l_{\text{пр}}$) и обратного ($\sum l_{\text{обр}}$) ходов:

$$\Delta l = \sum l_{\text{пр}} - \sum l_{\text{обр}} = 30003{,}0 - 30001{,}5 = 1{,}5 \text{ мм}.$$

Эта разность, отнесенная к длине рулетки, определит точность

компарирования, величина, которой должна быть менее 1:15000. В противном случае полевые работы повторяют. Поправку за контрольную линейку берут из уравнения контрольной линейки. Уравнение контрольной линейки № 1061, мм:

Таблица 1.4

Ведомость обработки компарирования

Рулетка № 5 Дата вычисления: «29» мая 2014 г. Вычислил: _____

Интервалы рулетки	Длина интервала, мм		Средняя температура, град	Средняя длина интервала, мм	Поправки, мм				Исправленная длина интервала, мм	Длина рулетки от нулевого штриха, мм	Поправка за компарирование, мм
	прямой ход	обратный ход			за контр. метр	за температуру контр. метра	за приведение рулетки к 20 °С	суммарная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	1000,11	1000,09	+22°	1000,10	+0,02	+0,04	-0,02	+0,04	1000,14	1000,2	+0,2
1-2	999,84	999,88	+22°	999,86	+0,02	+0,04	-0,02	+0,04	999,9	2000,1	+0,1
28-29	999,96	999,98	+23°	999,97	+0,02	+0,06	-0,04	+0,04	1000,01	29002,7	+2,7
29-30	999,04	999,07	+23°	999,06	+0,02	+0,06	-0,04	+0,04	999,04	30001,8	+1,8

$$f_к = \frac{1{,}5}{30000} = \frac{1}{20000} \langle \frac{1}{15000}$$

$$L = 1000{,}02 + 0{,}0185\ (t° - 20°)\ .$$

Длина контрольной линейки, определенная на заводе при температуре 20 °С, равна 1000,02 мм. Поправка за контрольную линейку равна +0,02 мм. Поправку за температуру компарирования (колонка 7, см. табл. 1.2) вычисляют по формуле, мм:

$$\Delta l_t = 0{,}0185\left(t° - 20°\right),$$

где 0,0185 – коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлена контрольная линейка; $t°$ – температура компарирования рулетки из колонки 4, град; 20° – температура, при которой определена длина контрольной линейки на заводе.

Поправку за приведение рулетки к 20° (колонка 8) вычисляют по формуле, мм:

$$\Delta l_{20} = 0{,}0125\left(20° - t°\right),$$

где 0,0125 – коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена рулетка; $t°$ – температура компарирования рулетки, град.

В колонке 9 определяют суммарные поправки в средние длины метровых интервалов рулетки.

В колонке 10 производят вычисление исправленных длин метровых интервалов рулетки.

В колонке 11 определяют длину рулетки от начального штриха.

В колонке 12 вычисляют поправки за компарирование, округленные до десятых долей мм.

1.4. Маркшейдерская подземная теодолитная съемка (подземная полигонометрия)

Подземная теодолитная съемка (подземная полигонометрия) – система пунктов, местоположение которых определяется посредством измерения углов и длин сторон. Различают теодолитные хода: вытянутый – точки хода расположены близко к прямой линии; висячий – начинается от исходного пункта и стороны и не примыкает к исходному пункту и стороне; замкнутый – начинается от исходного пункта и исходной стороны и примыкает к ним же (замкнутый многоуголь-

ник); двойной – прокладывается по одним и тем же точкам в прямом и обратном направлениях; разомкнутый – начинается от известного пункта и стороны и заканчивается на другом известном пункте и стороне; с потерянными точками – прокладывается между известными маркшейдерскими пунктами (не менее трех) в начале и в конце хода, без закрепления промежуточных пунктов [2].

Маркшейдерская подземная теодолитная съемка выполняется с целью определения плановых координат и высотных отметок системы пунктов, расположенных в горных выработках, и является плановой и высотной основой маркшейдерских съемок, а также используется для аналитического решения задач, возникающих в процессе работы горного предприятия (задание направления горных выработок, проведение сбоек, определение объемов горной массы и др.) Подземная теодолитная съемка осуществляется путем проведения теодолитных ходов по горным выработкам.

Маркшейдерская подземная теодолитная съемка в шахте включает такие операции как: рекогносцировка участка съемки, закрепление пунктов теодолитного хода в горных выработках; измерения горизонтальных и вертикальных углов; измерения длин сторон хода; съемки контуров горных выработок и других объектов; камеральная обработка результатов съемки.

Как правило, при выполнении теодолитной съемки опорных и съемочных сетей определение плановых координат и высотных отметок производится с одних и тех же пунктов.

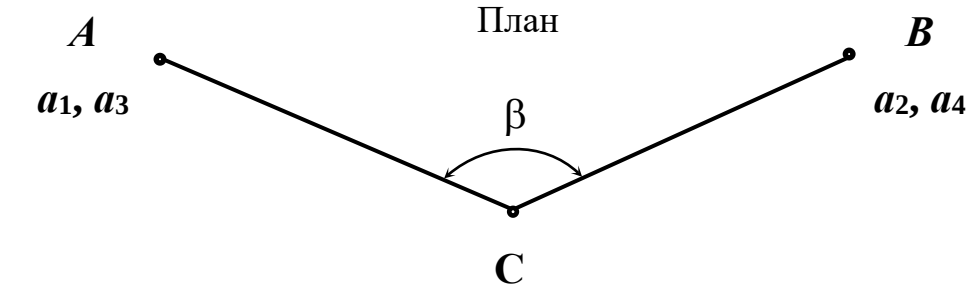
1.4.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в подземной полигонометрии

Измерение горизонтальных углов проводится способом приемов и круговых приемов. Особенностью измерения углов при подземной съемке является центрирование инструмента под точкой с помощью шнурового отвеса, так как в большинстве случаев маркшейдерские пункты закреплены в кровле горной выработки. Точность центрирования с помощью шнурового отвеса 1-1,5 мм.

В качестве визирных целей (сигналов) на закрепленные в кровле маркшейдерские пункты подвешивают также шнуровые отвесы.

При измерении угла способом приемов необходимо соблюдать следующий порядок действий:

1. В точке *C* (рис. 1.6) устанавливают (центрируют и горизонтируют) угломерный инструмент (теодолит, тахеометр). В точках *A* и *B* подвешивают отвесы или устанавливают сигналы. Точность центрирования отвеса (мм) и сигналов 1 - 2 мм.



Проекция на вертикальную плоскость

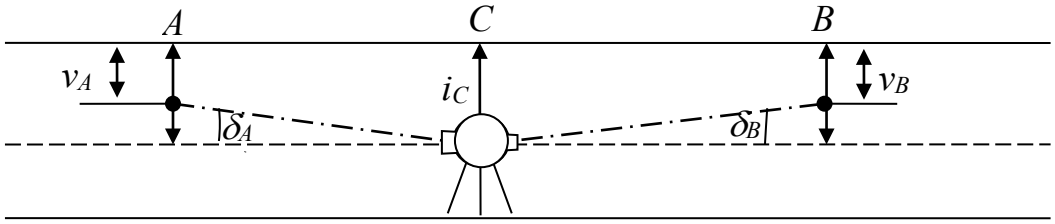


Рис. 1.6 Измерение горизонтального угла теодолитного хода

2. Визируют (наводят трубу инструмента) при КЛ на заданную точку *A* и берут отсчет по горизонтальному кругу лимба a_1. Отсчет a_1 устанавливают юстировочным винтом, близким 0° (+2 – 5').

3. Визируют на переднюю точку *B* и берут отсчет a_2.

4. Переводят зрительную трубу инструмента через зенит, визируют на заднюю точку *A* при КП и берут отсчет a_3.

5. Визируют на переднюю точку *B* при КП и берут отсчет a_4.

Значение угла из одного полуприема вычисляют по формулам:

$$\beta_{кл} = a_2 - a_1; \quad \beta_{кп} = a_4 - a_3.$$

Значение угла и коллимационная погрешность теодолита из одного приема:

$$\beta = \frac{\beta_{кл} + \beta_{кп}}{2} = \frac{(a_2 - a_1) + (a_4 - a_3)}{2};$$

$$c = \frac{\beta_{кл} - \beta_{кп}}{2},$$

где $\beta_{кл}, \beta_{кл}$ – значения угла при круге слева (КЛ) и справа (КП), соответственно; c – коллимационная погрешность.

При измерении угла n приемами значение угла определяется, как среднее арифметическое из n приемов. Каждый последующий прием выполняется аналогичным образом. Начальный отсчет второго и последующих приемов устанавливают близким величине

$$a_1 = \frac{180°}{n},$$

где n – число приемов.

На пунктах с тремя и более направлениями углы измеряют способом кругового приема – «замыкания на горизонт».

При измерении углов способом круговых приемов, который приведен в разделе 2.2, порядок действий повторяется, как и при измерении способом приемов, с дополнительным визированием на заднюю точку. Пример записи измерений и расчеты углов приведены в табл. 1.5.

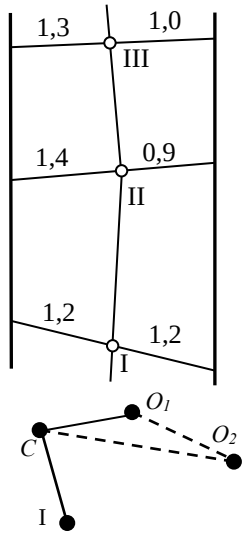
Вертикальные углы (углы наклона сторон δ) подземного теодолитного хода измеряют одновременно с измерением горизонтальных углов в прямом и обратном направлениях, на фиксированные точки сигналов, (см. рис. 1.6) с обязательным измерением высоты инструмента (i_C) и сигналов (v_A, v_B).

Таблица 1.5

Пример записи измерений углов и длин линий теодолитного хода

Дата *21.02.2014* Объект *Учебный корпус IV, 4 этаж Бригада № 1* t = + 20°С

Инструмент *Vega Teo 15 B* Исполнитель *Иванов*

Номера пунктов стояния, визирования		Отсчеты по лимбу теодолита																Номера точек теодолитного хода	Отсчеты по рулетке, мм						Номера точек теодолитного хода	Абрисы, примечания
		горизонтальный круг									вертикальный круг								ход "ПРЯМО"			ход "ОБРАТНО"				
Инстр.	Визир. целей	КЛ КП			2С	КЛ+(КП+180°) 2			Направления или углы			КЛ КП			2МО	Углы											
		°	′	″	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	″	°	′	″		П	З	П - З	П	З	П - З		
II	I	00 00 56			+2	00 00 55						Способ приемов							I-II	21489	35	21454	21502	47	21455	I-II	
		180 00 54							165 07 02											21493	37	21456	21530	76	21454		
	III	165 07 55			-4	165 07 57															ср	21455		ср	21454		
		345 07 59							165 07 04										I-II	ср (пр, обр)					21454	I-II	
II	I	90 01 56			+6	90 01 53													II-III	25175	26	25149	25177	30	25147	II-III	
		270 01 50							165 07 06											25192	43	25149	25187	38	25149		
	III	255 08 58			-2	255 08 59															ср	25149		ср	25148		
		75 09 00																	II-III	ср (пр, обр)					25148	II-III	
	I	00 03 11			+4	-2						Способ круговых приемов															
		180 03 07				00 03 09			00 00 00																		
	O_1	262 07 33			-2	262 07 32																					
C		82 07 31							262 04 25																		
	O_2	262 59 32			+6	262 56 35																					
		80 59 38							262 53 28																		
	I	00 03 06			-1	+1																					
		180 03 07				00 03 06			——																		

1.4.2. Измерения длин сторон теодолитных ходов в подземной полигонометрии

Измерение длин сторон теодолитного хода, как правило, выполняют одновременно с измерением углов. Длины сторон в подземных опорных и съемочных сетях измеряют электронными приборами, стальными рулетками, обеспечивающими необходимую точность [1, 2], при выполнении съемок очистных выработок и замеров – тесьмяными рулетками.

При измерении длин сторон стальной рулеткой выполняется натяжение её с усилием, равным 10 кг. Силу натяжения фиксируют пружинным динамометром. Отчеты при измерении интервалов линий берут с точностью до 1 мм. Каждый интервал измеряют не менее двух раз. Второе и последующие измерения интервала выполняют при смещении рулетки. Расхождение между двумя измерениями интервала не должно превышать ± 2 мм или не ниже 1: 3000. Каждая сторона теодолитного хода должна быть измерена независимо дважды в прямом и обратном направлениях. Разность между прямым и обратным направлениями не должна превышать 1:3000 длины измеренной стороны. Пример записи измерений длин см. табл.1.5.

За окончательный результат принимают в начале среднее арифметическое значение из двух измерений интервала, а затем среднее арифметическое из прямого и обратного направлений измеренной длины.

Длины сторон в подземных теодолитных ходах чаще всего измеряют металлической рулеткой на весу. Например, между точками *A*, *B* и *C* требуется измерить расстояние (рис. 1.7).

Для этого в точке *A* устанавливают теодолит, в точке *B* подвешивают шнуровой отвес. Если сторона горизонтальна, то на шнуре отвеса удобно отметить горизонт инструмента. Если сторона наклонная, то на шнуре отвеса в точке *C* отмечают точку визирования при измерении угла наклона стороны δ.

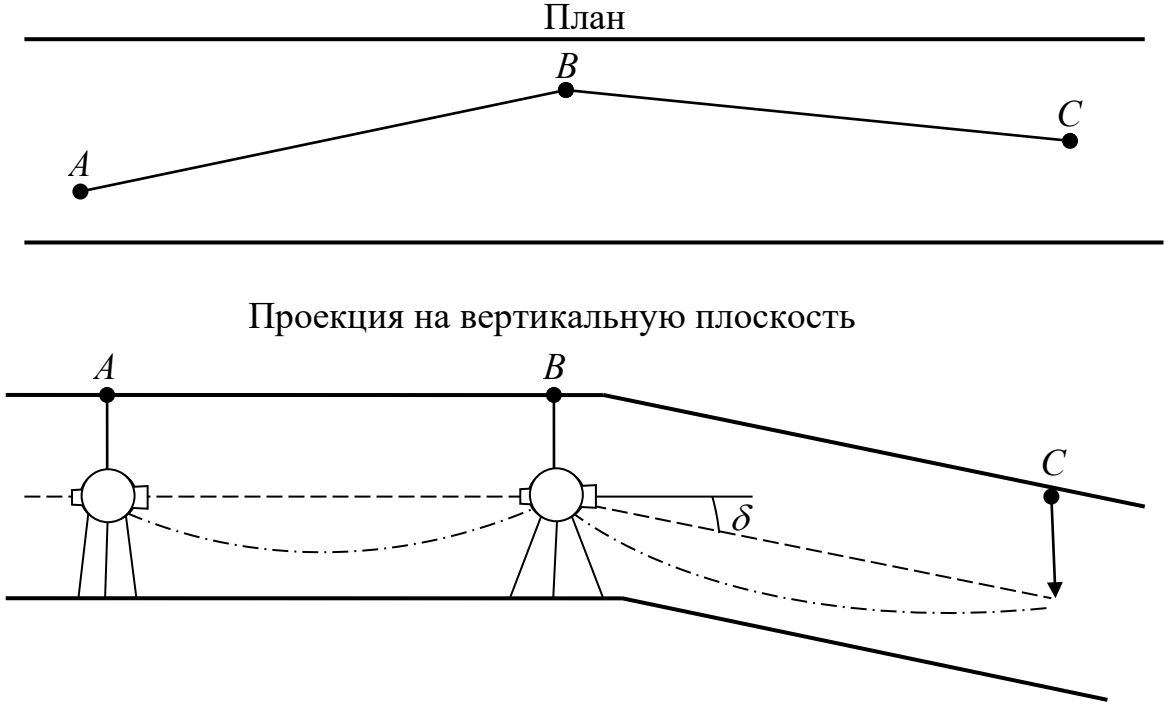


Рис. 1.7. Измерение длин сторон теодолитного хода рулеткой на весу

1.4.3. Съемка подробностей (контуров) в подземных горных выработках

Съемка подробностей контура подземной горной выработки в шахте производтся от пунктов и сторон теодолитного хода опорных или съемочных сетей. Объектами съемки являются контуры горных выработок, инженерные сооружения, геологические особенности и другие подробности, связанные с технологией проходки горных выработок.

Съемка подробностей проводится способом ординат, полярным способом, ультразвуковым, способом светопрофиля и лазерным сканированием.

В программе лабораторных работ предусмотрен способ ординат и полярный для съемки границ учебного полигона. Пример записи см. в табл. 1.5.

Решение задач по разделу 1.4

Задача 1. **Маркшейдеская подземная теодолитная съемка (подземная полигонометрия). Опорные сети**

Задача включает:

- прокладку теодолитного хода – измерение углов и длин на

учебном полигоне по пунктам, закрепленных в потолке, т. е. в кровле (рис. 1.7);

- съемку подробностей (контура учебного полигона);

- камеральную обработку – определение угловой и линейной невязок, уравнивание хода и расчет координат пунктов теодолитного хода.

Исходные данные: дирекционные углы начальной стороны и координаты пунктов опорной сети:

полигон № 1

$\alpha_{1\text{-}2} = 75°55'55''$; $X_1 = 640720{,}200$ м; $Y_1 = 6125312{,}050$ м;

полигон № 2

$\alpha_{6\text{-}7}=70°30'30''$; $X_6 = 640710{,}100$ м; $Y_6 = 6125350{,}040$ м.

Требуется измерить по точкам в кровле:

полигон № 1

горизонтальные углы β_1, β_2, ... β_5;

горизонтальные линии – d_1, d_2, ... d_5;

полигон № 2

горизонтальные углы – β_6, β_7, … β_{10};

горизонтальные линии – d_6, d_7, … d_{10};

Методика измерений:

- горизонтальные углы измеряются двумя приемами. Допустимое расхождение между приемами $1{,}5t$, где t – точность отсчитывания прибора (теодолита), но не более $45''$;

- горизонтальные линии измеряются металлической рулеткой на весу с натяжением 10 кг с точностью отсчитывания 1 мм, дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Допустимое расхождение между измерениями $\pm$ 2 мм, или 1:3000. Направление хода указано стрелкой (см. рис. 1.8).

В расчеты принимаются среднеарифметические значения измеренных углов и длин.

Камеральная обработка результатов измерений

Требуется определить: координаты пунктов теодолитного хода.

полигон № 1 – $X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4, X_5, Y_5$;

полигон № 2 – $X_7, Y_7, X_8, Y_8, X_9, Y_9, X_{10}, Y_{10}$.

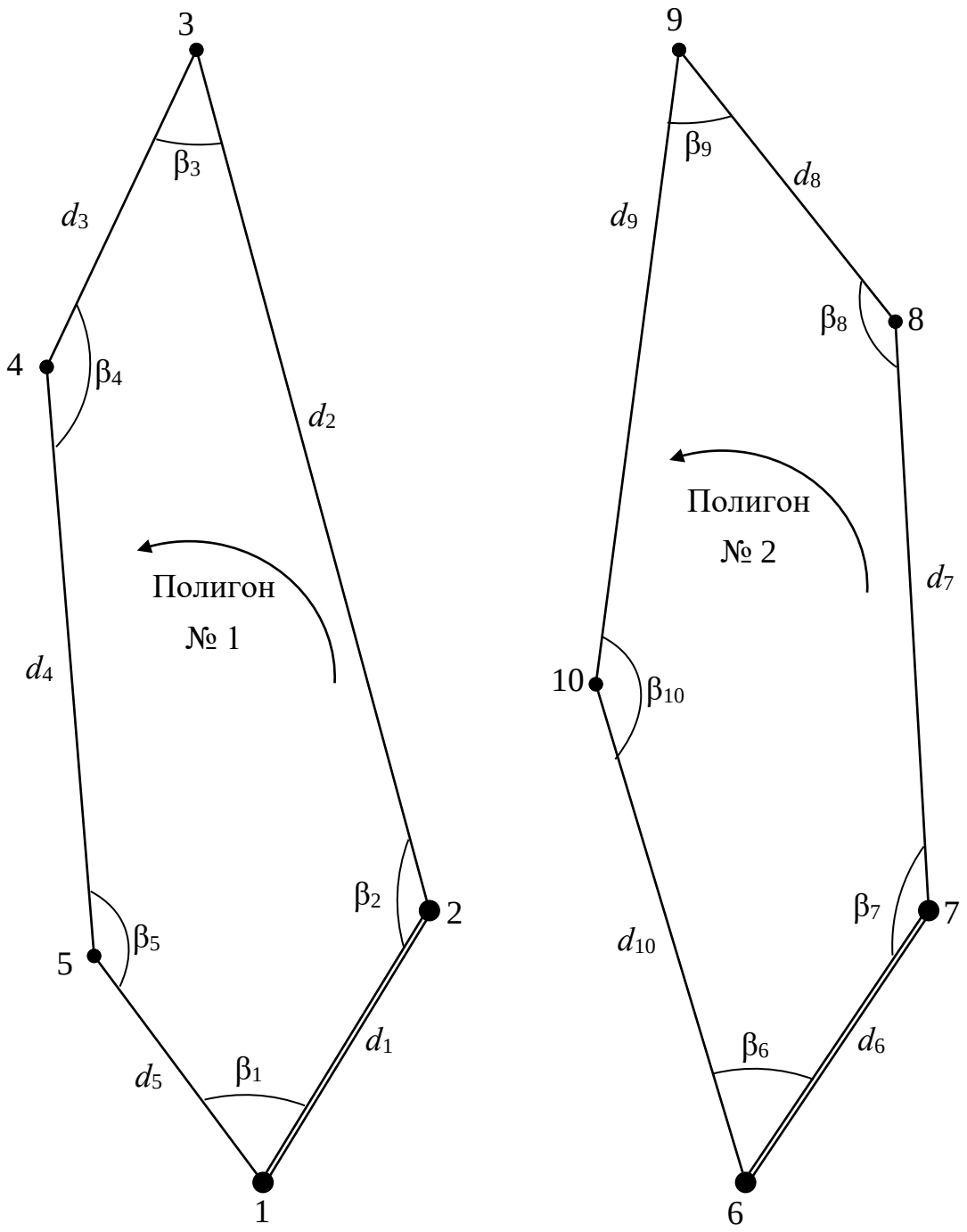


Рис. 1.8. Замкнутый полигон теодолитного хода:

═══ исходные стороны опорных сетей

β – горизонтальные углы;

d – горизонтальные линии

Методика вычислений:

1) рассчитывается угловая невязка хода

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор};$$

$\sum \beta_{теор} = 180^\circ(n-2)$ – внутренние углы;

$\sum \beta_{теор} = 180^\circ(n+2)$ – внешние углы;

$$f_\beta \le f_{доп};$$

$$f_{доп.} = 2m_\beta \sqrt{n},$$

где n – число измеренных углов в полигоне, m_β – среднеквадратическая погрешность измерения горизонтальных углов, m_β = 20″;

2) при соблюдении условия $f_\beta \le f_{доп}$ угловая невязка f_β распределяется с обратным знаком во все углы полигона поровну;

3) после распределения угловой невязки, решая прямую геодезическую задачу, рассчитывают дирекционные углы всех сторон полигона, приращения координат точек вершин хода и линейные невязки, м:

$$f_X = \sum_{i=1}^{n} \Delta X_i, \quad f_Y = \sum_{i=1}^{n} \Delta Y_i,$$

$$f_{абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}; \quad f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{f_{абс}}{\sum d_i};$$

$$f_{отн} \le f_{доп} \le \frac{1}{3000},$$

где f_X, f_Y – линейные невязки хода, м; P – периметр полигона, м; $f_{отн}$, $f_{доп}$ – относительная и допустимая невязки хода; d_i – горизонтальное проложение сторон полигона, м;

4) при соблюдении условия $f_{отн} \le f_{доп} \le \frac{1}{3000}$ линейные невязки f_X, f_Y распределяются в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон:

$$\delta_{X_i} = -\frac{f_X}{P} \cdot d_i; \qquad \delta_{Y_i} = -\frac{f_Y}{P} \cdot d_i;$$

5) после уравнивания (распределения линейной невязки) выполняется расчет координат всех вершин полигона. Вычисление дирекционных углов и координат вершин проводится по известным из курса геодезии формулам (решение прямой геодезической задачи):

$$X_{i+1} = X_i + d_i \cos\alpha_i; \qquad Y_{i+1} = Y_i + d_i \sin\alpha_i,$$

где X_i; X_{i+1}; Y_i; Y_{i+1} – координаты исходного и искомого пунктов, соответственно;

d_i – горизонтальная длина стороны;

α_i – дирекционный угол исходной стороны;

α_{i+1} – дирекционный угол искомой стороны;

$\beta_Л$, $\beta_П$ – горизонтальные углы соответственно левый и правый,

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_Л - 180° = \alpha_i - \beta_П + 180°.$$

Пример расчета координат точек вершин полигона представлен в табл. 1.6.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 1

Задача 1. Определить, на каком расстоянии от экватора, в какой зоне и на каком расстоянии от меридиана находится точка *A,* если дано:

$X_A = 5057 + N$, км; $Y_A = 3575 + N$, км,

где N – номер варианта, км.

Задача 2. Определить X_C; Y_C , если дано:

$X_B = 5180{,}000$ м + N; $Y_B = 2370{,}000$ м + N; $d_{BC} = 200{,}000$ м;

$\alpha_{BC} = 70^o47'47'' + N^o + N' + N''$,

где N – номер варианта, м, град, мин, сек.

Задача 3. Определить дирекционный угол α_{BC} и горизонтальное расстояние d_{BC}, если дано:

$X_B = 5180{,}000$ м + N; $Y_B = 2370{,}000$ м + N;

$X_C = 5245{,}785 + N$; $Y_C = 2558{,}871 + N$,

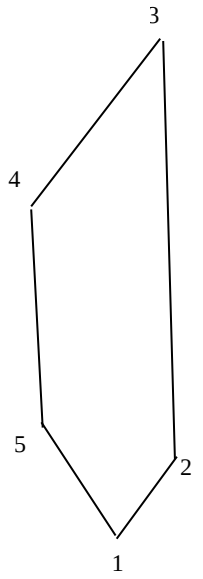
где N – номер варианта, м.

Таблица 1.4

Пример расчета координат пунктов теодолитного хода

Полигон № 1

Точки стоян.	Точки набл.	Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы измеренные ° ' "	Горизонтальные углы исправленные ° ' "	Дирекционные углы ° ' "	Приращения ΔY	Приращения ΔX	Координаты Y	Координаты X	Номер пунктов	Эскиз
						в метрах					
1						-2		6125 312,050	640 720,200	1	
	2	24,882			75 55 55	24,136	6,048	336,184	726,248	2	
2	1		+10			-2					
	3	26,913	179 52 51	179 53 01	75 48 56	26,093	6,595	362,275	723,843	3	
3	2		+9			-1					
	4	17,275	4 29 12	4 29 21	260 18 17	-17,028	-2,909	345,246	729,934	4	
4	3		+9			-1					
	5	16,044	175 53 38	175 53 47	256 12 04	-15,581	-3,827	329,664	726,107	5	
5	4		+9			-1					
	1	18,577	175 15 27	175 15 36	251 27 40	-17,613	-5,907	312,050	720,200	1	
1	5		+9								
	2		4 28 06	4 28 15	75 55 55						
		P = 103,691 м	f_β = - 46"			f_Y =0,007	f_X =0,000				



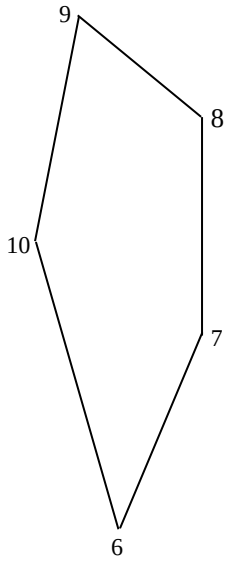
$$f_{\text{доп}} = 2m_\beta\sqrt{n} = 90'', \quad f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = 7 \text{ мм}; \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\text{P}} = \frac{7}{103691} = \frac{1}{14813} \le \frac{1}{3000}; \; f_{\text{доп}} = \frac{1}{3000}.$$

Окончание таблицы 1.4

Пример расчета координат пунктов теодолитного хода

Полигон № 2

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
6						+1		6125 350,04	640 710,100	6	
	7	17,182			70 30 30	16,197	5,733	366,238	715,833	7	
7	6		+2	176 52 57							
	8	16,990	176 52 55		67 23 27	15,684	6,532	381,923	722,365	8	
8	7		+2	176 28 40							
	9	17,163	176 28 38		63 52 07	15,409	7,559	397,332	729,925	9	
9	8		+2	4 05 28		+1	+1				
	10	26,913	4 05 26		247 57 35	-24,946	-10,099	372,387	719,826	10	
10	9		+3	178 31 15		+1					
	6	24,372	178 31 12		246 28 50	-22,347	-9,726	350,040	710,100	6	
6	10		+2	4 01 40							
	7		4 01 38		70 30 30						
		P = 10,620 м	f_β = - 11"			f_Y = -0,003	f_X = -0,001				



$$f_{\text{доп}} = 2m_\beta\sqrt{n} = 90'', \quad f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = 3{,}1 \text{ мм}; \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\text{P}} = \frac{3{,}1}{102620} = \frac{1}{33103} \le \frac{1}{3000}; \quad f_{\text{доп}} = \frac{1}{3000}.$$

Задача 4. Определить дирекционный угол α_{BC}, если дано:

$\alpha_{AB} = 43^{o}25'35'' + N^{o} + N' + N''$,

$\beta_{Л} = 177^{o}52'43'' + N^{o} + N' + N''$,

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Задача 5. Выполнить проверку и подготовку приборов, согласно разделу 1.3.

Задача 6. Выполнить компарирование рулетки и рассчитать поправки за компарирование метровых интервалов рулетки, если дано: длина рулетки 30 м, уравнение контрольной рулетки L = 1000,02 + + 0,0185 ($t°$ - 20°).

Задача 7. Пройти теодолитный ход и рассчитать координаты пунктов (см. рис. 1.8 и табл. 1.6), если дано:

полигон №1: $\alpha_{1\text{-}2} = 75^{o}55'55'' + N$; X_1 = 640720,200 м; Y_1 = 6125312,050 м;

полигон №2: $\alpha_{6\text{-}7} = 70^{o}30'30'' + N$; X_6 = 640710,100 м; Y_6 = 6125350,040 м,

где N – номер варианта, град, мин, сек.

2. ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ

2.1. Общие положения

Ориентирно-соединительная съемка является ответственной маркшейдерской задачей, в результате которой должны быть найдены плановые координаты (X и Y) первого пункта и дирекционный угол (α) первой стороны подземной маркшейдерской опорной сети в системе координат, принятой на земной поверхности. Определение плановых координат первого пункта опорной подземной маркшейдерской сети принято называть **центрированием** опорной подземной сети, а определение дирекционного угла первой стороны – **ориентированием** подземной сети.

Практическое значение ориентирно-соединительной съемки весьма велико. Без надлежащей ориентировки не может быть безопасного и технически правильного ведения горных работ. Ориенти-

ровка, как это принято называть у маркшейдеров-производственников, является основой решения ответственных задач практической маркшейдерии.

На всех этапах развития маркшейдерии, уделялось особое внимание вопросам ориентирования, поскольку составление планов земной поверхности горного предприятия и планов подземных горных работ в единой системе координат обеспечивает взаимное совмещение как всей съемки в целом, так и отдельных ее частей. Такое совмещение позволяет определить местоположение любого участка подземных горных работ относительно земной поверхности. Точность определения положения подземных выработок зависит от точности способов ориентирования.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения различают три основных вида ориентировки: через один вертикальный ствол; через два вертикальных ствола, соединенных между собой горными выработками на ориентируемом горизонте; через наклонный ствол или штольню.

Последний вид ориентировки не требует особых комментариев и выполняется известными методами геодезии – прокладка разомкнутых теодолитных ходов. Особое внимание заслуживает ориентировка через вертикальные стволы.

Современная маркшейдерия поставленные задачи решает двумя способами: геометрическим и гироскопическим ориентированием [1].

В учебном пособии предусмотрено решение задач по ориентированию через один и два вертикальных ствола геометрическим способом и с использованием гирокомпаса.

Учитывая ответственность указанных видов работ, в Инструкции [1] предусматривают двукратное независимое ориентирование, выполненное одним или разными методами.

Расхождение в результатах ориентирования одной и той же стороны не должно превышать 3'. За окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух результатов.

Гироскопический способ ориентирования рекомендуется применять во всех случаях. Среднеквадратическая погрешность гироскопического ориентирования не должна превышать ±30″.

Геометрическое ориентирование применяют при глубине шахтного ствола не более 500 м.

Центрирование сети, передача плановых координат в шахту через вертикальный ствол выполняют как при гироскопическом, так и

при геометрическом ориентировании с помощью отвесов.

Координаты отвесов на земной поверхности определяют от опорных геодезических сетей проложением подходного полигона. Количество сторон от исходных пунктов до отвесов – не более трех.

Производство данных видов ориентировок *включает три основных этапа*: проектирование точек с земной поверхности на ориентируемый горизонт в шахту; примыкание (измерение) к проектируемым точкам на земной поверхности и к их проекциям на ориентируемом горизонте в шахте; вычисление ориентировки.

2.2. Геометрический способ ориентирования

Задача 1. Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку

Работа выполняется в учебном здании университета на специально оборудованном учебном полигоне с закрепленными маркшейдерскими пунктами в почве (в полу) – земная поверхность и в кровле (в потолке) – ориентируемый горизонт горной выработки.

При ориентировании через одну вертикальную выработку (ствол) необходимо руководствоваться следующими положениями:

1) расстояние между отвесами должно быть максимальным;

2) соединительный треугольник для решения задачи примыкания к отвесам должен быть наиболее выгодной формы, при которой неизбежные ошибки измерений оказывают минимальное влияние на точность решения задачи примыкания – это значит, что острые углы в соединительном треугольнике должны быть не более 2-3°.

Методические указания по выполнению ориентирно-соединительной съемки

Проектирование координат и дирекционного угла с земной поверхности на ориентируемый горизонт выполняется с помощью двух отвесов $O_С$ и $O_Ю$ (рис. 2.1, а, б).

На земной поверхности и на ориентируемый горизонт измеряются:

– горизонтальные углы γ, δ, θ в примычной точке *C*, горизонтальные длины *a*, *b*, *c* соединительного треугольника на земной поверхно-

сти, γ_1, δ_1, θ_1 в точке C_1 и a_1, b_1, c_1 соединительного треугольника в шахте (см. рис. 2.1, а, схема 1);

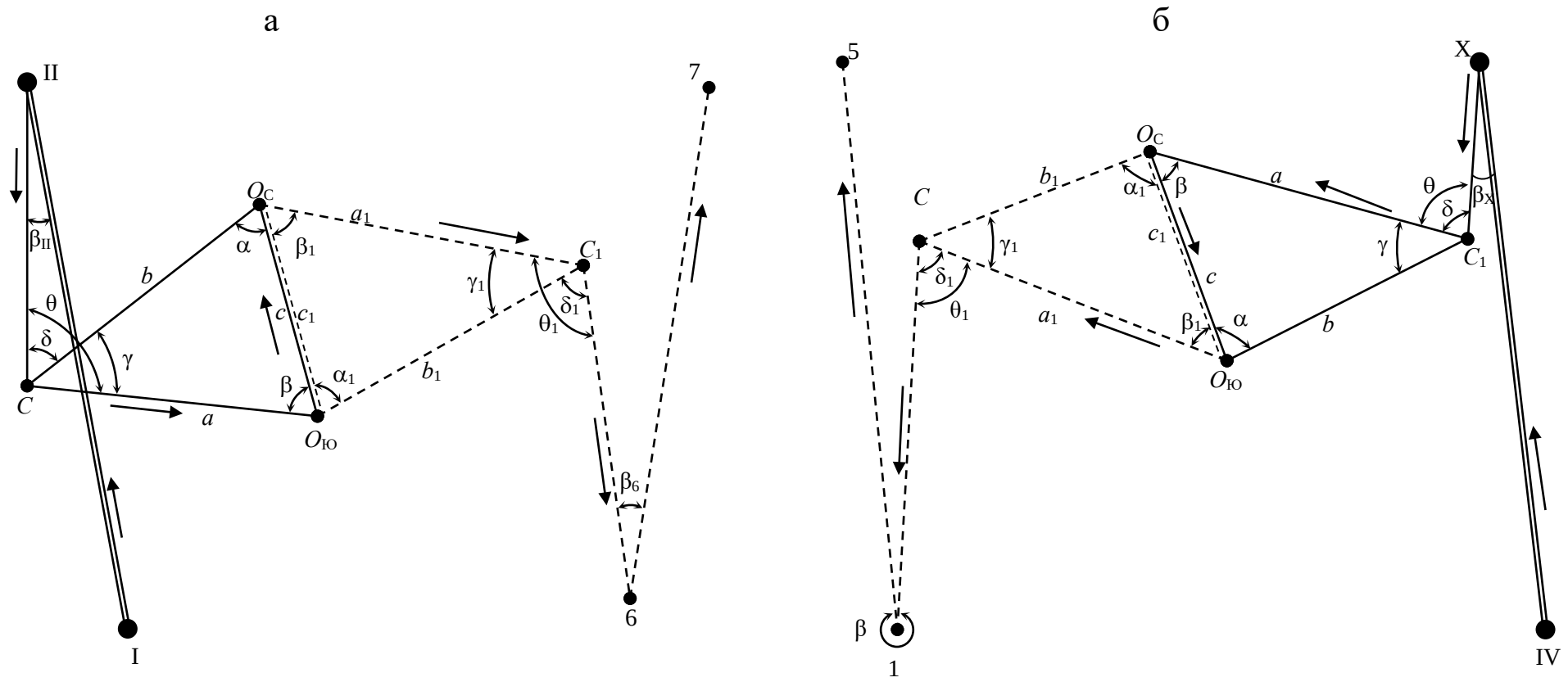


Рис. 2.1. Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку
а – схема 1; б – схема 2;

теодолитный ход на земной поверхности, пункты заложены в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, пункты заложены в кровле (в потолке);

исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);

направление вычисления ориентировки

– горизонтальные углы γ, δ, θ в примычной точке C_1, горизонтальные длины *a*, *b*, *c* соединительного треугольника на земной поверхности, γ_1, δ_1, θ_1, a_1, b_1, c_1 соединительного треугольника в шахте (см. рис. 2.1, б, схема 2).

Измерение углов производится тремя круговыми приемами, допустимая невязка между приемами ±10". Разность углов (θ – δ – γ) не должна превышать ±10". В расчеты принимают среднеарифметическое значение углов из трех приемов. Допускаемая угловая невязка распределяется в измеренные углы (θ – δ – γ=0).

Стороны соединительного треугольника измеряются компарированной стальной рулеткой не менее пяти раз с точностью отсчитывания ±1 мм при постоянном натяжении 10 кгс. Разность между отдельными измерениями длины допускается до ±2 мм**.** За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение из пяти измерений.

Контроль измерения горизонтальных сторон соединительного треугольника осуществляется сравнением измеренного расстояния между отвесами (*C*) и вычисленного по формуле:

$$C^2_{\text{выч}} = a^2 + b^2 - 2\ a\,b\cos\gamma\,.$$

Допустимое расхождение Δ*C* не должно превышать ± 3 мм:

$$\Delta C = C_{\text{выч}} - \ C_{\text{изм}} \le \pm 3 \text{ мм}.$$

Для решения задач примыкания на земной поверхности – определения координат примычного пункта *C*; координат отвесов $O_{\text{С}}$, $O_{\text{Ю}}$; дирекционных углов сторон соединительного треугольника и створа отвесов $\alpha_{O_{\text{Ю}}O_{\text{С}}}$ (схема 1); координат примычного пункта C_1; координат отвесов $O_{\text{С}}$, $O_{\text{Ю}}$; дирекционных углов сторон соединительного треугольника и створа отвесов $\alpha_{O_{\text{Ю}}O_{\text{С}}}$ (схема 2) (см. 2.1 а, б) проходится теодолитный ход от пунктов опорных сетей I, II (схема 1) и VI, X (схема 2).

На ориентируемом горизонте для определения: координат примычного пункта C_1; координат пунктов подземной опорной сети 6 и 7; дирекционных углов сторон соединительного треугольника и ориентируемой стороны $\alpha_{6\text{-}7}$ (схема 1); координат примычного пункта *C*; координат пунктов подземной опорной сети 1 и 5; дирекционных уг-

лов сторон соединительного треугольника и ориентируемой стороны $\alpha_{1\text{-}5}$ (схема 2) (см. рис 2.1 а, б) проходится теодолитный ход от спроектированных с земной поверхности на ориентируемый горизонт точек отвесов $O_С$, $O_Ю$ и дирекционного угла створа отвесов $\alpha_{O_Ю O_С}$ (схема 1), (схема 2).

Направление теодолитных ходов и вычисления ориентировки показаны стрелками (см. рис. 2.1 а, б).

Углы в теодолитных ходах β_{II}, β_6 (схема 1), β_1, β_X (схема 2) измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый углы по направлению теодолитного хода. Допустимые расхождения между приемами $\Delta\beta = 1{,}5\, m_\beta$, где m_β – точность прибора не более 10″.

Длины сторон теодолитных ходов на земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются дважды металлической рулеткой при постоянном натяжении ее 10 кгс. Отсчеты берутся с точностью 1 мм, допустимое расхождение в двух измерениях ±2 мм.

Вычисление ориентировки начинаются с проверки полевых журналов и расчета средних значений углов и длин.

Пример обработки длин приведен в табл. 2.1, где $\Delta l_к$, Δl_t, Δl_h, Δl_f – поправки в измеренные длины соответственно за компарирование рулетки, за разность температуры при компарировании рулетки и измерении длины, за наклон линии, за провес рулетки.

Поправки вычисляют до 0,1 мм, а значения длин – до 1 мм.

Таблица 2.1

Ведомость обработки длин

Номера станов	Измеренная длина, м		Средняя длина интервала, м	$t°_{ср}$	Поправки, мм					Исправленная длина интервала, мм	Окончательная длина интервала, м
	прямой ход	обратный ход			$\Delta l_к$	Δl_t	Δl_h	Δl_f	$\Sigma\Delta l$		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	15
1 - 2	20,007	20,009	20,008	21°	-3,2	0	0	0	-3,2	20004,8	20,005

Вычисление углов α и β, α_1 и β_1 при отвесах $O_С$ и $O_Ю$ (см. рис. 2.1, а, б) производится по формулам синусов:

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}\sin\gamma; \quad \sin\beta = \frac{b}{c}\sin\gamma;$$

$$\sin\alpha_1 = \frac{a_1}{c_1}\sin\gamma_1; \quad \sin\beta_1 = \frac{b_1}{c_1}\sin\gamma_1.$$

При этом угловая невязка в соединительном треугольнике не должна превышать допустимой ±10" и распределяется во все углы поровну с обратным знаком, т. е. ($\gamma+\alpha+\beta=180^o$).

Вычисление дирекционных углов сторон и координат пунктов полигонометрического хода на ориентируемом горизонте производится по схеме (см. рис. 2.1, а, б) в направлении, указанном стрелками. При этом передача дирекционного угла с исходной стороны на створ отвесов на земной поверхности и от створа отвесов на ориентируемый горизонт выполняется через *длинную* сторону соединительных треугольников.

Дирекционные углы, приращения координат и координаты вычисляются по известным формулам прямой геодезической задачи:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_л - 180^o; \qquad \alpha_n = \alpha_{n-1} - \beta_n + 180^o;$$

$$\Delta x = d_{n-(n-1)} \cdot \cos\alpha_{n-(n-1)}; \quad \Delta y = d_{n-(n-1)} \cdot \sin\alpha_{n-(n-1)};$$

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x; \qquad y_n = y_{n-1} + \Delta y,$$

где $\beta_л$ и $\beta_п$ – измеренные горизонтальные углы левый и правый соответственно; d – горизонтальное проложение измеренных длин сторон. Точность вычисления координат до ± 1 мм.

Пример решения задачи 1. **Вычисление ориентировки через одну вертикальную выработку, схема 1** (см. рис. 2.1).

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы сторон опорной сети на земной поверхности:

X_I = 640723,255 м; Y_I = 6125312,051 м; $\alpha_{I\text{-}II}$ = 75°55′55″.

Результаты измерений для решения соединительного треугольника:

a =14,380 м, b =11,351 м, γ = 2° 04′ 11″;

a_1=13,650 м, b_1=10,622 м, γ_1= 2° 16′ 52″.

Расстояние между отвесами:

На земной поверхности $c_{изм} = 3{,}063$ м;

$$c_{выч} = \sqrt{14{,}380^2 + 11{,}351^2 - 2 \cdot 14{,}380 \cdot 11{,}351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3{,}064 \text{ м};$$

$$\Delta c = 3{,}064 - 3{,}063 = 0{,}001 \text{ м} \leq 3 \text{ мм};$$

На ориентируемом горизонте $c_{изм} = 3{,}063$ м.

$$c_{выч} = \sqrt{14{,}380^2 + 11{,}351^2 - 2 \cdot 14{,}380 \cdot 11{,}351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3{,}066 \text{ м};$$

$$\Delta c = 3{,}066 - 3{,}063 = 0{,}003 \text{ м}.$$

Разность расстояний между вычислениями ($c_{выч}$) и измеренными ($c_{изм}$) в пределах допустимой величины не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника:

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}\sin\gamma, \quad \sin\beta = \frac{b}{c}\sin\gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin\alpha = \frac{14{,}380}{3{,}063} \cdot \sin 02°04'11'' = 0{,}16955; \quad \alpha = 170°14'17'';$$

$$\sin\beta = \frac{11{,}351}{3{,}063} \cdot \sin 02°04'11'' = 0{,}13384; \quad \beta = 07°41'29'';$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170°14'17'' + 07°41'29'' + 02°04'11'' = 179°59'57''.$$

Угловая невязка в треугольнике $f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор} = 179°59'57'' - 180°00'00'' = -3''$ в пределах допустимой величины, не более 10″.

Полученная невязка 3″ распределяется во все углы поровну (α, β, γ) с обратным знаком:

$$\left.\begin{aligned}\alpha &= 170°14'17''+1'' = 170°14'18''\\ \beta &= 07°41'29''+1'' = 07°41'30''\\ \gamma &= 02°04'11''+1'' = 02°04'12''\end{aligned}\right\};$$

$$\alpha+\beta+\gamma = 170°14'18''+07°41'30''+02°04'12'' = 180°00'00''.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin\alpha_1 = \frac{13{,}650}{3{,}063}\cdot\sin 02°16'52'' = 0{,}177738,\quad \alpha_1 = 169°46'59'';$$

$$\sin\beta_1 = \frac{10{,}622}{3{,}063}\cdot\sin 02°16'52'' = 0{,}138028,\quad \beta_1 = 07°56'02'';$$

$$\alpha_1+\beta_1+\gamma_1 = 169°47'00''+07°56'02''+02°16'52'' = 179°59'54''.$$

Угловая невязка в треугольнике $180°00'00''- 179°59'54'' = -6''$ в пределах допустимой величины, не более $10''$.

Полученная невязка – $6''$ распределяется во все углы поровну с обратным знаком:

$$\left.\begin{aligned}\alpha' &= 169°47'00''+2'' = 169°47'02''\\ \beta' &= 07°56'02''+2'' = 07°56'04''\\ \gamma' &= 02°16'52''+2'' = 02°16''54''\end{aligned}\right\};$$

$$\alpha_1+\beta_1+\gamma_1 = 169°47'02''+07°56'04''+02°16'54'' = 180°00'00''.$$

Вычисления плановых координат X_6, Y_6 начального пункта (6) и дирекционного угла начальной стороны (α_{6-7}) подземных опорных сетей (см. рис. 2.1, а) приведены в табл. 2.2 (схема 1).

Контроль. Выполняется вторая независимая ориентировка. Допустимые отклонения при вычислении дирекционного угла начальной стороны и координат первого пункта полигонометрического хода на ориентируемом горизонте $\Delta\alpha_{6\text{-}1} \le 3'$; ΔX_6: $\Delta Y_6 \le 5$см.

Пример вычисления ориентировки через одну вертикальную выработку, схема 2 (см. рис. 2.2).

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы

сторон опорной сети на земной поверхности.

X_{VI} = 640710,100 м; Y_{VI} = 6125350,040 м; $\alpha_{I\text{-}II} = 65°30'30''$.

Результаты измерений решения соединительного треугольника:

a = 13,585 м, b = 10,554 м, $\gamma = 2°17'48''$,
a_1 = 14,385 м, b_1 = 11,348 м, $\gamma_1 = 2°05'02''$.

Расстояние между отвесами:
На земной поверхности $c_{изм}$ = 3,072 м;

$$c_{выч} = \sqrt{10{,}554^2 + 13{,}585^2 - 2 \cdot 10{,}554 \cdot 13{,}585 \cdot \cos 2°17'48''} = 3{,}069 \text{ м};$$

$$\Delta c = 3{,}069 - 3{,}072 = -0{,}003 \text{ м}.$$

На ориентируемом горизонте $c_{изм}$=3,072 м;

$$c_{выч} = \sqrt{14{,}385^2 + 11{,}348^2 - 2 \cdot 11{,}348 \cdot 14{,}385 \cdot \cos 2°05'02''} = 3{,}072 \text{ м}.$$

$$\Delta c = 3{,}072 - 3{,}072 = 0 \text{ м};$$

Разность между вычисленными ($c_{выч}$) и измеренными ($c_{изм}$) расстояниями в пределах допустимой не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}\sin\gamma;\ \sin\beta = \frac{b}{c}\sin\gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin\alpha = \frac{13{,}585}{3{,}072} \cdot \sin 2°17'48'' = 0{,}17721; \quad \alpha = 169°47'33'';$$

$$\sin\beta = \frac{10{,}554}{3{,}072} \cdot \sin 2°17'48'' = 0{,}13767; \quad \beta = 7°54'48'';$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169°47'33'' + 7°54'48'' + 2°17'48'' = 180°00'09''.$$

Таблица 2.2

Вычисление ориентировки через одну вертикальную выработку

Схема 1

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
I						24,461	6,130	6125 312,050	640 723,255	I	
	II	25,217			75 55 55			336,512	729,385	II	
II	I		0 15 14			-17,232	-4,238				
	C	17,745			256 10 58			319,280	725,147	*C*	
C	II		94 22 47			2,358	-14,185				
	$O_{ю}$	14,380			170 33 45			321,638	710,961	$O_{ю}$	
$O_{ю}$	*C*		7 41 30			-0,093	3,062				
	$O_{с}$	3,063			358 15 16			321,545	714,023	$O_{с}$	
$O_{с}$	$O_{ю}$		7 56 04			-1,472	-13,570				
	C_1	13,650			186 11 19			320,073	700,452	C_1	
C_1	$O_{с}$		250 27 25			-5,793	-1,375				
	6	5,954			256 38 44			314,280	699,077	6	
6	C_1		17 19 50			21,023	-1,461				
	7	21,074			93 58 35			335,303	697,616	7	

Схема 2

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
								в метрах			
VI						22,027	10,034	6125 350,040	640 710,100	VI	
	X	24,205			65 30 30			372,067	720,134	X	
X	VI		3 50 15			-17,719	-6,679				
	C_1	18,936			249 20 44			354,348	713,455	C_1	
C_1	II		272 03 03			-4,334	12,875				
	O_c	13,585			341 23 47			350,014	726,330	O_c	
O_c	C		7 54 45			0,570	-3,019				
	$O_ю$	3,072			169 18 32			350,548	723,312	$O_ю$	
$O_ю$	O_c		352 16 50			-4,543	13,649				
	C	14,385			341 35 23			346,041	736,960	C	
C	$O_ю$		84 39 24			-6,535	-2,876				
	1	7,140			246 14 47			339,506	734,084	1	
1	C		356 11 00			16,467	8,598				
	5	18,576			62 25 47			355,973	742,682	5	

Угловая невязка в треугольнике $f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор} = 180°00'09'' - 180°00'00'' = +9''$ в пределах допустимой.

Полученная невязка +9'' распределяется поровну во все углы поровну с обратным знаком.

$$\alpha = 169°47'33'' - 3'' = 169°47'30'';$$
$$\beta = 7°54'48'' - 3'' = 7°54'45'';$$
$$\gamma = 2°17'48'' - 3'' = 2°17'45''.$$
$$\alpha + \beta + \gamma = 169°47'30'' + 7°54'45'' + 2°17'45'' = 180°00'00''.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin\alpha_1 = \frac{14{,}385}{3{,}072} \cdot \sin 2°05'02'' = 0{,}17027; \quad \alpha_1 = 170°11'48''.$$

$$\sin\beta_1 = \frac{11{,}348}{3{,}072} \cdot \sin 2°05'02'' = 0{,}13432; \quad \beta_1 = 7°43'10''.$$

$$\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 170°11'48'' + 7°43'10'' + 2°05'02'' = 180°00'00''.$$

Угловая невязка в треугольнике равна 0.

Вычисления плановых координат *X, Y* начального пункта (1) и дирекционного угла начальной стороны ($\alpha_{1\text{-}5}$) подземных опорных сетей (см. рис. 2.1, б) приведены в табл. 2.2 (схема 2).

Контроль: Вторая независимая ориентировка. Допустимые отклонения при вычислении дирекционного угла начальной стороны и координат первого пункта полигонометрического хода на ориентируемом горизонте $\Delta\alpha_{1\text{-}5} < 3'$, ΔX_1, $\Delta Y_1 \leq 5$см.

Задача 2. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки

Проведение ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки возможно, когда вертикальные выработки (стволы шахт) на ориентируемом горизонте соединены между собой горизонтальной выработкой. Геометрическая связь между пунктами опорных сетей на земной поверхности и опорными пунктами на ориентируемом горизонте осуществляется с помощью двух отвесов, опускаемых по одному в каждую вертикальную выработку. В этом

случае расстояние между отвесами увеличивается до сотен метров и, как следствие, угловая погрешность проектирования значительно уменьшится:

$$\theta = \frac{e}{c}\rho'',$$

где θ – угловая погрешность ориентирования, сек; *e* – линейная погрешность ориентирования, мм; *c* – расстояние между отвесами, мм; ρ – градусное выражение радиана в секундах:

$$\rho^{\circ} = \frac{360^{\circ}}{2\pi} \approx 57{,}3^{\circ};$$

$$\rho' = \frac{360 \cdot 60'}{2\pi} \approx 3438';$$

$$\rho'' = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60''}{2\pi} \approx 206265''.$$

Таким образом, основным достоинством ориентирно-соединительной съемки через два ствола является незначительная угловая погрешность проектирования, что исключает необходимость наблюдений за качанием отвесов.

Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки проводится на учебном полигоне университета.

Методика измерений. На земной поверхности (пункты теодолитного хода закрепляются в почве) и на ориентируемом горизонте (пункты закреплены в кровле) проходятся теодолитные ходы.

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый угол по направлению теодолитного хода. Допустимая невязка в измеренных углах между приемами ±10". Длины измеряются металлической рулеткой дважды с точностью отсчитывания 1 мм, допустимое расхождение между двумя измерениями не более 2 мм, или электронными инструментами.

В точках примыкания к отвесам углы измеряются тремя круговыми приемами с допустимой невязкой между приемами 10", длины измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм пять раз с допустимым расхождением между всеми измерениями 2

мм или электронными инструментами. Для расчетов принимаются среднеарифметические значения измеренных углов и длин.

Пример решения задачи 2. Вычисление ориентировки через две вертикальные выработки

Схема 3 (рис. 2.2, а)
Исходные данные:

X_{I} = 640723,255 м; Y_{I} = 6125312,051 м;

$\alpha_{I\text{-}II}$ = 75°55'55".

Схема 4 (рис. 2.2, б)
Исходные данные:

X_{VI} = 640710,100 м; Y_{VI} = 6125350,040 м;

$\alpha_{VI\text{-}X}$ = 65°30'30".

Методика вычислений. Вычисление ориентировки начинается с обработки результатов измерений – вычисления среднеарифметических значений горизонтальных углов и длин линий теодолитных ходов.

В ведомости расчета координат записывается: порядок расчета ориентировки (номера пунктов), среднеарифметические значения измеренных горизонтальных проложений длин линий, измеренные горизонтальные углы, вычисленные дирекционные углы и приращения координат и координаты исходного и последующих пунктов.

Расчет ориентировки ведется в следующей последовательности:

1. На земной поверхности (точки в почве) от исходной стороны I – II – схема 3 (см. рис. 2.2, а) и VI – X – схема 4 (см. рис. 2.2, б) вычисляют координаты отвесов O_1 и O_2 – схема 3, O_3 и O_4 – схема 4 в системе координат, принятой на земной поверхности. Пример расчета приведен в табл. 2.3 – схема 3, 4.

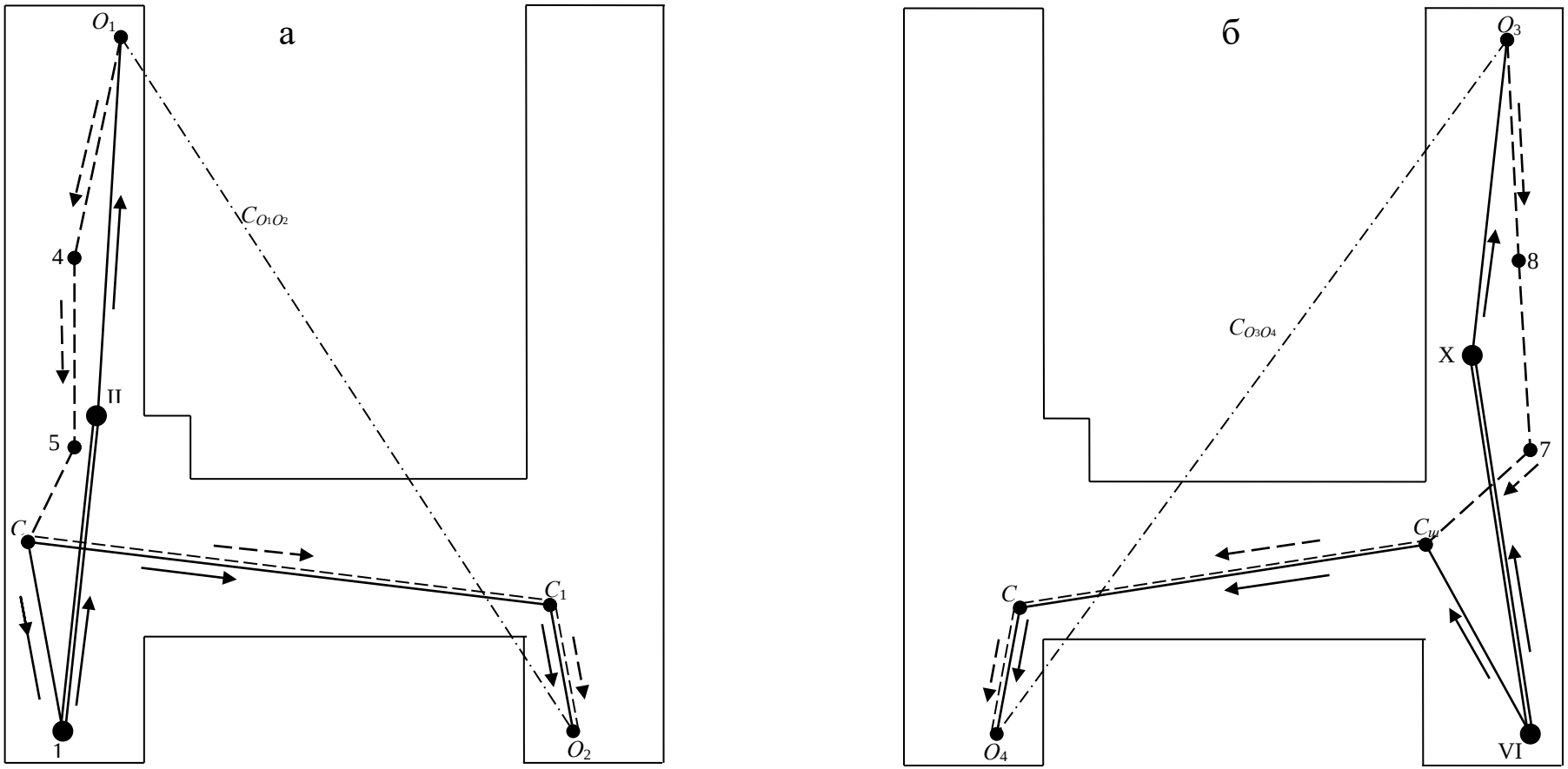


Рис. 2.2. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки.
а – схема 3; б – схема 4

теодолитный ход на земной поверхности, пункты в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, пункты в кровле (в потолке);

направление вычисления ориентировки на земной поверхности;

направление вычисления ориентировки на ориентируемом горизонте

Таблица 2.3

Ориентировка через две вертикальные выработки.
Вычисление координат отвесов на земной поверхности

Схема 3

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
I						24,461	6,130	6125 312,051	640 723,255	I	
	II	25,217			75 55 55			336,512	729,385	II	
II	I		179 52 37			26,370	6,668				
	O_1	27,200			75 48 32			362,882	736,053	O_1	
I	II		0 39 37		255 55 55	9,932	2,367	6125 312,051	640 723,255	I	
	C	10,210			76 35 32			321,983	725,622	C	
C	I		274 15 16			4,091	-25,391				
	C_1	25,718			170 50 48			326,074	700,231	C_1	
C_1	C		251 18 52			-6,028	-3,183				
	O_2	6,817			242 09 40			320,046	697,048	O_2	

Окончание табл. 2.3

Схема 4

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
VI						22,027	10,034	6125 350,040	640 710,100	VI	
	X	24,205			65 30 30			372,067	720,134	X	
X	VI		184 00 03			25,783	9,635				
	O_3	27,524			69 30 33			397,850	729,769	O_3	
VI	X		346 34 23		245 30 30	4,305	3,354	6125 350,040	640 710,100	VI	
	C_1	5,457			52 04 53			354,345	713,454	C_1	
C_1	VI		108 28 54			-8,297	23,511				
	C	24,932			340 33 47			346,048	736,965	C	
C	C_1		85 40 48			-6,535	-2,876				
	O_4	7,140			246 14 35			339,513	734,089	O_4	

2. По вычисленным координатам отвесов на земной поверхности (точки в почве), решая обратную геодезическую задачу, вычисляют дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами.

Схема 3 (см. рис. 2.2, а)

$$\text{arctg}\alpha_{O_1O_2} = \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{X_{O_2} - X_{O_1}} = \frac{6125320{,}046 - 6125362{,}882}{640697{,}048 - 640736{,}053} = \frac{-42{,}836}{-39{,}005} = 1{,}098218;$$

$$\alpha_{O_1O_2} = 227^{\circ}40'48'';$$

$$C_{O_1O_2} = \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{\sin\alpha_{O_1O_2}} = \frac{X_{O_2} - X_{O_1}}{\cos\alpha_{O_1O_2}} = \frac{-42{,}836}{\sin 227^{\circ}40'48''} = \frac{-39{,}005}{\cos 227^{\circ}40'48''} = 57{,}934 \text{ м}.$$

Схема 4 (см. рис. 2.2 , б)

$$\text{arctg}\alpha_{O_3O_4} = \frac{Y_{O_4} - Y_{O_3}}{X_{O_4} - X_{O_3}} = \frac{6125339{,}513 - 61253972{,}850}{640734{,}089 - 640729{,}769} = \frac{-58{,}337}{4{,}320} = 13{,}5039352;$$

$$\alpha_{O_3O_4} = 274^{\circ}14'06'';$$

$$C_{O_3O_4} = \frac{Y_{O_4} - Y_{O_3}}{\sin\alpha_{O_3O_4}} = \frac{X_{O_4} - X_{O_3}}{\cos\alpha_{O_3O_4}} = \frac{-58{,}337}{\sin 274^{\circ}14'06''} = \frac{4{,}320}{\cos 274^{\circ}14'06''} = 58{,}498 \text{ м}.$$

3. На ориентируемом горизонте (точки в кровле) вводят условную систему координат.

За начало координат принимается:

Схема 3 (см. рис. 2.2, а) отвес O_1, в этом случае $Y'_{O_1} = 0$; $X'_{O_1} = 0$; ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, $\alpha'_{O_1-4} = 0^{\circ}00'00''$.

Схема 4 (см. рис. 2.2, б) отвес O_3, в этом случае $Y'_{O_3} = 0$; $X'_{O_3} = 0$; ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, $\alpha'_{O_3-8} = 0^{\circ}00'00''$.

По этим исходным данным вычисляют условные координаты

всех пунктов подземного теодолитного, в том числе отвесов O_2 (схема 3) и O_4 (схема 4).

Пример расчета координат точек подземного теодолитного хода и отвесов в условной системе координат приведен в табл. 2.4 (схемы 3, 4).

4) по вычисленным координатам в условной системе координат отвесов на ориентируемом горизонте, решая обратную геодезическую задачу, вычисляют дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами.

Схема 3

$$\operatorname{arctg}\alpha'_{O_1O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{X'_{O_2} - X'_{O_1}} = \frac{-30{,}173}{49{,}454} = -0{,}610110;$$

$$\alpha'_{O_1O_2} = 328^{\circ}36'44'';$$

$$C'_{O_1O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{\sin\alpha_{O_1O_2}} = \frac{X'_{O_2} - X'_{O_1}}{\cos\alpha_{O_1O_2}} = \frac{-30{,}173}{\sin 328^{\circ}36'44''} = \frac{49{,}454}{\cos 328^{\circ}36'44''} = 57{,}933\ \text{м}.$$

Схема 4

$$\operatorname{arctg}\alpha'_{O_3O_4} = \frac{Y'_{O_4} - Y'_{O_3}}{X'_{O_4} - X'_{O_3}} = \frac{27{,}393}{51{,}695} = 0{,}529896;$$

$$\alpha'_{O_3O_4} = 27^{\circ}55'08'';$$

$$C'_{O_3O_4} = \frac{Y'_{O_4} - Y'_{O_3}}{\sin\alpha_{O_3O_4}} = \frac{X'_{O_4} - X'_{O_3}}{\cos\alpha_{O_3O_4}} = \frac{27{,}393}{\sin 27^{\circ}55'08''} = \frac{51{,}695}{\cos 27^{\circ}55'08''} = 58{,}504\ \text{м}.$$

5. Контроль результатов вычислений и измерений осуществляется сопоставлением расстояний между отвесами, вычисляемых в истинной системе координат на поверхности (C) и на ориентируемом горизонте, в условной системе координат (C'). Расхождение $\Delta C = C - C'$ не должно превышать относительной погрешности 1:2000, или рассчитанной по формуле, с учетом формы полигона

$$\Delta C = \pm 2\sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2}\left[R_{x_i}^2\right] + \mu^2\left[l_i \cos^2\varphi_i\right] + \lambda^2 C^2},$$

Таблица 2.4

Ориентирование через две вертикальные выработки.
Вычисление координат отвесов в условной системе координат (ориентируемый горизонт)

Схема 3

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
O_1						0,000	17,267	0,000	0,000	O_1	
	4	17,267			0 00 00					4	
4	O_1		175 55 21			-1,140	15,993				
	5	16,034			355 55 21					5	
5	4		172 56 27			-2,139	10,865				
	C	11,074			348 51 48					C	
C	5		100 28 22			-24,921	-0,289				
	C_1	24,923			269 20 10					C_1	
C_1	C		251 18 56			-1,973	5,618				
	O_2	5,954			340 39 06			-30,173	49,455	O_2	
		P = 75,252									

Окончание табл. 2.4

Схема 4

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
O_3						0,000	17,594	0,000	0,000	O_3	
	8	17,594			0 00 00					8	
8	O_3		180 53 48			0,265	16,926				
	7	16,928			0 53 47					7	
7	8		190 11 03			2,299	11,741				
	C_1	11,964			11 04 50					C_1	
C_1	7		262 50 39			24,870	-1,706				
	C	24,928			93 55 29					C	
C	C_1		85 44 44			-0,041	7,140				
	O_4	7,140			359 40 13			27,393	51,694	O_4	
		P = 78,554									

где m_β – среднеквадратическая погрешность измерения угла на ориентируемом горизонте, сек; μ и λ – коэффициенты случайного и систематического влияния при измерении длин линий, μ = 0,0005 м$^{1/2}$, λ = 0,00005; l_i – длины сторон теодолитного хода на ориентируемом горизонте, м; φ_i – угол между стороной l_i и створа отвесов; $[R^2_{xi}]$ – сумма квадратов расстояний от пунктов теодолитного хода на ориентируемом горизонте до створа отвесов; C – расстояние между отвесами.

Схема 3

$$\Delta C = C - C' = 57{,}934 - 57{,}933 = 0{,}001 \text{ м},$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{1}{57934} < \frac{1}{2000}.$$

Схема 4

$$\Delta C = C - C' = 58{,}498 - 58{,}504 = 0{,}006 \text{ м},$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{8}{58498} = \frac{1}{7312} < \frac{1}{2000}.$$

6. Вычисляет угол поворота осей условной системы координат относительно системы координат, принятой на земной поверхности, т. е. определяют дирекционный угол первой стороны теодолитного хода на ориентируемом горизонте:

Схема 3

$$\Delta\alpha = \alpha_{o_1o_2} - \alpha'_{o_1o_2} = \alpha_{o_{1-4}} = 227^o40'48'' - 328^o36'44'' = 259^o04'04'';$$

Схема 4

$$\Delta\alpha = \alpha_{o_3o_4} - \alpha'_{o_3o_4} = \alpha_{o_{3-8}} = 274^o14'06'' - 27^o55'08'' = 246^o18'58''.$$

7. Вычисляют координаты пунктов теодолитного хода и отвеса O_2 (схема 3) и отвеса O_4 (схема 4) на ориентируемом горизонте в системе координат, принятой на земной поверхности.

Расчет ведется от отвеса O_1 (схема 3) и от отвеса O_3 (схема 4). Координаты отвесов O_1 и O_3 принимают равными координатам, полученным на земной поверхности (см. табл. 2.3).

Результаты вычислений приведены в табл. 2.5 (схема 3 и 4).

Таблица 2.5

Ориентирование через две вертикальные выработки.
Вычисление координат пунктов теодолитного хода на ориентируемом горизонте в системе координат, принятой на земной поверхности

Схема 3

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
O_1						-16,954	-3,275	6125362,882	640736,053	O_1	
	4	17,267			259 04 04			345,928	732,778	4	
4	O_1		175 55 21			-15,487	-4,152				
	5	16,034			254 59 25			330,441	728,626	5	
5	4		172 56 27			-10,263	-4,161				
	C	11,074			247 55 52			320,178	724,465	C	
C	5		100 28 22			5,010	-24,414				
	C_1	24,923			168 24 14			325,188	700,051	C_1	
C_1	C		251 18 56			-5,142	-3,002				
	O_2	5,954			239 43 10			320,046	697,049	O_2	
		P = 75,252									

Окончание табл. 2.5

Схема 4

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
O_3						-16,112	-7,067	6125397,850	640729,769	O_3	
	8	17,594			246 18 55			381,738	722,702	8	
8	O_3		180 53 48			-15,607	-6,557				
	7	16,928			247 12 43			366,131	716,145	7	
7	8		190 11 03			-11,676	-2,611				
	C_1	11,964			257 23 46			354,455	713,534	C_1	
C_1	7		262 50 39			-8,428	23,460				
	C	24,928			340 14 25			346,027	736,994	C	
C	C_1		85 44 44			-6,522	-2,906				
	O_4	7,140			245 59 09			339,505	734,088	O_4	
		P = 78,554									

8. Проводят дополнительный контроль результатов измерений и вычислений. Вычисляют линейную невязку, т. е. разница в координатах отвеса O_2 (схема 3) и отвеса O_4 (схема 4), полученных на земной поверхности (см. табл. 2.3) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 2.5).

Схема 3

$$f_X = X^{\text{ш}}_{o_2} - X^{\text{п}}_{o_2} = 640697{,}049 - 640697{,}049 = 0{,}000 \text{ м};$$

$$f_Y = Y^{\text{ш}}_{o_2} - Y^{\text{п}}_{o_2} = 6125320{,}046 - 6125320{,}046 = 0{,}000 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0 \text{ мм}.$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{0}{57934} = 0 \le \frac{1}{3000}.$$

Схема 4

$$f_X = X^{\text{ш}}_{o_4} - X^{\text{п}}_{o_4} = 640734{,}088 - 640734{,}088 = 0{,}000 \text{ м};$$

$$f_Y = Y^{\text{ш}}_{o_4} - Y^{\text{п}}_{o_4} = 6125339{,}505 - 6125339{,}513 = -0{,}008 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{0^2 + 8^2} = 8 \text{ мм}.$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{8}{58497} = \frac{1}{7312} \le \frac{1}{3000}.$$

где f_x, f_y – линейные невязки, мм; $X^{\text{Ш}}_{O2}$, $X^{\text{П}}_{O2}$, $Y^{\text{Ш}}_{O2}$, $Y^{\text{П}}_{O2}$, $X^{\text{Ш}}_{O4}$, $X^{\text{П}}_{O4}$, $Y^{\text{Ш}}_{O4}$, $Y^{\text{П}}_{O4}$ – координаты отвесов на поверхности и на ориентируемом горизонте, соответственно схемы 3 и 4; $f_{\text{абс}}$, $f_{\text{отн}}$ – абсолютная и относительная погрешности.

9. Производится распределение линейной невязки в приращения координат теодолитного хода на ориентируемом горизонте с обратным знаком пропорционально длинам сторон. Вычисляют координаты пунктов теодолитного хода в системе координат, принятой на земной поверхности. В приведенных расчетах (см. табл. 2.5) линейные невязки практически отсутствуют. В случае получения линейной невязки ее величина не должна превышать допустимого значения. Если условие не выполняется, т. е. $f_{\text{отн}} > \frac{1}{3000}$, ориентирование повторяется.

2.3. Гироскопический способ ориентирования

Процесс определения дирекционного угла стороны гирокомпасом называется гироскопическим ориентированием.

Гирокомпас (или гиротеодолит) – это угломерный инструмент, в котором конструктивно объеденены гироскоп и теодолит. Гироскоп служит для указания направления меридиана, а с помощью теодолита фиксируется положение стороны теодолитного хода относительно этого направления, т. е. определяется ее дирекционный угол [3].

Гироскопическое ориентирование начинается с вычисления поправки гирокомпаса, величина которой определяется на стороне с известным дирекционным углом (рис. 2.3, б):

$$\delta = \alpha_0 + \gamma_0 - \Gamma_0.$$

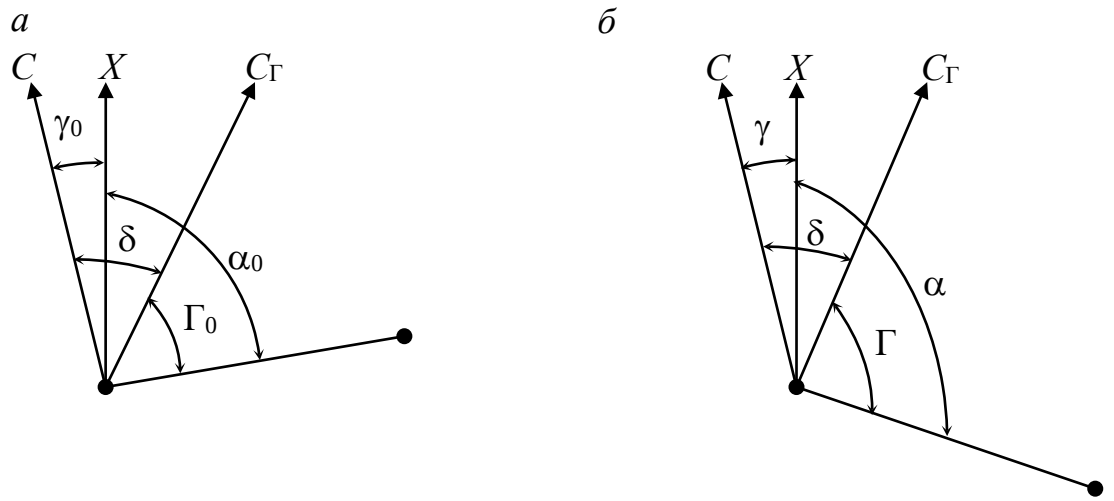


Рис. 2.3. Схема производства гироскопического ориентирования:
а – на исходной стороне с известным дирекционным углом α_0,
б – на ориентируемой стороне с дирекционным углом α

После выполнения гироскопического ориентирования одной или нескольких сторон в шахте поправка гирокомпаса определяется еще раз и в расчеты дирекционных углов берется ее среднее арифметическое значение. Дирекционный угол ориентируемой стороны (рис. 2.3, *б*) определяется из выражения:

$$\alpha = \delta + \Gamma - \gamma,$$

с учетом предыдущего выражения

$$\alpha = \alpha_0 + \Gamma - \Gamma_0 + \delta\gamma,$$

где α_0 – дирекционный угол исходной стороны;
Γ, Γ_0 – гироскопический азимут ориентируемой и исходной сторон, соответственно;
$\delta\gamma = \gamma_0 - \gamma = \mu_0(y_0 - y)$ – разность сближения меридианов для пунктов стояния гирокомпаса на исходной стороне (γ_0) и ориентируемой стороне (γ).

Задача 3. Ориентирование через одну вертикальную горную выработку с использованием гирокомпаса

При ориентировании данным способом задачи центрирования (передача координат) и ориентирования (определение дирекционного угла) подземной опорной сети решаются раздельно.

Передача координат в шахту осуществляется с помощью одного отвеса, а определение дирекционного угла одной из сторон в шахте – гироскопическим ориентированием.

Выполнение работ производится в следующей последовательности:

1) проектирование точки с поверхности в шахту с помощью отвеса;

2) примыкание к отвесу на поверхности и в шахте;

3) гироскопическое ориентирование стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте;

4) вычисление координат первых двух пунктов подземного теодолитного хода (подземной маркшейдерской опорной сети).

Работа выполняется на учебном полигоне. На рис. 2.4, а, б показаны две ориентировки: схемы 5 и 6.

Методические указания по выполнению ориентирно-соединительной съемки через одну вертикальную выработку с использованием гирокомпаса

Проектирование координат с земной поверхности на ориентируемый горизонт выполняется с помощью одного отвеса, опущенного в вертикальную выработку: $O_{Ю}$, схема 5; O_C, схема 6 (см. рис. 2.4). На земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются (см. рис. 2.4):

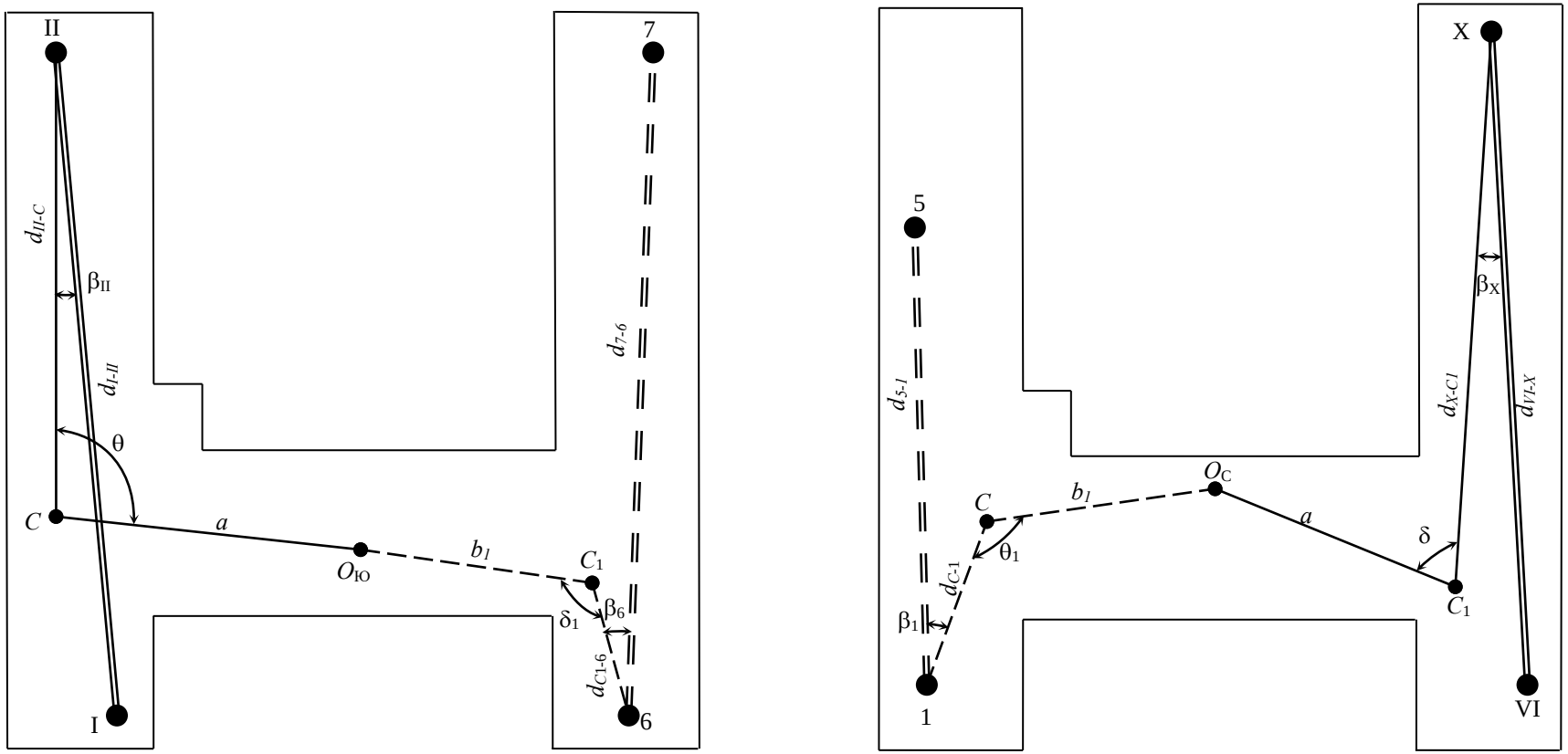


Рис. 2.4. Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку с использованием гирокомпаса.
а - схема 5; *б* - схема 6

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);

гиросторона подземной опорной сети на ориентируемом горизонте

- горизонтальные углы β_{II}, θ и горизонтальные длины линий $d_{I\text{-}II}$; $d_{II\text{-}C}$, и a – на земной поверхности, β_6; δ_1 и $d_{7\text{-}6}$; $d_{6\text{-}C1}$; b_1 – на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, а, схема 5);
- горизонтальные углы β_X; δ и горизонтальные длины линий $d_{VI\text{-}X}$; $d_{X\text{-}C1}$; a – на земной поверхности, β_1, θ_1 и $d_{5\text{-}1}$; $d_{1\text{-}C}$, b_1 – на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, б, схема 6).

Углы измеряются теодолитом класса Т5 не менее чем двумя приемами, допустимая невязка между приемами ±10″. За окончательный результат принимается среднее арифметическое значение из двух приемов.

Измерение длин производится металлической рулеткой или лазерным дальномером дважды в прямом и обратном направлениях с относительной погрешностью 1:3000.

На ориентируемом горизонте гироскопическим способом определяются дирекционные углы сторон $\alpha^{Г}_{7\text{-}6}$ (см. рис. 2.4, а, схема 5) и $\alpha^{Г}_{5\text{-}1}$ (см. рис. 2.4, б, схема 6). Среднеквадратическая погрешность ориентирования $m_{\alpha г}$±30″.

Решение задачи 3

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы сторон опорной сети на земной поверхности:

см. рис. 2.4, а, схема 5: X_I = 640723,255 м,
Y_I = 6125312,051 м,
$\alpha_{I\text{-}II}$ = 75°55′55″;

см. рис. 2.4, б, схема 6: X_{VI} = 640710,100 м,
Y_{VI} = 6125350,040 м,
$\alpha_{VI\text{-}X}$ = 65°30′30″.

Дирекционный угол (гиросторона) опорной сети на ориентируемом горизонте:
см. рис. 2.4, а, схема 5: $\alpha^{Г}_{7\text{-}6}$ = 273°59′12″;
см. рис. 2.4, б, схема 6: $\alpha^{Г}_{5\text{-}1}$ = 242°25′50″.

Вычисление координат пунктов на ориентируемом горизонте

Вычисление плановых координат X_7, Y_7 начального пункта (7) на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, а, схема 5) и X_5, Y_5 начального пункта (5) на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, б,

схема 6) подземных опорных сетей приведены в табл. 2.6, соответственно.

Контроль ориентировки: сравниваются координаты пунктов X_7, Y_7 (схема 5) и пунктов X_5, Y_5 (схема 6) с координатами этих же пунктов, вычисленных по схеме 1 и 2. Допустимое расхождение: $\Delta X, \Delta Y \leq \pm 50$ мм.

Задача 4. Ориентирование через две вертикальные горные выработки с использованием гирокомпаса

Проведение ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса возможно при условии, когда вертикальные выработки (стволы шахт) соеденены между собой горной выработкой (штрек, квершлаг), на которой проходится теодолитный ход (подземная маркшейдерская опорная сеть).

Задачи центрирования (передача координат) и ориентирования (определение дирекционного угла) подземной опорной сети решаются раздельно. Проектирование координат на ориентируемый горизонт выполняется с помощью двух отвесов, а определение дирекционного угла одной стороны подземного теодолитного хода – гироскопическим ориентированием.

Работы выполняются на учебном полигоне в следующей последовательности:

1) проектирование координат точек с земной поверхности на ориентируемый горизонт;
2) примыкание к проектируемым точкам на земной поверхности и на ориентируемом горизонте;
3) гироскопическое ориентирование одной стороны подземного теодолитного хода;
4) вычисление координат пунктов подземного теодолитного хода опорных сетей.

Схемы ориентировки 7 и 8 представлены на рис. 2.5 и 2.6, соответственно.

Таблица 2.6

Ориентировка через одну вертикальную выработку с использованием гирокомпаса.
Вычисление координат пунктов первой стороны теодолитного хода на ориентируемом горизонте

Схема 5

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "	° ' "	ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
I						24,461	6,130	6125 312,051	640 723,255	I	
	II	25,217			75 55 55			336,512	729,385	II	
II	I		00 15 42			-17,232	-4,235				
	C	17,745			256 11 37			319,279	725,150	*C*	
C	II		94 22 47			2,355	-14,186				
	$O_{ю}$	14,380			170 34 23			321,635	710,964	$O_{ю}$	
$O_{ю}$					186 11 57	-1,140	-10,492	321,635	710,964	$O_{ю}$	
	C_1	10,554			6 11 57			320,495	700,472	C_1	
C_1	$O_{ю}$		правый 250 27 25		256 39 22	-5,793	-1,374				
	6	5,954			76 39 22			314,702	699,098	6	
6	*C*		правый 17 19 50		93 59 12	21,023	-1,465				
	7	21,074			273 59 12			335,725	697,632	7	

Схема 6

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекцион-ные углы	Приращения		Координаты		Номер пункт-тов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "	° ' "	ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
VI						22,027	10,034	6125 350,040	640 710,100	VI	
	X	24,205			65 30 30			372,067	720,134	X	
X	VI		3 50 15			25,783	9,635				
	C_1	18,936			249 20 44			354,348	713,455	C_1	
C_1	X		272 03 03								
	*О*с	13,585			341 23 47			350,014	726,330	*О*с	
*О*с					339 18 32	-4,010	10,618	350,014	726,330	Ос	
	C	11,350			159 18 32			339,469	736,948	*C*	
C	*О*с		правый 86 56 18		246 14 50	-6,535	-2,876				
	1	7,140			66 14 50			355,936	734,072	1	
1	*C*		правый 356 11 00		62 25 50	16,467	8,597				
	5	18,576			242 25 50			355,936	742,670	5	

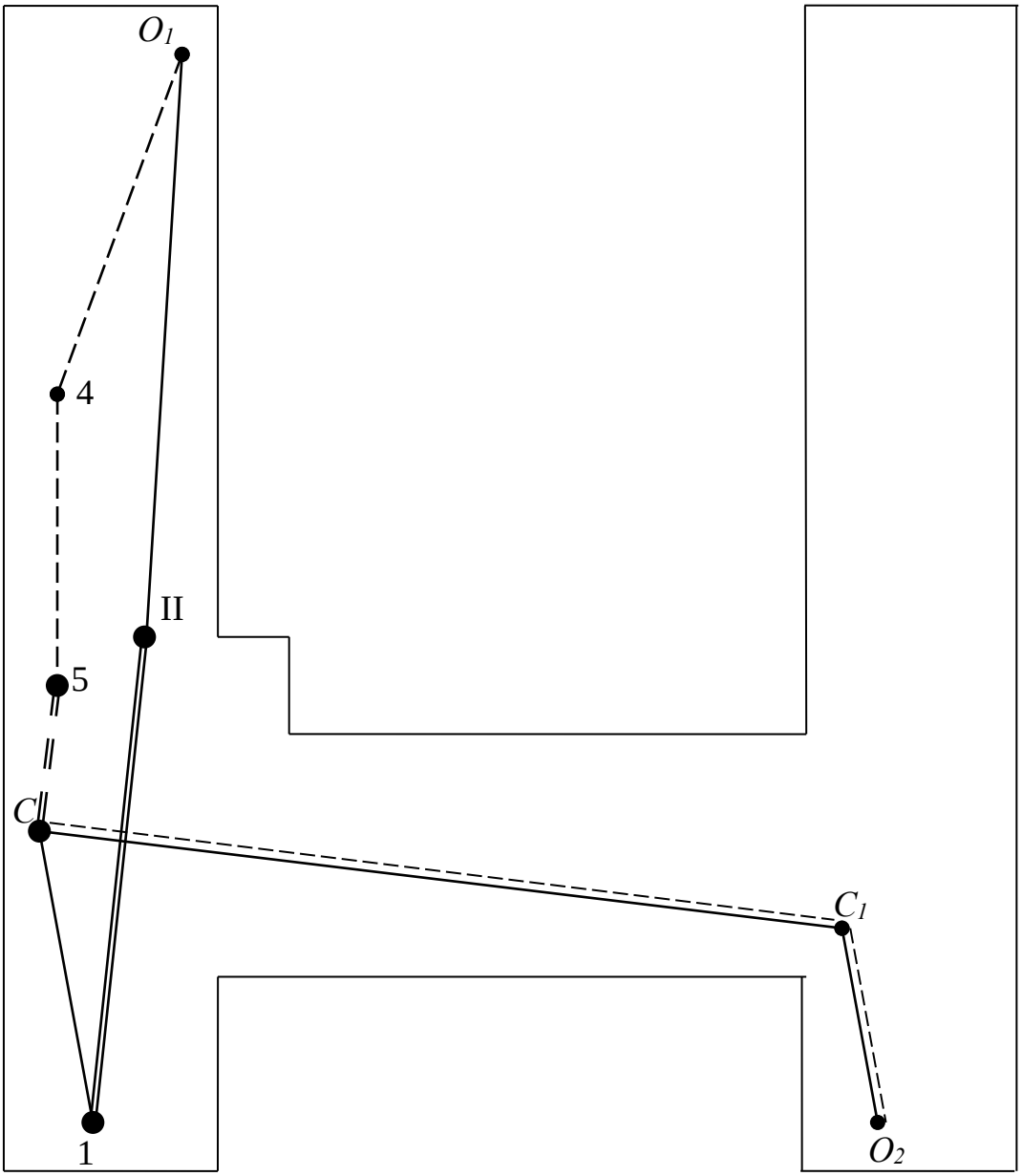


Рис. 2.5. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса (схема 7)

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);

гиросторона подземной опорной сети $\alpha^{\Gamma}_{5\text{-}C}$

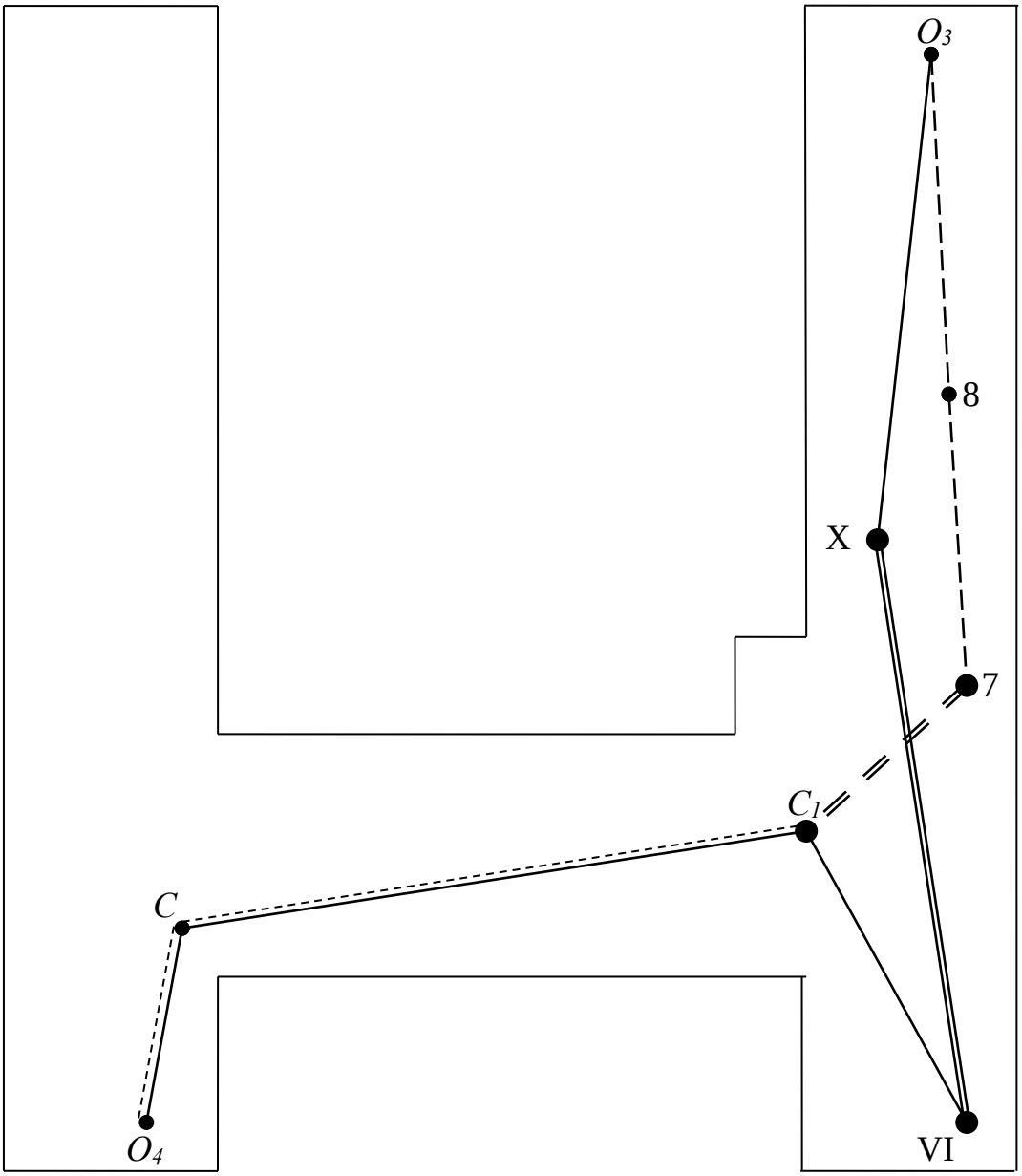


Рис. 2.6. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса (схема 8)

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);

гиросторона подземной опорной сети $\alpha^{\Gamma}_{7\text{-}C1}$

Методические указания по выполнению ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса

Проектирование координат с земной поверхности на ориентируемый горизонт выполняется с помощью двух отвесов, опущенных в вертикальные выработки: O_1 и O_2 (схема 7) и O_3 и O_4 (схема 8) (см. рис. 2.5 и 2.6).

На земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются (см. рис. 2.5 и2.6):

- горизонтальные углы и длины линий теодолитного хода между отвесами O_1, O_2 на земной поверхности (пункты II, I, С, $С_1$) и на ориентируемом горизонте (пункты 4, 5, С, $С_1$) – схема 7;
- горизонтальные углы и длины линий теодолитного хода между отвесами O_3, O_4 на земной поверхности (пункты X, VI, C_1, C) и на ориентируемом горизонте (пункты 8, 7, C_1, C) – схема 8.

Углы измеряются двумя приемами теодолита класса Т5, допустимая невязка между приемами ±10″. За окончательный результат принимается среднее арифметическое значение из двух приемов.

Измерение длин производится металлической рулеткой или лазерным дальномером дважды в прямом и обратном направлениях с относительной погрешностью 1:3000.

На ориентируемом горизонте определяются дирекционные углы сторон $\alpha^{Г}_{5\text{-}C}$ – схема 7 и $\alpha^{Г}_{7\text{-}C1}$ – схема 8 (см. рис. 2.5, 2.6), гироскопическим способом. Среднеквадратическая погрешность ориентирования $m_{\alpha г} \pm 30''$.

Решение здадачи 4

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы сторон на земной поверхности (см. рис. 2.5, схема 7)

X_I = 640723,255 м,

Y_I = 6125312,051 м,

$\alpha_{I\text{-}II}$ = 75°55′55″;

(см. рис. 2.6, схема 8)

X_{VI} = 640710,100 м,

Y_{VI} = 6125350,040 м,

$\alpha_{VI\text{-}X}$ = 65°30′30″;

дирекционный угол (гиростороны) опорной сети на ориентируемом горизонте

$\alpha^{Г}_{5\text{-}C}$ = 247°56′45″ – (см. рис. 2.5, схема 7)

$\alpha^{Г}_{7\text{-}C1} = 257°24'26''$ – (см. рис. 2.6, схема 8)

Вычисление координат пунктов теодолитного хода и отвесов на земной поверхности представлено в табл. 2.7, схема 7 (см. рис. 2.5), в табл. 2.8, схема 8 (см. рис. 2.6).

Вычисление координат пунктов теодолитного хода подземных опорных сетей на ориентируемом горизонте выполняется от координат отвесов, полученных на земной поверхности O_1 и гироскороны $\alpha^{Г}_{5\text{-}C}$ (см. рис. 2.5, схема 7) и O_3 и гироскороны $\alpha^{Г}_{7\text{-}C1}$ (см. рис. 2.7, схема 8). Расчеты приведены в табл. 2.9, схема 7 и в табл. 2.10, схема 8.

Последовательность расчета дирекционных углов на ориентируемом горизонте выполняется от гироскорн к отвесам, при этом учитывается знак горизонтальных углов по ходу теодолитного хода: левые ($+ \beta_л$), правые ($- \beta_п$).

Контроль ориентировки – сравниваются координаты:

отвеса O_2 (см. рис.2.5, схема 7), полученных на поверхности (табл. 2.7) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 2.8):

$$X^{ш}_{O2} - X^{п}_{O2} = \Delta X = 697{,}059 - 697{,}049 = 11 \text{ мм};$$

$$Y^{ш}_{O2} - Y^{п}_{O2} = \Delta Y = 320{,}037 - 320{,}046 = -9 \text{ мм};$$

отвеса O_4 (см. рис. 2.7, схема 8), полученных на поверхности (см. табл. 2.9) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 2.10):

$$X^{ш}_{4} - X^{п}_{O4} = \Delta X = 734{,}100 - 734{,}088 = 12 \text{ мм};$$

$$Y^{ш}_{O4} - Y^{п}_{O4} = \Delta Y = 339{,}506 - 339{,}513 = -7 \text{ мм}.$$

Допустимое отклонение $\Delta X, \Delta Y \leq \pm 50$ мм.

Полученные невязки распределяются с обратным знаком в приращения координат, пропорционально длинам сторон (см. стр. 35-36).

Таблица 2.7

Ориентировка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса. Вычисление координат пунктов теодолитного хода и отвесов O_1, O_2 на земной поверхности (*схема 7*)

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "		ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
I						24,461	6,130	6125 312,051	640 723,255	I	
	II	25,217			75 55 55			336,512	729,385	II	
II	I		179 52 37			26,370	6,668				
	O_1	27,200			75 48 32			362,882	736,053	O_1	
I	II		0 39 37		255 55 55	9,932	2,367	6125 312,051	640 723,255	I	
	C	10,210			76 35 32			321,983	725,622	C	
C	I		274 15 16			4,091	-25,391				
	C_1	25,718			170 50 48			326,074	700,231	C_1	
C_1	C		251 18 52			-6,028	-3,183				
	O_2	6,817			242 09 40			320,046	697,048	O_2	

Таблица 2.8

Ориентировка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса. Вычисление координат пунктов теодолитного хода и отвесов O_3, O_4 на земной поверхности (*схема 8*)

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "	° ' "	ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
VI						22,027	10,034	6125 350,040	640 710,100	VI	
	X	24,205			65 30 30			372,067	720,134	X	
X	VI		184 00 03			25,783	9,635				
	O_3	27,524			69 30 33			397,850	729,769	O_3	
VI	X		346 34 23		245 30 30	4,305	3,354	6125 350,040	640 710,100	VI	
	C_1	5,457			52 04 53			354,345	713,454	C_1	
C_1	VI		108 28 54			-8,297	23,511				
	C	24,932			340 33 47			346,048	736,965	C	
C	C_1		85 40 48			-6,535	-2,876				
	O_4	7,140			246 14 35			339,513	734,089	O_4	

Таблица 2.9

Ориентировка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса.
Вычисление координат пунктов теодолитного хода подземных опорных сетей от отвеса O_1 (*схема 7*)

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "	° ' "	ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
O_1						-16,954	-3,270	6125362,882	640736,053	O_1	
	4	17,267			259 04 56			345,927	732,783	4	
4	O_1		175 55 21			-15,488	-4,149				
	5	16,034			254 00 17			330,439	728,634	5	
5	4		172 56 27			-10,264	-4,158				
	C	11,074			**247 56 00**			320,175	724,476	C	
C	5		100 28 22			5,004	-24,416				
	C_1	24,923			168 25 07			325,179	700,060	C_1	
C_1	C		251 18 56			-5,142	-3,001				
	O_2	5,954			239 44 03			320,037	697,059	O_2	
		P = 75,252									

Таблица 2.10

Ориентировка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса.
Вычисление координат пунктов теодолитного хода подземных опорных сетей от отвеса O_3 (*схема 8*)

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Приращения		Координаты		Номер пунктов	Эскиз
стоян.	набл.		измеренные ° ' "	исправленные ° ' "	° ' "	ΔY	ΔX	Y	X		
						в метрах					
O_3						-16,113	-7,066	6125397,850	640729,769	O_3	
	8	17,594			246 19 08			381,736	722,705	8	
8	O_3		180 53 48			-15,607	-6,556				
	7	16,928			247 12 56			366,128	716,151	7	
7	8		190 11 03			-11,676	-2,610				
	C_1	11,964			**257 24 00**			354,452	713,543	C_1	
C_1	7		262 50 39			-8,426	23,461				
	C	24,928			340 14 38			346,029	737,005	C	
C	C_1		85 44 44			-6,522	-2,905				
	O_4	7,140			245 59 22			339,506	734,100	O_4	
		P = 78,554									

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 2

Геометрический способ ориентирования

Задача 1. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через одну вертикальную выработку, если дано:

Схема 1 (см. рис. 2.1, а)

$X_{\text{I}} = 640723{,}255$ м, $Y_{\text{I}} = 6125312{,}051$ м, $\alpha_{\text{I-II}} = 75°55'55'' + N^{\text{o}} + N' + N''$,

Схема 2 (см. рис. 2.1, б)

$X_{VI} = 640710{,}100$; $Y_{VI} = 6125350{,}040$; $\alpha_{\text{VI-X}} = 65°30'30'' + N^{o} + N' + N''$,

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.2, схема 1; см. табл. 2.2, схема 2, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

Задача 2. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки если дано:

Схема 3 (см. рис. 2.2, а):

$X_{\text{I}} = 640723{,}255$ м, $Y_{\text{I}} = 6125312{,}051$ м, $\alpha_{\text{I-II}} = 75°55'55'' + N^{\text{o}} + N' + N''$.

Схема 4 (см. рис. 2.2, б):

$X_{VI} = 640710{,}100$; $Y_{VI} = 6125350{,}040$, $\alpha_{\text{VI-X}} = 65°30'30'' + N^{o} + N' + N''$,

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результа2ты полевых измерений см. в табл. 2.3, 2.4, 2.5; схема 3, табл. 2.3, 2.4, 2.5 , схема 4, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

Гироскопический способ ориентирования

Задача 3. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через одну вертикальную горную выработку с использованием гирокомпаса, если дано:

Схема 5 (см. рис. 2.4, а):

$X_{\text{I}} = 640723{,}255$ м, $Y_{\text{I}} = 6125312{,}051$ м;

$$\alpha_{I\text{-}II} = 75°55'55'' + N^{o} + N' + N'', \alpha^{Г}_{7\text{-}6} = 273°59'12'' + N^{o} + N' + N''.$$

Схема 6 (см. рис. 2.4, б):

$$X_{VI} = 640710{,}100 \text{ м}, \quad Y_{VI} = 6125350{,}040 \text{ м},$$

$$\alpha_{VI\text{-}X} = 65°30'30'' + N^{o} + N' + N'', \alpha^{Г}_{5\text{-}1} = 245°25'50'' + N^{o} + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.6, схема 5; табл. 2.6, схема 6, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

Задача 4. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные горные выработки с использованием гирокомпаса, если дано:

Схема 7 (см. рис. 2.5):

$$X_{I} = 640723{,}255 \text{ м}, \quad Y_{I} = 6125312{,}051 \text{ м};$$

$$\alpha_{I\text{-}II} = 75°55'55'' + N^{o} + N' + N'', \alpha^{Г}_{5\text{-}C} = 247°56'45'' + N^{o} + N' + N''.$$

Схема 8 (см. рис. 2.6)

$$X_{VI} = 640710{,}100 \text{ м}, \quad Y_{VI} = 6125350{,}040 \text{ м};$$

$$\alpha_{VI\text{-}X} = 65°30'30'' + N^{o} + N' + N'', \alpha^{Г}_{7\text{-}C1} = 257°24'26'' + N^{o} + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.7, 2.9, схема 7; табл. 2.8, 2.10, схема 8, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

3. ПОДЗЕМНАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ СЪЕМКА

3.1. Общие положения

Вертикальная съемка подземных горных выработок – это комплекс измерений и вычислений, производимых для определения превышений между отдельными пунктами. По высотным отметкам исходных пунктов и превышениям между точками вычисляют высотные отметки (координата *Z*) различных объектов съемки.

В подземных горных выработках определяют координаты *Z* пунктов опорной, съемочной сетей и отдельных точек при решении инженерных задач. Вертикальная съемка в шахте проводится для следующих основных целей: определение координат *Z* пунктов, заложенных в горных выработках; контроль уклонов основных откаточных выработок; задание направления и контроль проходки выработок в вертикальной плоскости; исследования и изображения формы залегания полезных ископаемых [3].

Определение высотных отметок в подземных горных выработках необходимо для пространственной увязки горных выработок между собой и с земной поверхностью в вертикальной плоскости.

Вертикальная съемка включает: геометрическое нивелирование на земной поверхности от пунктов государственной сети (не ниже IV класса точности) до устья ствола шахты, передачу высотной отметки в шахту, геометрическое или тригонометрическое нивелирование в горных выработках.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения передача высотной отметки в шахту выполняется: через наклонный ствол или штольню; через вертикальную выработку (ствол, шурф, восстающий). Передача высотной отметки через наклонный ствол или штольню – это общеизвестные методы геометрического или тригонометрического нивелирования из курса геодезии и в данном учебном пособии не рассматриваются.

Передача высоты (координаты *Z*) выполняется дважды. Разности координат, полученных двумя независимыми способами, не должны превышать:

- при передаче через вертикальный ствол

$$\Delta Z \leq 0{,}0003\, H \text{ мм},$$

где H – глубина вертикальной выработки, м;
- при передаче по горизонтальной выработке, мм:

$$\Delta Z \leq 50\sqrt{L};$$

- при передаче по наклонной выработке, мм:

$$\Delta Z \leq 100\sqrt{L},$$

где L – длина нивелирного хода, км.

При допустимых расхождениях за окончательный результат принимается среднеарифметическое значение из двух.

3.2. Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки

Передача высотной отметки через вертикальные выработки производится тремя способами: длинномером (глубиномером) ДА-2, длинной лентой (рулеткой), светодальномером (лазерной рулеткой).

Задача 1. Передача высотной отметки длинномером ДА-2

Длинномер (глубиномер) маркшейдерский, предназначен для измерения глубины вертикальных горных выработок.

В приборе стальная проволока диаметром 0,8 мм с барабана лебедки через направляющий ролик проходит по окружности мерного диска (угол обхвата более 180º) и под действием закрепленного на конце груза (груз-рейка и контрольная рейка) опускается в вертикальную горную выработку. Опускание груза контролируется вращением мерного диска, число оборотов которого (целое число и доли) определяется отсчетами по счетчику оборотов. Глубина опускания груза (конца проволоки):

$$\Delta H = \mu(N_{П} - N_{Ш}),$$

где μ – цена деления счетчика оборотов; $N_{П}$, $N_{Ш}$ – отсчеты по счетчику оборотов мерного диска до и после опускания груза.

Методика выполнения. На земной поверхности (верхний горизонт) (рис. 3.1) устанавливается длиномер ДА-2. На уровне визирного

луча нивелира, установленного на верхнем горизонте между ДА-2 и репером $R_п$, подвешивается груз-рейка. На репер $R_п$, высотная отметка которого известна, устанавливается нивелирная рейка. Берутся отсчеты: по груз-рейке ($n_п$), нивелирной рейке ($a_п$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N_п$), мм.

Далее груз-рейку опускают вниз примерно на 0,5 м и на уровне визирного луча нивелира закрепляют контрольную рейку. Берутся отсчеты: по контрольной рейке ($n'_п$), нивелирной рейке ($a'_п$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N'_п$), мм.

После этого груз-рейка и контрольная рейка опускаются до уровня визирного луча нивелира, установленного на нижнем горизонте. На репер ($R_ш$), высотную отметку которого требуется определить на нижнем горизонте, устанавливает нивелирную рейку. Берут отсчеты поочередно по груз-рейке ($n_ш$), нивелирной рейке ($a_ш$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N_ш$), мм, по контрольной рейке ($n'_ш$), нивелирной рейке ($a'_ш$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N'_ш$), мм.

Второй прием передачи высотной отметки проводится при подъеме груз-рейки и контрольной рейки в обратном направлении снизу вверх, если разница глубины при опускании, полученная между груз-рейкой и контрольной рейкой, превышает допустимую $\Delta Z_{доп} \leq 0{,}0003\ H,$ мм, где H – глубина, м. Перед выполнением второго приема предварительно изменяют положение контрольной рейки по высоте или устанавливают другой горизонт нивелира с целью получения нового отсчета.

Отсчеты по груз-рейке, контрольной рейке и нивелирной рейке берутся с точностью до миллиметра.

Результаты измерений записывают в полевой журнал (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Полевой журнал для записей измерений длиномерами ДА-2

Наименование операций	Отсчеты, мм						$t_п$, град	$t_ш$, град
	$N_п$	$n_п$	$a_п$	$N_ш$	$n_ш$	$a_ш$		
Спуск груз-рейка	12000	220	1150	512000	370	1500	25	10
контр. рейка	12500	210	1150	512500	365	1500	$t_{ср}$=17,5	
Подъем груз-рейка контр. рейка								

Примечание: $N_п$, $N_ш$ – отсчеты по мерному диску при нахождении груз-рейки и контрольной рейки на верхнем (поверхность) и на нижнем (шахты) горизонтах соответственно;
$n_п$, $n_ш$ – отсчеты по груз-рейке и контрольной рейке на верхнем (поверхность) и на нижнем (шахта) горизонтах соответственно;
$a_п$, $a_ш$ – отсчеты по нивелирной рейке на верхнем (поверхность) и на нижнем (шахта) горизонтах соответственно.

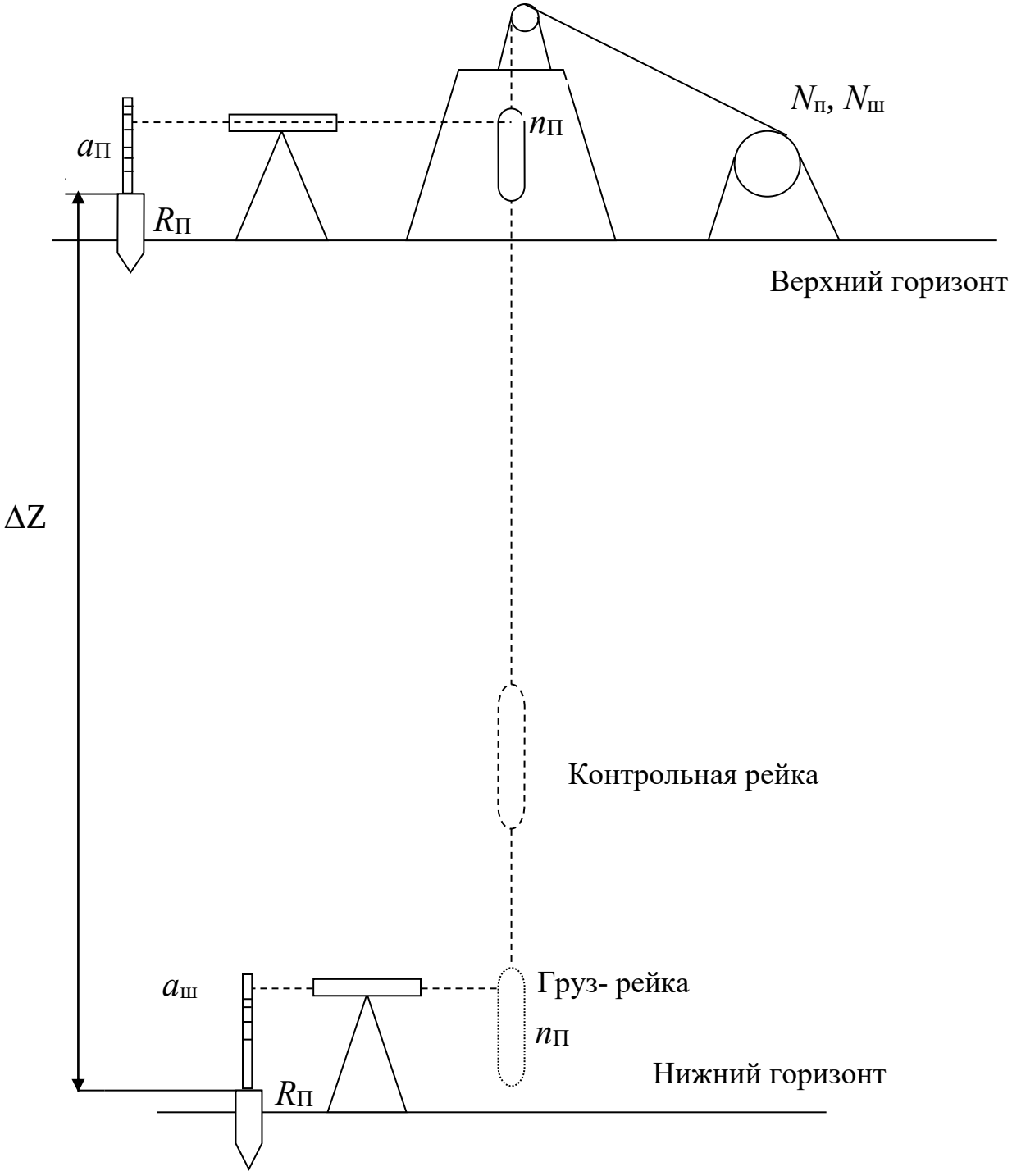


Рис. 3.1. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длиномером (глубомером) ДА-2

Камеральная обработка результатов измерений

Превышение ΔZ определяется в каждом полуприеме раздельно для груз-рейки и контрольной рейки по формуле:

$$\Delta Z = \left(N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}\right) + \left(a_{\text{п}} - a_{\text{ш}}\right) + \left(n_{\text{ш}} - n_{\text{п}}\right).$$

Груз-рейка:

ΔZ_1=(12000–512000)+(1150–1500)+(220–370) = -499500 мм = -499,500 м.

Контрольная рейка:

ΔZ_2=(12500–512500)+(1150–1500)+(220–370) = -499495 мм = -499,495 м.

Контроль: $\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2$ = 499,500 – 499,495 = 0,005 м

$\Delta Z_{\text{доп}}$ = 0,0003 H = 0,0003·500 = 150 мм

$\Delta Z_{\text{ср}} = (\Delta Z_1 + \Delta Z_2)/2$ = -499,498 м

В вычисленное превышение вводят поправки:

1) за диаметр проволоки, мм,

$$\Delta L_d = 0{,}001\pi d\left(N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}\right),$$

где d – диаметр проволоки, мм (0,8 мм); $N_{\text{п}}$, $N_{\text{ш}}$ – отсчеты по мерному диску ДА-2, м; $\pi = 3{,}1416$,

$$\Delta L_d = 0{,}001 \cdot 3{,}14 \cdot 500 = +1{,}57 \text{мм};$$

2) за разность температуры проволоки в вертикальной выработке и на земной поверхности:

$$\Delta L_t = \alpha\left(N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}\right)\left(t_{\text{ср}} - t_{\text{п}}\right); \quad t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{ш}}}{2},$$

где α – температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена проволока (для стали α = 0,0000115); $t_{\text{п}}, t_{\text{ш}}$ – температура воздуха на земной поверхности и на ориентируемый горизонт, соответственно, град;

$$\Delta L_t = 0{,}0000115 \cdot 500 \cdot \left(17{,}5 - 25\right) = -0{,}043 \text{ мм};$$

3) за разность температуры мерного диска при измерении и компарировании

$$\Delta L_{\text{Д}} = \alpha_{\text{Д}}\left(N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}\right)\left(t_n - t_0\right),$$

где $\alpha_{\text{д}}$ – коэффициент линейного расширения металла мерного диска $\alpha_{\text{д}}$ = 0,000011; t_n, t_0 – температура мерного диска при измерении и компарировании, соответственно ($t = 25°$, $t_0 = 20°$),

$$\Delta L_{\text{Д}} = 0{,}000011\left(12000 - 512000\right)\left(20 - 25\right) = -0{,}028 \text{ мм};$$

4) за компарирование мерного диска

$$\Delta L_{\text{К}} = \left(N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}\right)\left(l - 1\right),$$

где l – длина окружности мерного диска по паспорту завода (l = 996,8996 мм),

$$\Delta L_{\text{К}} = 500 \cdot (0{,}9968996 - 1) = -1{,}5 \text{ мм}.$$

Исправленное превышение $\Delta Z_{\text{И}}$ вычисляется для каждого полуприема, т. е. по груз-рейке и контрольной рейке по формуле:

$$\Delta Z_{\text{И}} = \Delta Z + \Delta L_d + \Delta L_t + \Delta L_{\text{Д}} + \Delta L_{\text{К}}.$$

Груз-рейка:

$$\Delta Z_{\text{И1}} = 499500 + 1{,}57 - 0{,}043 - 0{,}028 - 1{,}5 = 499500 \text{ мм}.$$

Контрольная рейка:

$$\Delta Z_{\text{И2}} = 499495 + 1{,}57 - 0{,}043 - 0{,}028 - 1{,}5 = 499495 \text{ мм}.$$

Расхождение между превышениями, определенными по груз-рейке ($\Delta Z_{\text{И1}}$) и контрольной рейке ($\Delta Z_{\text{И2}}$):

$$\delta Z_{\text{И}} = \Delta Z_{\text{И}_1} - \Delta Z_{\text{И}_2} = 499500 - 499495 = 5 \text{ мм}.$$

Окончательный контроль:

$$\delta Z_{\text{И}} = \Delta Z_{\text{И}_1} - \Delta Z_{\text{И}_2} = 5\text{мм} < \Delta Z_{\text{доп}} = 0{,}0003 \cdot H = 150 \text{ мм},$$

где H – глубина вертикальной выработки ($H = N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}$), м.

Среднее арифметическое значение $\Delta Z_{\text{ср}}$:

$$\Delta Z_{\text{ср}} = \frac{\Delta Z_{И_1} + \Delta Z_{И_2}}{2} = \frac{499{,}500 + 499{,}495}{2} = 499{,}498 \text{ м}.$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте:

$$Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}} = 210{,}000 + (-499{,}498) = -289{,}498 \text{ м},$$

где $Z_{\text{ш}}$, $Z_{\text{п}}$ – высотная отметка реперов соответственно на ориентируемом горизонте и на земной поверхности ($Z_{\text{п}} = 210{,}000$ м).

Задача 2. Передача высотной отметки длинной лентой (рулеткой)

Длинная лента – это лебедка, на барабан которой (диаметром 30 мм) намотана лента. Длина ленты может быть от 100 до 500 м. При передаче высотной отметки на глубину до 100 м используется металлическая компарированная рулетка.

В учебном пособии приведен пример выполнения данных работ на учебном полигоне. Суть примера состоит в передаче высотной отметки с верхнего горизонта (земная поверхность) на нижний горизонт (шахта).

Приборы и оборудование: длинная лента (рулетка), металлическая линейка с миллиметровыми делениями длиной 50 мм, нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний горизонт) (рис. 3.2) устанавливается лебедка с лентой.

В производственных условиях на конце ленты подвешивается временный груз не более 3 кг и лента опускается на ориентируемый горизонт, где на ее конце подвешивается постоянный груз Q по массе, равной грузу, при котором производится компарирование ленты Q_0. На учебном полигоне лента опускается ниже уровня визирного луча нивелира и на конце ее подвешивается постоянный груз.

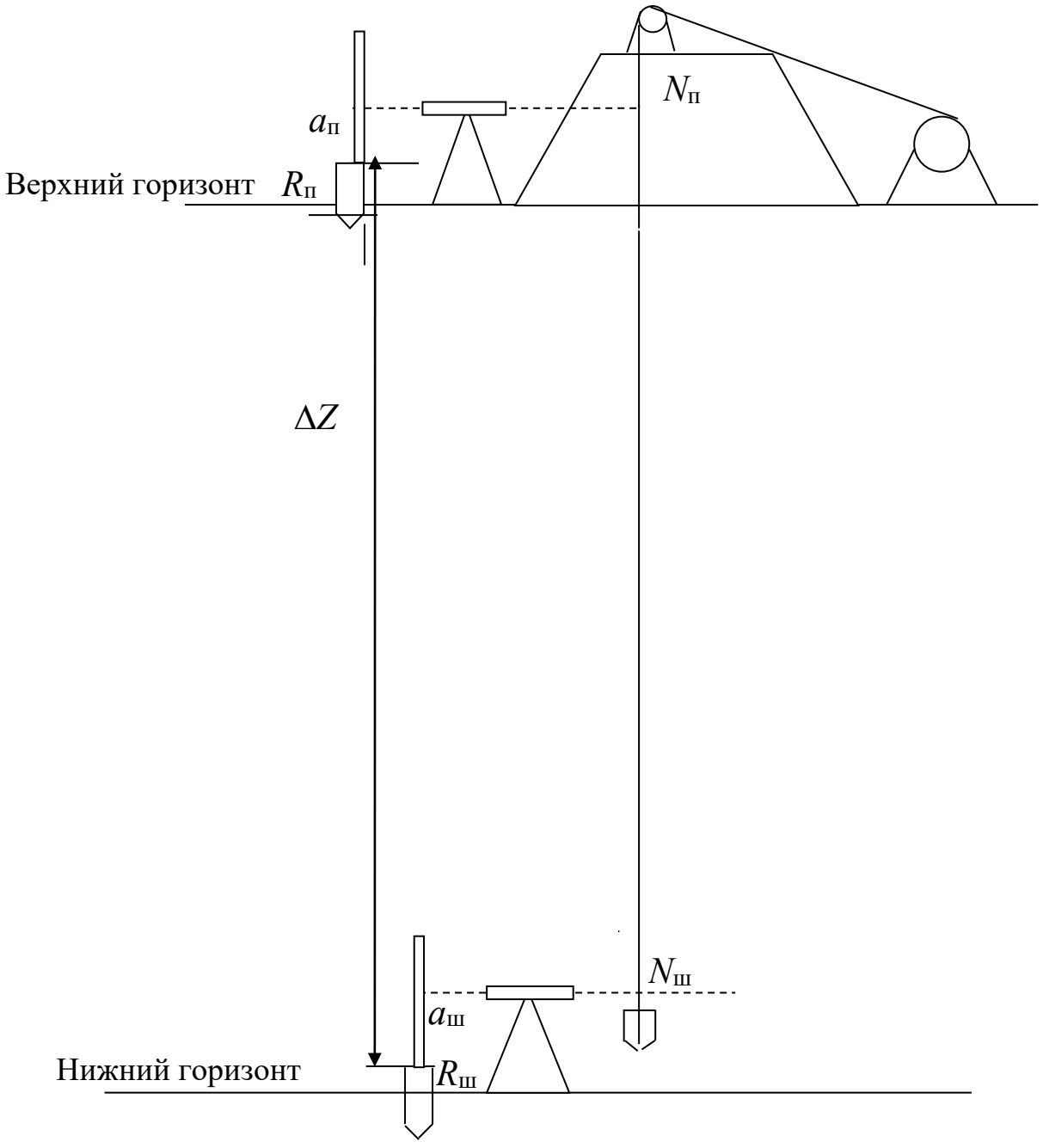


Рис.3.2. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длинной лентой (рулеткой)

На земной поверхности (верхний горизонт) и на ориентируемом горизонте (нижний горизонт) устанавливаются нивелиры, так, чтобы через трубу нивелира были видны лента и нивелирная рейка, установленная на репере $R_{\text{п}}$, высотная отметка которого известна, и $R_{\text{ш}}$, высотную отметку которого нужно определить (см. рис. 3.2).

При измерениях по визирной оси нивелира берут отсчеты с точностью до миллиметра: по ленте, используя металлическую линейку, на земной поверхности (верхний горизонт) $N_{\text{п}}$ и на ориентируемом горизонте (нижний горизонт) $N_{\text{ш}}$; по нивелирным рейкам, установленным на реперах, соответственно на земной поверхности (верхний горизонт) $a_{\text{п}}$, на ориентируемом горизонте $a_{\text{ш}}$. Измеряется температура воздуха на земной поверхности (верхний горизонт) $t_{\text{п}}$ и на ориентируемом горизонте $t_{\text{ш}}$.

Передача высотной отметки выполняется дважды. При втором измерении меняется или высота инструментов (нивелиров) или положение ленты. Во втором случае лента должна быть приподнята или опущена на 10 - 20 см.

Запись результатов измерений производится в полевой журнал (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Полевой журнал для записей длинной лентой (рулеткой)

Положение ленты	Отсчеты, мм				Температура, град	
	$N_{\text{п}}$	$N_{\text{ш}}$	$a_{\text{п}}$	$a_{\text{ш}}$		
1	1300	501305	1150	1500	$t_{\text{п}}$	25
					$t_{\text{ш}}$	10
2	1310	501315	1150	1500		$t_{\text{ср}}$=17,5

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом положении ленты определяется по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}) + (a_{\text{П}} - a_{\text{Ш}}).$$

Первое положение $\Delta Z_1 = (1300 - 501305) + (1150 - 1500) = -500355$ мм.

Второе положение $\Delta Z_2 = (1300 - 501310) + (1150 - 1500) = -500350$ мм.

В вычисленное превышение вводят поправки, м:

1) поправка за растяжение ленты от собственного веса

$$\Delta L_1 = \frac{L^2 \cdot \gamma \cdot q}{2E},$$

где $L = (N_n - N_ш)$ – длина ленты на измеренном участке: γ – плотность металла ленты (7874 кг/м^3); $q = 9{,}81$ м/с^2; E – модуль упругости стали, $E = 2{,}5 \cdot 10^{11}$ Па, $E = 2 \cdot 10^6$ кг/см^2;

2) поправка за температуру

$$\Delta L_t = \alpha L (t_{ср} - t_0),$$

где α – коэффициент линейного расширения металла (для стали α=0,0000115), температура воздуха, соответственно, $t_{ср}$ – средняя (верхний и нижний этаж); t_0 – при компарировании ленты;

3) поправка за компарирование $\Delta L_к$;

4) поправка за расстояние ленты от груза Q:

$$\Delta L_2 = \frac{L(Q - Q_O) \cdot q}{ES}.$$

Исправленное превышение $\Delta Z_и$ вычисляется для каждого положения ленты

$$\Delta Z_и = \Delta Z + \Delta L_1 + \Delta L_t + \Delta L_к + \Delta L_2.$$

В вычисления, выполненные на учебном полигоне, поправки не вводятся.

Расхождение между превышениями, определенными при первом положении ленты ΔZ_1 и втором ΔZ_2, не должно превышать, м:

$$\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2 \le 0{,}0003 \cdot H,$$

где H – глубина вертикальной выработки ($H = N_П - N_Ш$) м.

Из двух положений ленты определяется среднее:

$$\Delta Z_{ср} = \frac{\Delta Z_1 + \Delta Z_2}{2} = \frac{500355 + 500350}{2} = 500352 \text{ мм}.$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте

$$\Delta Z_{\text{Ш}} = Z_{\text{П}} + \Delta Z_{\text{ср}} = 210{,}850 + (-500{,}352) = -289{,}502 \text{ м},$$

где $Z_{\text{П}}$ – высотная отметка репера на земной поверхности, $Z_{\text{П}} = 210{,}850$ м.

Задача 3. Передача высотной отметки светодальномером (лазерной рулеткой)

Приборы и оборудование: светодальномер (лазерная рулетка), нивелир, нивелирная рейка, барометр, термометр.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний горизонт) (рис. 3.3) устанавливается светодальномер (лазерная рулетка) на ориентируемом горизонте (нижний горизонт) – отражатель.

С помощью нивелира берут отсчеты: на верхнем горизонте по рейке, установленной на репере $R_{\text{п}}$ с известной высотной отметкой – отсчет $a_{\text{п}}$ и по рейке, установленной на светодальномере – отсчет $b_{\text{п}}$; на нижнем горизонте – отсчет по рейке $a_{\text{ш}}$, установленной на репере $R_{\text{ш}}$, высотную отметку которого требуется определить и по рейке, установленной на отражателе $b_{\text{ш}}$. Светодальномером измеряют расстояние L.

Измерения повторяют не менее двух приемов, изменив высоту нивелира или светодальномера и отражателя.

Запись результатов измерений ведут в полевом журнале (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Полевой журнал для записей измерений светодальномером (лазерной рулеткой)

Номера измерений (приемов)	Отсчеты, мм					Температура, t, град	Атмосферное давление, P	Примечания
	L	$b_{\text{п}}$	$a_{\text{п}}$	$b_{\text{ш}}$	$a_{\text{ш}}$			
1	500000	1600	1500	1300	1600	20	760	
2	500000	1500	1400	1400	1500			

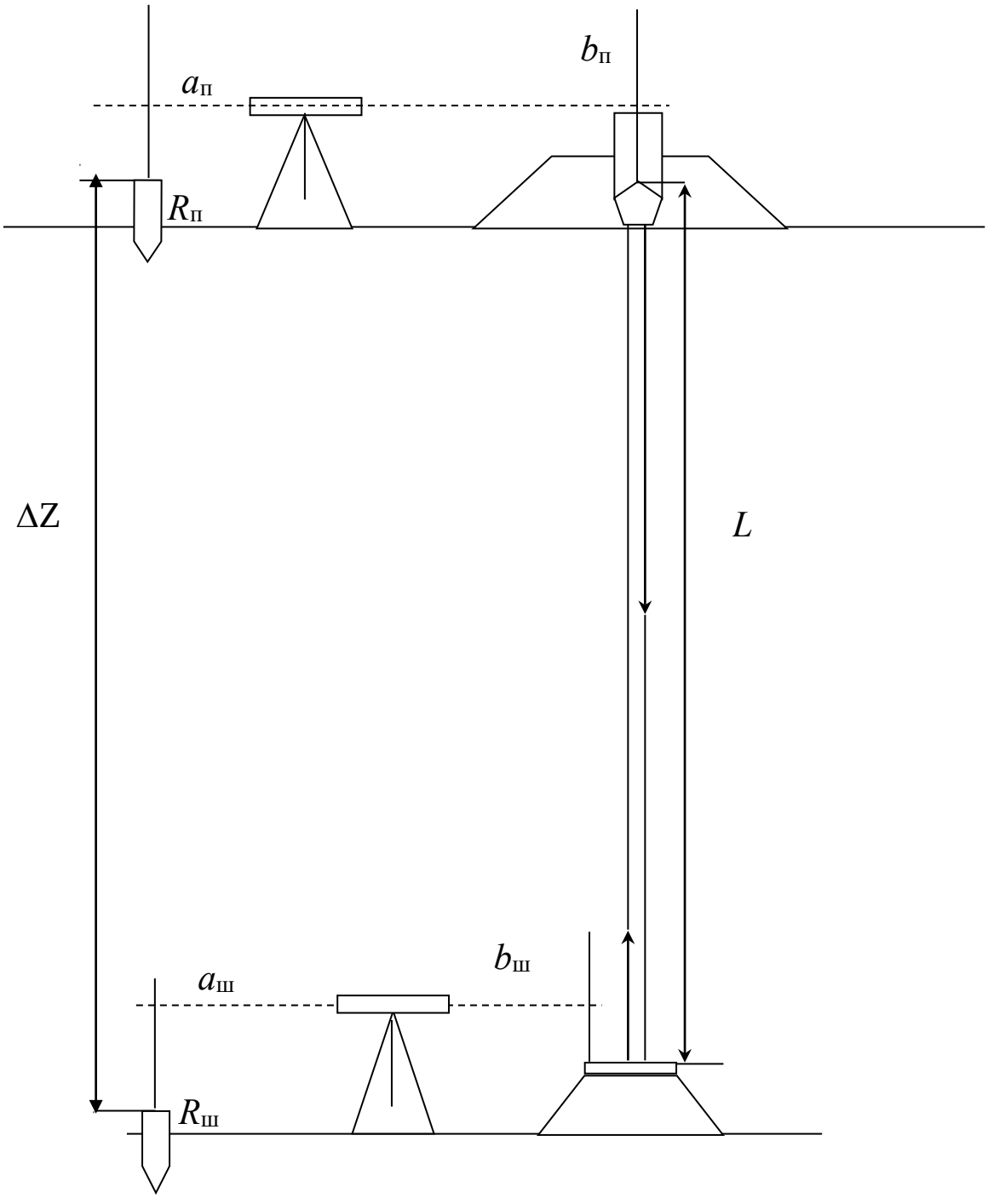


Рис. 3.3. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку светодальномером (лазерной рулеткой)

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом приеме определяется по формуле:

$$\Delta Z = L - (a_{\text{п}} - b_{\text{п}}) + (a_{\text{ш}} - b_{\text{ш}}).$$

Первый прием $\Delta Z_1 = 499900 - (1500 - 1600) + (1500 - 1300) = -499800$ мм.
Второй прием $\Delta Z_2 = 499900 - (1400 - 1500) + (1600 - 1400) = -499800$ мм.

В вычисленные превышения вводятся поправки:
- поправка за температуру воздуха ΔL_t;
- поправка за атмосферное давление ΔL_p;
- постоянная поправка светодальномера ΔL_c.

Исправленное превышение $\Delta Z_{\text{и}}$ вычисляется для каждого приема:

$$\Delta Z_{\text{и}} = \Delta Z + \Delta L_t + \Delta L_p + \Delta L_{\text{с}}.$$

Расхождение между превышениями, определенными в каждом приеме, не должно превышать величины

$$\delta Z = \Delta Z_{\text{И1}} - \Delta L_{\text{И2}} \le 0{,}0003H,$$

где H – глубина вертикальной выработки, м.

Окончательно принимается среднеарифметическое значение

$$\Delta Z_{\text{ср}} = \frac{(\Delta Z_{\text{И1}} + \Delta Z_{\text{И2}})}{2} = 499{,}800 \text{ м}.$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$Z_{\text{Ш}} = Z_{\text{П}} + \Delta Z_{\text{ср}} = 210{,}300 + (-499{,}800) = -289{,}500 \text{ м},$$

где $Z_{\text{П}}$ – высотная отметка репера на верхнем горизонте, $Z_{\text{П}}$=210,300 м.

Благодаря прогрессу электроники и микропроцессорной техники в самом конце XX века появился новый класс компактных и лег-

ких приборов для точного измерения расстояний до нескольких десятков и даже сотен метров – ручные лазерные безотражательные светодальномеры (РЛБС). За малые габариты и вес, высокую точность измерений и функциональность они получили название лазерных рулеток и в последние 15 лет сменились уже три поколения этих приборов.

В настоящее время в России при маркшейдерско-геодезических работах используется множество различных РЛБС, в основном 3-го и 4-го поколений, различных типов и модификаций от многочисленных зарубежных производителей. Все они, за исключением бытовых РЛБС, включены в Единый государственный реестр средств измерений и их применение разрешено на территории России.

С целью выбора оптимального типа лазерной рулетки для передачи координаты *Z* в шахту по вышеприведенной схеме (см. рис. 3.3) с учетом функциональных и метрологических характеристик рекомендуются рулетки фирм *Leica* и *BOSH*, диапозон измерений расстояний которых до 100 м, погрешность измерения 1-1,5 мм.

Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки с помощью проекциометров

В маркшейдерской практике используются несколько моделей проекциометров. Основное назначение маркшейдерского проекциометра – выполнение соединительных съемок через глубокие шахтные стволы. Проекциометр предназначен для передачи плановых координат *X, Y* и абсолютной высоты, координаты *Z* через вертикальные горные выработки.

Кроме того, он может быть использован для определения вертикальных направлений при контроле вертикальности возведений высотных сооружений.

В учебном пособии в качестве ознакомительного курса приводится техническая характеристика нескольких моделей проекциометров (табл. 3.4).

Проекциометр состоит из следующих основных частей: микрометрического уровня; лебедки с тросом диаметром 1-1,3 мм; штатива с основанием; груз-рейки; направляющих блоков.

Таблица 3.4

Технические характеристики моделей проекциометров

Техническая характеристика	ПМ11	ПМ4	ПМ100	ПМ10
Глубина измерения H, м	2000	1000	210	2000
Погрешность измерения глубины	0,0001H	0,0001H	0,00013H	0,001H
Погрешность отклонения от вертикали	0,0012H	0,0012H	0,017H	0,002H
Погрешность проектирования координат X, Y	0,0001H	0,0001H	0,0001H	0,00005H
Температура окружающего воздуха	-25…+35 °С	-25…+40 °С	-25…+35 °С	-15…+40 °С

Принципиальная схема передачи координаты Z через вертикальную горную выработку проекциометром аналогична схеме передачи глубиномером ДА-2.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 3

Задача 1. Выполнить расчет превышения ΔZ и координаты $Z_{ш}$ при передаче высотной отметки через вертикальную горную выработку длинномером ДА-2 (см. рис. 3.1), если дано:
отсчеты при груз-рейке $N'_{п}$=12000 мм +N, м; $N_{ш}$=512000+N, м;
отсчеты при контрольной рейке $N'_{п}$=12500 мм +N, м; $N_{ш}$ = 512000 мм +N, м; отметка репера $R_{п}$=$Z_{п}$=210,000 м + N, м,
где N – номер варианта в метрах.

Задача 2. Выполнить расчет превышения ΔZ и координаты $Z_{ш}$ при передаче высотной отметки через вертикальную горную выработку длинной лентой (см. рис. 3.2), если дано:
отсчеты при первом положении ленты $N_{п}$=1300 мм +N, м;
отсчеты при втором положении ленты $N_{п}$=1310 мм +N, м;
отсчеты по нивелирной рейке на земной поверхности
$a_{п}$ = 1150 мм + N мм;
отсчеты по нивелирной рейке в шахте $a_{ш}$ = 1500 мм + N мм;
отметка репера $R_{п}$ – $Z_{п}$=210,850 м + N, м,
где N – номер варианта.

Задача 3. Выполнить расчет превышения ΔZ и координаты $Z_{ш}$ при передачи высотной отметки через вертикальную горную выработку светодальномером (см. рис 3.3), если даны отсчеты (см. табл. 3.3) и высотная отметка репера на верхнем горизонте $Z_{п}$=210,300 м + N, м, где N – номер варианта.

Список литературы

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ, серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерского контроля. М., 2003. 118 с.

2. Терминологический словарь по маркшейдерскому делу. М.: Недра, 1987. 191 с.

3. Маркшейдерское дело/ Д. Н. Оглоблин и др. М.: Недра, 1981. 704 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Земских Г.В., Шевелёв А.А.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебно-методическое пособие

к курсовой работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по лабораторным работам предназначены для студентов первого и второго курсов маркшейдерской специальности, изучающих курс "Маркшейдерия". Лабораторные работы проводятся с целью закрепить знания студентов в области теории, методики и камеральной обработки основных видов маркшейдерских работ, проводимых в шахте. Изучение курса завершается учебной практикой на действующем горном предприятии после окончания второго курса. В порядке подготовки к учебной практике с целью закрепления теоретических знаний и отработки практических навыков в программе лабораторных занятий предусмотрено выполнение комплекса полевых и камеральных работ основных видов маркшейдерских съемок при подземной разработке. Лабораторные работы проводятся в учебном здании университета на специальном учебном полигоне бригадами в составе 6 - 7 человек с обязательным прохождением каждым студентом всех видов работ (наблюдателем, журналистом, вспомогательным рабочим). Вычислительные работы и отчет по лабораторным работам выполняется каждым студентом индивидуально.

В комплект отчетной документации по лабораторным работам входят:

а) полевые ведомости с записью результатов измерений (бригадные);

б) расчеты, выполненные по прилагаемым формам (индивидуальные);

в) чертежи, схемы, выполненные на бумаге формата А4 (индивидуальные).

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Маркшейдерия» и учитывают изменения, произошедшие в изложении курса.

1. ПОДЗЕМНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ

1.1. Общие сведения

Подземная маркшейдерская съемка – это комплекс пространственно-геометрических измерений и вычислений,

проводимых с целью [1, 2]:

- графическое изображение на планах и разрезах контуров залегания полезного ископаемого, горных выработок, инженерных сооружений в единой с земной поверхностью системе координат;

- решение горно-геометрических задач, возникающих на всех стадиях освоения месторождения (разведки, строительства и эксплуатации горного предприятия).

Подземные маркшейдерские съемки разделяются:

- подземная теодолитная съемка для построения главной геометрической основы горизонтальных съемок (опорные и съемочные сети);

- ориентирно-соединительная съемка для установления геометрической связи подземных съемок со съемками на земной поверхности. Данная съемка позволяет совмещать планы горных выработок с планами земной поверхности;

- съемка нарезных и очистных горных выработок, проводимая упрощенными способами с целью определения границ горных работ и объемов добытой горной массы;

- подземная вертикальная съемка для определения относительного расположения по высоте горных выработок и земной поверхности. Эта съемка включает: передачу высотной отметки с земной поверхности в шахту; геометрическое нивелирование в горизонтальных и тригонометрическое нивелирование в наклонных горных выработках.

Все виды, указанных выше подземных маркшейдерских съемок, выполняются в соответствии с требованиями инструкции по производству маркшейдерских работ, в основе которых предусмотрены *три основные принципа*:

- съемка должна вестись от общего к частному, т. е. от более точного (опорные сети) к менее точному (съемка подробностей);

- съемка должна выполняться с необходимой и достаточной точностью, обусловленной требованиями производства (технологией добычи). Недостаточная точность может привести к браку горных работ, а в некоторых случаях может явиться причиной несчастного случая. Излишняя точность требует ненужных, непроизводительных затрат труда маркшейдера;

- все измерения и вычисления, выполняемые в каждом из видов съемок, должны выполняться с обязательным объективным контролем. Наличие контроля обеспечивает необходимую точность

результатов съемки и исключает возможность появления грубых ошибок в измерениях и вычислениях.

1.2. Основные понятия ориентирования и единиц мер измерения

При выполнении топографо-геодезических, картографических и маркшейдерских работ используется система геодезических и система плоских координат Гаусса-Крюгера 1942 г. – это дата определения размеров эллипсоида Красовского. Вычисление подземных маркшейдерских съемок проводится в плоских прямоугольных координатах в конформной (равноугольной) проекции. Сущность данной системы заключается в том, что поверхность эллипсоида делится с запада, от Гринвичского меридиана, на восток на шестиградусные зоны. При этом осевой меридиан и экватор изображаются двумя взаимно перпендикулярными линиями (рис. 1).

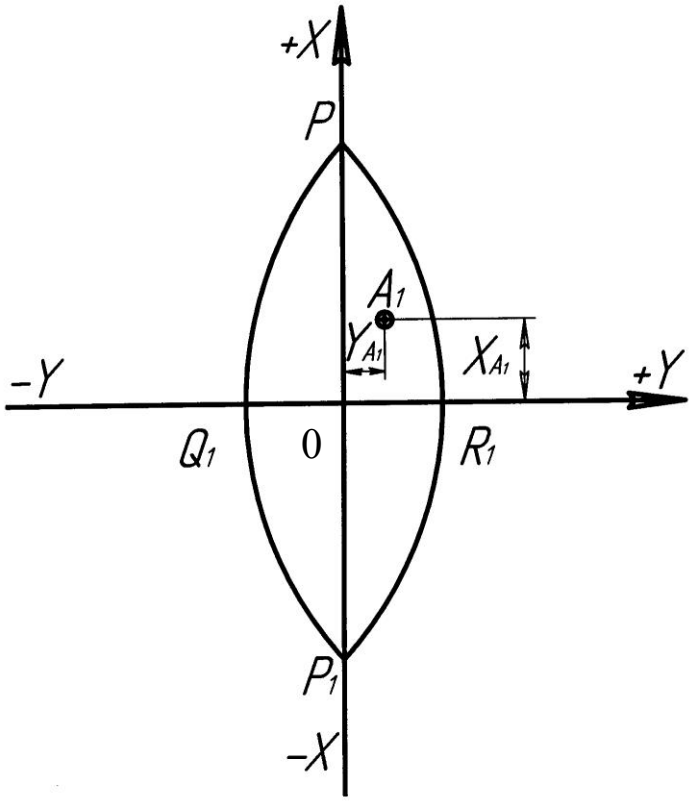


Рис. 1. Плоские прямоугольные координаты Гаусса точки A_1 земного эллипсоида

Осевой меридиан на плоскости – прямая POP_1, перпендикуляр к нему - линия экватора Q_1R_1, начало координат точка пересечения О.

Некоторая точка A на земном эллипсоиде с геодезическими координатами (широта и долгота) изображается на плане точкой A_1 с плоскими прямоугольными координатами $X_{A_1} Y_{A_1}$.

Между геодезическими координатами и плоскими существует определенная математическая зависимость, позволяющая осуществлять пересчет из одной системы в другую. Имея исходные прямоугольные плоские координаты и проектируя измеренные длины на плоскость, дальнейшее вычисление координат определяемых точек ведется по формулам аналитической геометрии. Плановое положение пункта подземной теодолитной съемки определяется тремя величинами: долготой осевого меридиана, в которой находится точка; абсциссой – расстоянием от точки до экватора; ординатой – расстоянием от точки до осевого меридиана. На территории нашей страны, находящейся в северном полушарии, абсциссы точек только положительны, ординаты могут быть как положительны, так и отрицательны. Например, $X_{A_1} = 5057$ км и $Y_{A_1} = 3575$ км, т. е. точка A_1 находится на расстоянии 5057 км к северу от экватора, в 3-й зоне на расстоянии 575 км к востоку от осевого меридиана.

На горных предприятиях существует также так называемая условная система координат, которая имеет определенную связь с системой координат 1942 г.

Разности координат двух точек называют *приращением координат* (ΔX и $\Delta У$). В зависимости от значений координат точек приращения могут иметь знак (+) или (-).

При расчетах в системе прямоугольных координат важное значение имеет умение решать прямую и обратную геодезические задачи. Прямая геодезическая задача заключается в определении координат искомой точки B относительно исходной точки A по горизонтальной проекции линии d_{AB} и дирекционному углу этой линии α_{AB} по известным формулам:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} = X_A + \Delta X_{AB};$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB}.$$

Обратная геодезическая задача заключается в определении дирекционного угла α_{AB} линии АВ и горизонтальной проекции длины линии по известным координатам точек этой линии

X_A, Y_A, X_B, Y_B:

$$r_{AB} = \text{arctg}\left(\frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}\right) = \text{arctg}\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right);$$

$$d_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin r_{AB}} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos r_{AB}} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2},$$

где r_{AB} – табличный угол (румб), по которому определяется значение дирекционного угла.

При вычислении дирекционного угла α_{AB} необходимо учитывать знаки приращений координат (+) или (-), следуя правилу:

ΔX	ΔY	α, град.		
		от	до	
+	+	0	90	$\alpha_{AB} = r_{AB}$
-	+	90	180	$\alpha_{AB} = 180° - r_{AB}$
-	-	180	270	$\alpha_{AB} = 180° + r_{AB}$
+	-	270	360	$\alpha_{AB} = 360° - r_{AB}$

Расположение точек по вертикали называется высотой точек (высотная отметка, координата *Z*). В нашей стране высоты точек отсчитываются от уровня Балтийского моря - нуля Кронштатского футштока (Балтийская система высот $Z_0 = 0$). Выше исходного уровня высоты точек со знаком (+), ниже исходного уровня – со знаком (-). Разница между высотами двух точек называется превышением (*h*). В зависимости от взаиморасположения точек превышения имеют знак (+) или (-) и определяются по формуле: $h = Z_A - Z_B$, где Z_A è Z_B - высоты точек *A* и *B*.

Если известны значения координат двух точек, например X_A, Y_A, Z_A, X_B, Y_B, Z_B, по их значениям могут быть определены:

1) длина линии (*l*);

$$l = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2},$$

2) горизонтальное проложение линии (*d*) – проекция на горизонтальную плоскость длины линии (*l*);

$$d = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = l \cdot \cos\delta,$$

3) угол наклона линии (δ) – угол между направлением линии (*l*) и ее горизонтальным проложением;

$$\delta = \text{arctg}\left(\frac{Z_B - Z_A}{d}\right);$$

при известных значениях превышения *h* и длины *l*

$$d = \sqrt{l^2 - h^2};\ \ \delta = \arcsin\left(\frac{h}{l}\right);$$

тангенс угла наклона линии, уклон линии (*i*)

$$i = \text{tg}\delta = \frac{h}{d}.$$

Ориентирование линий в маркшейдерской съемке осуществляется по дирекционному углу и румбу. *Дирекционным углом* α называется горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления осевого меридиана или линии параллельной ему до направления ориентируемой линии. Дирекционные углы могут иметь значения от 0 до 360°. Дирекционные углы двух смежных линий взаимосвязаны между собой

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_л - 180^\circ = \alpha_i - \beta_п + 180^\circ,$$

где α_{i+1}, α_i - дирекционные углы соответственно предыдущей и последующих линий; $\beta_л$ и $\beta_п$ - горизонтальные углы между смежными линиями соответственно левый и правый по направлению хода.

Румбы имеют значения от 0 до 90^0, образованные ближайшими северным или южным концом осевого меридиана и направлением ориентируемой линии. Угловая величина румба называется *табличным углом.*

При выполнении маркшейдерских съемок измеряют в

основном линейные и угловые величины.

Длины линий выражают в метровой мере за единицу длины, в которой считается 1 метр (м), длина которого с 1960 г. принята равной 1650763,73 длины излучения спектра атома криптона – 86 в вакууме:

1 м = 100 см, 1 см = 10 мм, 1000 м = 1 км.

Углы выражаются в градусной, радиальной и децимальной мерах. В градусной мере единицей угла принят 1 градус, равный 1/90 части прямого угла.

1° = 60' (минут) = 360" (секунд); 1' = 60" (секунд).

В радиальной мере единицей угла принято считать 1 радиан, равный соотношению длины дуги в один радиус к величине соответствующего радиуса:

1 рад = 1 при $\alpha = 57°17'45''$, т. е.

$\alpha^r = \alpha^0/57{,}3° = \alpha'/3138'' = \alpha''/206265''$.

Для малых углов, близких 0°, $\alpha^r = \sin\alpha^0 = \mathrm{tg}\alpha^0$.

В децимальной мере единицей угла принято считать 1 градус, равный 1/100 части прямого угла: 1 град = 100^c (градовых минут); $1^c = 100^{cc}$ (градовых секунд).

1.3. Теодолитная съемка в шахте

Подземная теодолитная съемка выполняется с целью определения плановых координат системы пунктов, расположенных в горных выработках, и является плановой основой горизонтальных маркшейдерских съемок, а также используется для аналитического решения задач, возникающих в процессе работы горного предприятия (задание направления горных выработок, проведение сбоек и др.) Теодолитная съемка осуществляется путем проведения теодолитных ходов по горным выработкам.

Теодолитная съемка в шахте включает выполнение следующих операций: рекогносцировка участка съемки и закрепление вершин пунктов теодолитного хода; измерения горизонтальных и вертикальных углов; измерения длин сторон хода; съемки контуров горных выработок и других объектов; камеральная обработка результатов съемки.

При выполнении лабораторных работ по данному разделу студенты выполняют: измерение углов и длин теодолитного хода, съемку подробностей (контуров), камеральную обработку

результатов измерений.

1.3.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Перед началом измерения углов обязательно проводятся поверки теодолита. Теодолит должен удовлетворять следующим основным условиям:

1. Подъемные винты подставки, закрепительные и наводящие винты горизонтального лимба и алидады, а также зрительной трубы должны вращаться плавно без люфтов и качки.

2. Ось цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна, а ось круглого уровня – параллельной вертикальной оси вращения инструмента.

3. Оптические системы зрительной трубы, оптического центрира и отсчетного микроскопа должны обеспечивать качественное фокусирование на визирные цели.

4. Одной из основных поверок теодолита является определение коллимационной погрешности, т. е. определение величины отклонения визирной оси трубы от перпендикуляра к горизонтальной оси ее движения. Коллимационную погрешность вычисляют по формуле

$$c = \frac{\left(a_{л1} - a_{п1} \pm 180^\circ\right) + \left(a_{л2} + a_{п2} \pm 180^\circ\right)}{4},$$

где $a_{л1}, a_{л2}, a_{п1}, a_{п2}$ - отсчеты по лимбу горизонтального круга, взятые при наведении прибора на одну и ту же точку соответственно при круге слева (КЛ) и круге справа (КП).

В случае превышения коллимационной погрешности допустимой величины (для теодолитов технического класса точности 1') условие перпендикулярности оси считается несоблюденным. Для выполнения данного условия вычисляют правильные отсчеты

$$a = a_{Л} - c;$$
$$a = a_{П} - c,$$

и производят юстировку прибора.

При измерении горизонтального угла полным приемом (КЛ и КП) коллимационная погрешность на точность полученного

значения угла не влияет.

Измерение горизонтальных углов проводится способом приемов и круговых приемов.

В качестве визирных целей на закрепленные в кровле (в потолке) маркшейдерские точки подвешивают шнуровые отвесы, в почве (в полу) устанавливаются центры-шляпки дюбелей. На каждой точке производится центрирование теодолита с точностью до 1 мм.

При измерении угла способом приемов необходимо соблюдать следующий порядок действий:

1. В точке *C* (рис. 2) устанавливается (центрируется и горизонтируется) теодолит. В точках *A* и *B* подвешиваются отвесы или устанавливаются сигналы. Точность центрирования теодолита и сигналов 1 - 2 мм.

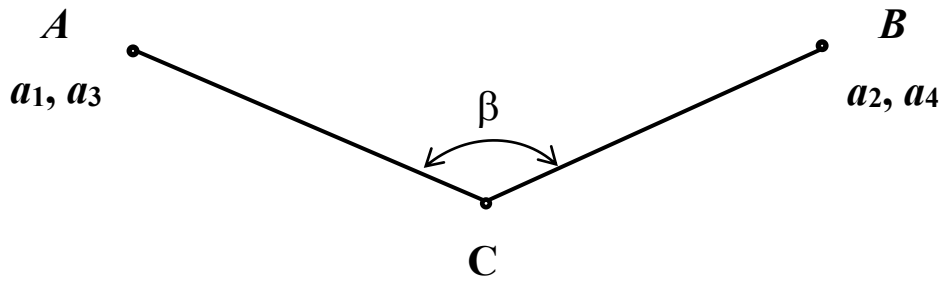


Рис. 2. Измерение горизонтального угла теодолитного хода

2. Визируют (наводят теодолит) при КЛ на заданную точку *A* и берут отсчет по горизонтальному кругу лимба a_1. Отсчет a_1 устанавливают юстировочным винтом несколько более 0° (2 – 5').

3. Визируют на переднюю точку *B* и берут отсчет a_2 .

4. Переводят зрительную трубу через зенит, визируют на заднюю точку *A* при КП и берут отсчет a_3.

5. Визируют на переднюю точку *B* при КП и берут отсчет a_4.

Значение угла из одного полуприема вычисляют по формулам:

$$\beta_{\text{êë}} = \grave{a}_2 - \grave{a}_1; \quad \beta_{\text{êï}} = \grave{a}_4 - \grave{a}_3.$$

Значение угла и коллимационная погрешность теодолита из одного приема равны:

$$\beta = \frac{\beta_{\text{кл}} + \beta_{\text{кп}}}{2} = \frac{(a_2 - a_1) + (a_4 - a_3)}{2},$$

$$c = \frac{\beta_{\text{кл}} - \beta_{\text{кп}}}{2},$$

где $\beta_{кл}, \beta_{кл}$ - значения угла при круге слева и справа, соответственно, *с* – коллимационная погрешность.

При измерении угла *n* приемами значение угла определяется как среднее арифметическое из *n* приемов. Каждый последующий прием выполняется аналогичным образом. Начальный отсчет второго и последующих приемов устанавливается несколько более величины $\grave{a} = \frac{180^0}{n}$, где *n* – число приемов. В лабораторных работах на точках с двумя направлениями выполняется 2 приема, а на примычных точках (3и направления) – 3 круговых приема.

При измерении углов способом круговых приемов порядок действий повторяется, как и при измерении способом приемов, с дополнительным визированием на заднюю точку. Пример записи измерений и расчеты углов приведены в табл. 1.

Вертикальные углы (углы наклона сторон) подземного теодолитного хода определяются с целью определения горизонтальных проложений сторон и превышения смежных вершин. В условиях выполнения лабораторных работ вертикальные углы не измеряются.

1.3.2. Измерения длин сторон теодолитных ходов

Линейные измерения в теодолитных ходах, как правило, выполняют одновременно с угловыми измерениям. Длины сторон измеряют стальными, тесьмянными рулетками или светодальномерами, обеспечивающими необходимую точность [1, 2].

Стальные рулетки и светодальномеры применяются для измерения длин сторон опорных и съемочных сетей, а тесьмянные – при выполнении съемок очистных выработок и различных замеров.

Измерение линий опорных и съемочных сетей выполняют при постоянном натяжении рулетки, равном 10 кг. Силу натяжения фиксируют пружинным динамометром.

Отчеты при измерении интервалов линий берут с точностью до 1 мм. Каждый интервал измеряют не менее двух раз. Второе и последующие измерения интервала выполняют при смещении рулетки. Расхождение между двумя измерениями интервала не должно превышать ±2 мм, что соответствует точности опорный сетей. Каждая сторона теодолитного хода должна быть измерена

независимо дважды в прямом и обратном направлениях. Разность между прямым и обратным направлениями не должна превышать 1:3000 длины измеренной стороны. За окончательный результат принимают в начале среднее арифметическое значение из двух измерений интервала, и за тем среднее арифметическое из прямого и обратного направлений.

Длины сторон в подземных теодолитных ходах чаще всего измеряют рулеткой на весу. Например, между точками *A*, *B* и *C* требуется измерить расстояние (рис. 3).

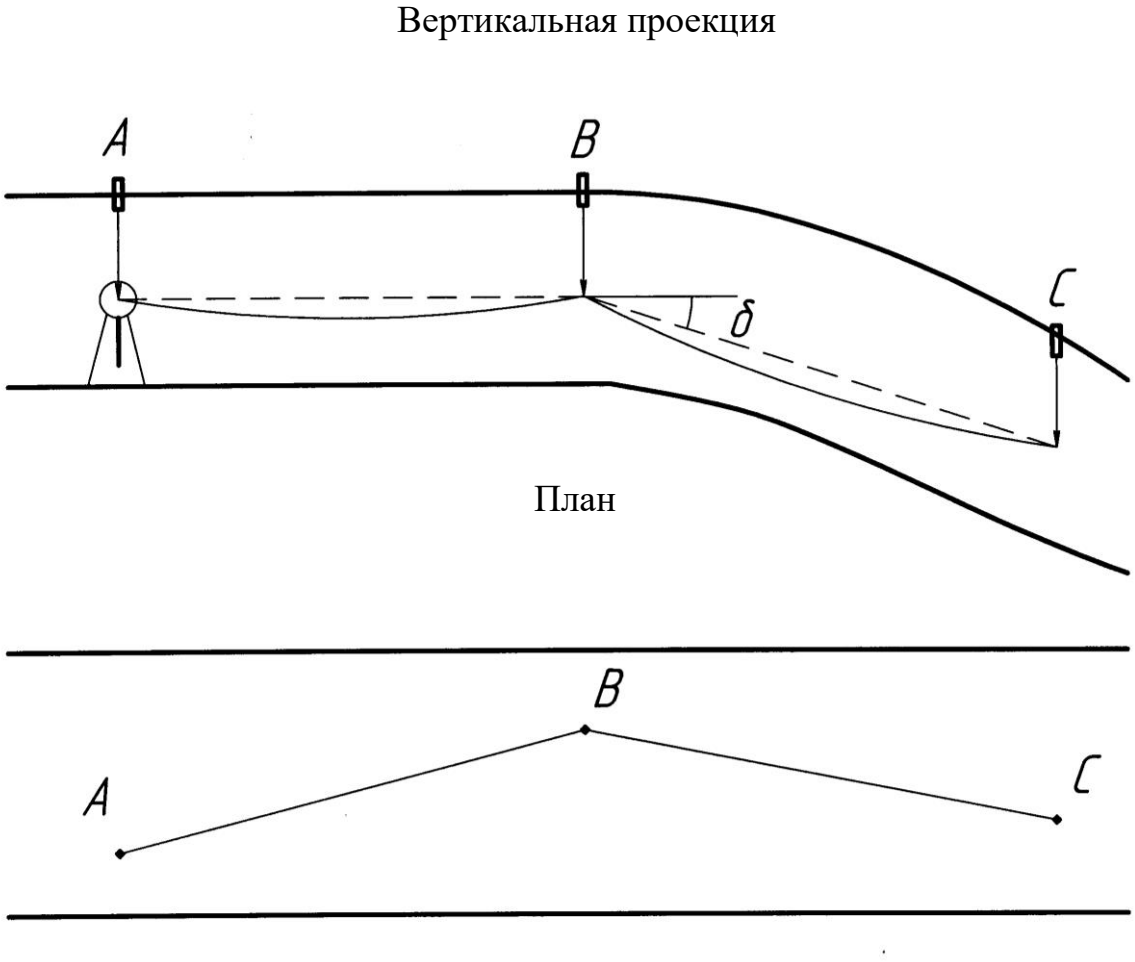


Рис. 3. Измерение длин сторон теодолитного хода рулеткой на весу

Для этого в точке *A* устанавливается теодолит, в точке *B* подвешивают шнуровой отвес. Если сторона горизонтальна, то удобно на отвесе отметить горизонт инструмента. Если сторона наклонная, то на шнуре отвеса в точке *C* отмечают точку визирования (*C*) при измерении угла наклона стороны. Результаты измерений записываются в полевой журнал (см. табл. 1).

1.3.3. Съемка подробностей (контуров)

Съемка подробностей в шахте производтся от пунктов и сторон теодолитного хода. Объектами съемки являются контуры горных выработок, инженерные сооружения, геологические особенности, другие подробности, связанные с технологией допроходки горных выработок.

Съемка подробностей проводится способом ординат, полярным способом, ультрозвуковым, способом светопрофиля и лазерным сканированием.

В программе лабораторных работ предусмотрен способ ординат и полярный способ для съемки стен коридоров.

1.4. Лабораторная работа № 1

Подземная теодолитная съемка

Лабораторная работа включает:

- прокладку теодолитного хода (замкнутый полигон) по точкам в почве (в полу) и по точкам в кровле (в потолке) (рис. 4);

- определение угловой и линейной невязок, уравнивание хода и расчет координат вершин теодолитного хода по точкам в почве (в полу) и по точкам в кровле (в потолке);

- съемка подробностей.

Исходные данные - дирекционные углы начальной стороны и координаты (точки) в почве:

Полигон № 1

$\alpha_{I\text{-}II} = 75°55'55''+N°\ N'\ N''$; $X_I = 640720{,}200$; $Y_I = 6125312{,}050$.

Полигон № 2

$\alpha_{VI\text{-}VII}=70°30'30''+N°\ N'\ N''$; $X_{VI} = 640710{,}100$; $Y_{VI} = 6125350{,}040$,

N – номер варианта (выдается преподавателем).

Требуется измерить - по точкам в почве и в кровле:

Полигон № 1

$\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_5$ - горизонтальные углы;

$d_1, d_2, \ldots d_5$ - горизонтальные линии;

Полигон № 2

$\beta_6, \beta_7, \ldots \beta_{10}$ - горизонтальные углы;

$d_6, d_6, \ldots d_{10}$ - горизонтальные линии;

Методика измерений:

- горизонтальные углы измеряются двумя приемами. Допустимое расхождение между приемами 10";

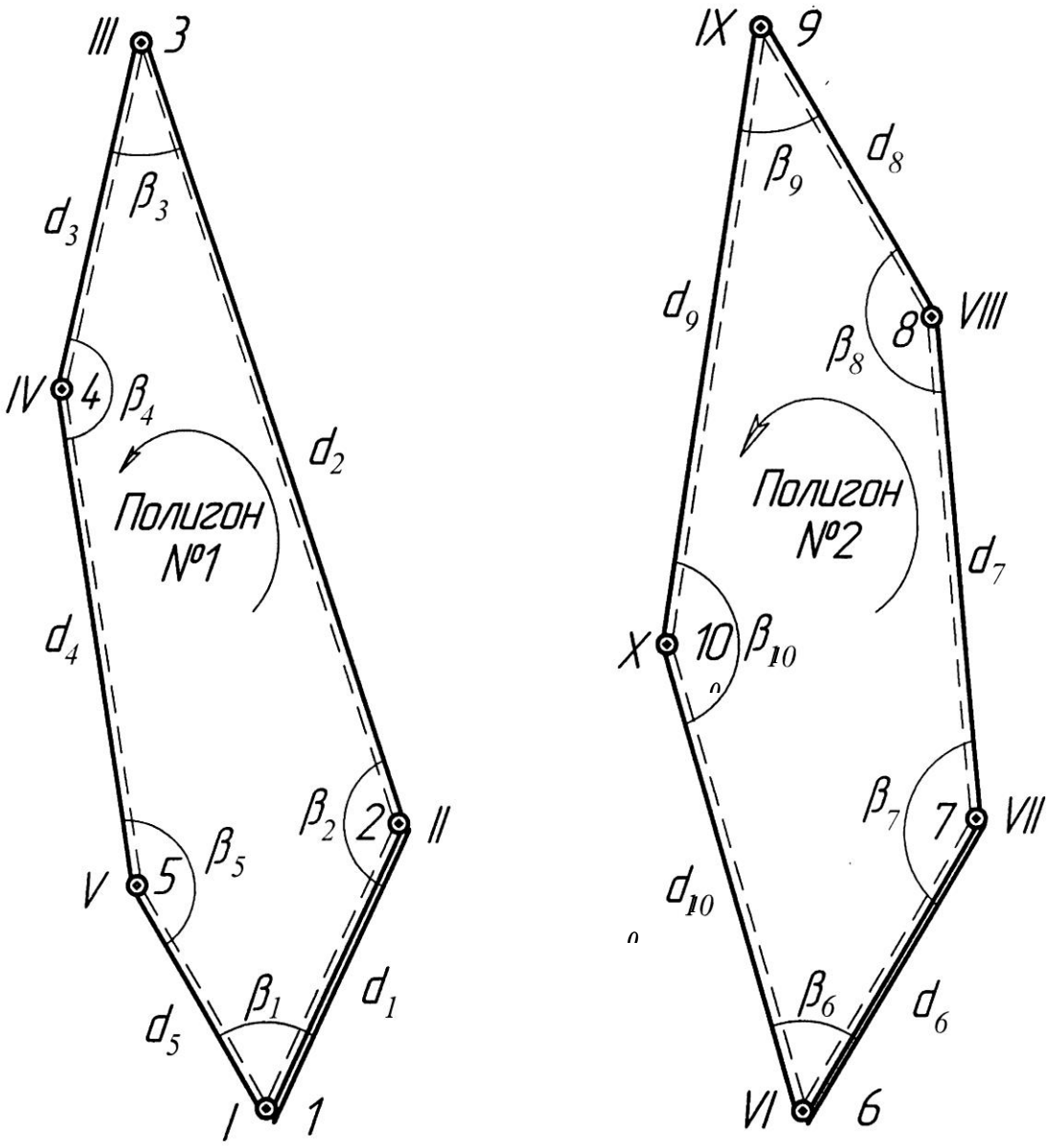


Рис. 4. Замкнутый полигон теодолитного хода:

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве в полу);

теодолитный ход в шахте, точки в кровле (в потолке);

исходные стороны, точки в почве (в полу);

β – горизонтальные углы;
d – горизонтальные линии

- горизонтальные линии измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм, дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Допустимое расхождение между измерениями ± 2 мм. Направление хода указано стрелкой (см. рис. 4).

В расчеты принимаются среднеарифметические значения углов и длин.

Камеральная обработка результатов измерений.

Требуется определить: координаты вершин точек теодолитного хода, расположенных в почве.

$X_{\text{II}}, Y_{\text{II}}, X_{\text{III}}, Y_{\text{III}}, X_{\text{IV}}, Y_{\text{IV}}, X_{\text{V}}, Y_{\text{V}}$ - полигон № 1;

$X_{\text{VII}}, Y_{\text{VII}}, X_{\text{VIII}}, Y_{\text{VIII}}, X_{\text{IX}}, Y_{\text{IX}}, X_{\text{X}}, Y_{\text{X}}$ - полигон № 2;

в кровле

$X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4, X_5, Y_5$ - полигон № 1;

$X_7, Y_7, X_8, Y_8, X_9, Y_9, X_{10}, Y_{10}$ - полигон № 2.

Методика вычислений:

1) рассчитывается угловая невязка хода

$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}};$

$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n-2)$ - внутренние углы;

$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n+2)$ - внешние углы;

$f_\beta \le f_{\text{доп}};$

$f_{\text{доп.}} = m_\beta\sqrt{n},$

где n – число измеренных углов в полигоне,

m_β - среднеквадратическая погрешность измерения горизонтальных углов ($20''$);

2) при соблюдении условия $f_\beta \le f_{\text{доп}}$ угловая невязка f_β распределяется с обратным знаком во все углы полигона поровну;

3) после распределения угловой невязки рассчитываются дирекционные углы всех сторон полигона, приращения координат точек вершин хода и линейные невязки:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad f_{\text{отн.}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{f_{\text{абс}}}{\Sigma d_i}; \qquad f_{\text{отн}} \le f_{\text{доп}} \le \frac{1}{3000},$$

где f_x, f_y - линейные невязки хода; P – периметр полигона;

$f_{\text{отн}}, f_{\text{доп}}$ - относительная и допустимая невязки хода;

4) при соблюдении условия $f_{\text{отн}} \le f_{\text{доп}} \le \frac{1}{3000}$, линейные невязки $f_{x,}\ f_y$ распределяются в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон

$$f_{x_i} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i; \qquad f_{y_i} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i;$$

5) после уравнивания (распределения линейной невязки) выполняется расчет координат всех вершин полигона. Вычисление дирекционных углов и координат вершин проводится по известным из курса геодезии формулам (решение прямой геодезической задачи). Формулы приведены в разделе 1.2.

Пример расчета координат точек вершин полигона приведен в табл. 2.

1.5. Компарирование рулетки

Металлические рулетки, предназначенные для измерения длин сторон теодолитных ходов опорных и съемочных сетей должны быть прокомпарированы. Компаратор представляет собой металлическую балку, укрепленную на кронштейнах, заделанных в стену. Относительная погрешность компарирования не должна превышать 1:15000 [1].

Компарирование это сравнение длины рулетки с эталонной длиной контрольной линейки или длиной полевого компаратора, длина которых определена с высокой точностью не ниже 1:50000.

Для выполнения лабораторных работ компарирование рулетки выполняется на стационарном компараторе, представляющем собой металлическую балку, укрепленную на кронштейнах в стене учебного здания.

1.5.1. Лабораторная работа № 2
Компарирование рулетки

Приборы и оборудование: компаратор, рулетка, контрольная линейка, градусник.

Методика выполнения компарирования.

Рулетка укладывается на компаратор, один конец ее закрепляется при помощи струбцины, а к другому концу при

помощи прово-

локи, пропущенной через блок, подвешивается груз, равный 10 кг. Контрольная линейка укладывается на полотно рулетки, начиная с начального метрового интервала. Отсчеты берутся по контрольной линейке относительно штрихов метрового интервала рулетки с точностью отсчитывания до 0,1 наименьшего деления. Наименьшая цена деления контрольной линейки равна 0,02 мм, т. е. точность отсчета равна 0,02 мм.

Наблюдатели фиксируют отсчеты по правому срезу метровых штрихов рулетки в целых миллиметрах и долях наименьшего деления контрольной линейки (табл. 3).

Затем делают сдвиг контрольной линейки и берут вторую пару отсчетов. Длина метрового интервала рулетки вычисляется для каждого положения контрольной линейки. Разность в длине интервала из двух положений не должна превышать 0,06 мм. При большей величине вышеуказанной разности отсчеты повторяются при новом сдвиге контрольного метра. Компарирование проводится в прямом и обратном направлениях.

Таблица 3

Компарирование рулетки № 57 контрольно-измерительной линейкой завода "Аэрогеоприбор" » № 1061
Уравнение линейки $L = 1000 + 0{,}02 + 0{,}0185\ (t - 20°)$
Наблюдатели: I) Ларионова Л. А. 2) Мулин В. И.,
записывающий Кремлев В. Г.

Интервалы рулетки	Правый конец			Левый конец			Разность отсчетов, мм	Средняя длина интервала, мм	Температура, град
	целые миллиметры	доли		целые миллиметры	доли				
		деления линейки	мм		деления линейки	мм			
0 - 1	1003	2,4	0,48	3	1,8	0,36	1000,12	1000,11	22
	1005	4,4	0,88	5	3,9	0,78	1000,10		
1 - 2	1001	3,3	0,66	1	4,2	0,84	999,82	999,84	
	1006	2,5	0,50	6	3,2	0,64	999,86		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29 –30	1004	2,4	0,48	4	1,8	0,36	1000,12	1000,11	22
	1006	2,4	0,88	6	3,9	0,78	1000,10		

В процессе компарирования измеряют температуру воздуха с точностью до 0,1° С. Измерение температуры производится в начале, середине и конце прямого хода, в середине и конце обратного хода.

Обработка результатов компарирования рулетки производится в последовательности, указанной в табл. 4. В колонки 2 и 3 выписывают из полевого журнала (см. табл. 3) средние значения метровых интервалов из прямого и обратного ходов, а в колонку 4 - среднюю температуру компарирования. Рассчитывается средняя

длина каждого

интервала (колонка 5), вводятся поправки (колонки 6 - 9), исправленная длина интервала (колонка 10), длина рулетки от начального интервала (колонка 11) и поправка за компарирования (колонка 12).

Далее определяют точность компарирования рулетки, для чего находят разность в длине рулетки из прямого ($\sum l_{\text{пр}}$) и обратного ($\sum l_{\text{обр}}$) ходов.

$$\Delta l = \sum l_{\text{пр}} - \sum l_{\text{обр}} = 30003{,}0 - 30001{,}5 = 1{,}5 \text{ м}.$$

Эта разность, отнесенная к длине рулетки, определит точность компарирования, которая должна быть более 1:15000.

$$f_к = \frac{1{,}5}{30000} = \frac{1}{20000} \langle \frac{1}{15000}.$$

В противном случае полевые работы переделываются. Поправку за контрольную линейку берут из уравнения контрольной линейки. Уравнение контрольной линейки № 1061 следующее:

$$L = 1000{,}02 + 0{,}0185\ (t^\circ - 20^\circ) \text{ мм}.$$

Длина контрольной линейки, определенная на заводе при температуре 20 °С, равна 1000,02 мм. Поправка за контрольную линейку равна +0,02 мм. Поправку за температуру компарирования (колонка 7, табл. 4) вычисляют по формуле:

$$\Delta l_t = 0{,}0185\left(t^\circ - 20^\circ\right)\text{мм},$$

где 0,0185 – коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлена контрольная линейка; t° - температура компарирования рулетки из колонки 4, град; 20° – температура, при которой определена длина контрольной линейки на заводе.

Поправку за приведение рулетки к 20° (колонка 8) вычисляют по формуле:

$$\Delta l_{20} = 0{,}0125\left(20^\circ - t^\circ\right)\text{мм},$$

где 0,0125 – коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена рулетка; t°- температура компарирования рулетки, град.

В колонке 9 определяют суммарные поправки в средние длины метровых интервалов рулетки.

В колонке 10 производят вычисление исправленных длин метровых интервалов рулетки.

В колонке 11 определяют длину рулетки от начального штриха.

В колонке 12 вычисляют поправки за компарирование, округленные до десятых долей мм.

2. ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Цель работы – ознакомление с основными видами полевых работ и камеральной обработки результатов измерений, при производстве ориентирования подземных маркшейдерских опорных сетей.

Ориентирно-соединительная съемка – это комплекс специальных работ, выполняемых для осуществления геометрической связи между маркшейдерскими съемками, проводимых на земной поверхности и в шахте.

По результатам ориентирно-соединительной съемки в шахте, на ориентируемом горизонте, получают плановые координаты начального пункта и дирекционный угол начальной стороны подземных опорных сетей в системе координат, принятой на земной поверхности.

В маркшейдерской практике наиболее распространены *два вида ориентирно-соединительных съемок: геометрическое и гироскопическое*.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения выполняют ориентирно-соединительные съемки через один, через два вертикальных ствола, через наклонный ствол или штольню.

В программе лабораторных работ предусмотрено выполнение ориентирно-соединительной съемки геометрическим способом через один и через два вертикальных ствола.

Производство данных видов ориентировок *включает три основных этапа*: проектирование точек с земной поверхности на ориентируемый горизонт в шахту; примыкание (измерение) к

проектируемым точкам на земной поверхности и к их проекциям в шахте; вычисление ориентировки.

Проектирование точек, т. е. проектирование плановых координат и дирекционного угла на ориентируемый горизонт в шахту осуществляется с использованием вертикальной плоскости, которая создается с помощью двух ответов, опущенных с земной поверхности через вертикальный ствол на ориентируемый горизонт в шахту.

При ориентировании через один вертикальный ствол в качестве контроля качества ориентировки предусмотрено проведение двух независимых ориентировок. Это достигается путем двойного примыкания к отвесам после их смещения между первым и вторым примыканием. В результате получают два значения плановых координат начальной точки и два значения дирекционного угла начальной стороны опорной сети в шахте. Расхождение в координатах начальной точки, полученных по результатам первого и второго примыкания, не должно превышать 5 см при $H < 500$ м или величины $0{,}01H$, см, при $H > 500$ м, где H - глубина ствола в метрах. Разница в дирекционных углях не более 3' [1].

2.1. Лабораторная работа № 3
Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку

Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета на специально оборудованном полигоне с закрепленными маркшейдерскими точками в почве (в полу) и в кровле (в потолке) горной выработки (здания).

При ориентировании через одну вертикальную выработку (ствол) необходимо руководствоваться следующими положениями:

1) расстояние между отвесами должно быть максимальным;

2) соединительный треугольник для решения задачи примыкания к отвесам должен быть наиболее выгодной формы, при которой неизбежные ошибки измерений оказывают минимальное влияние на точность решения задачи примыкания.

На рис. 5 и 6 приведены схемы ориентировки через один вертикальный ствол.

Исходные данные:

Схема 1 (см. рис. 5)

$$X_{\text{I}} = 640723{,}255; Y_{\text{I}} = 6125312{,}051;$$

$$\alpha_{\text{I–II}} = 75^\circ 55' 55'' + N^\circ + N' + N'',$$

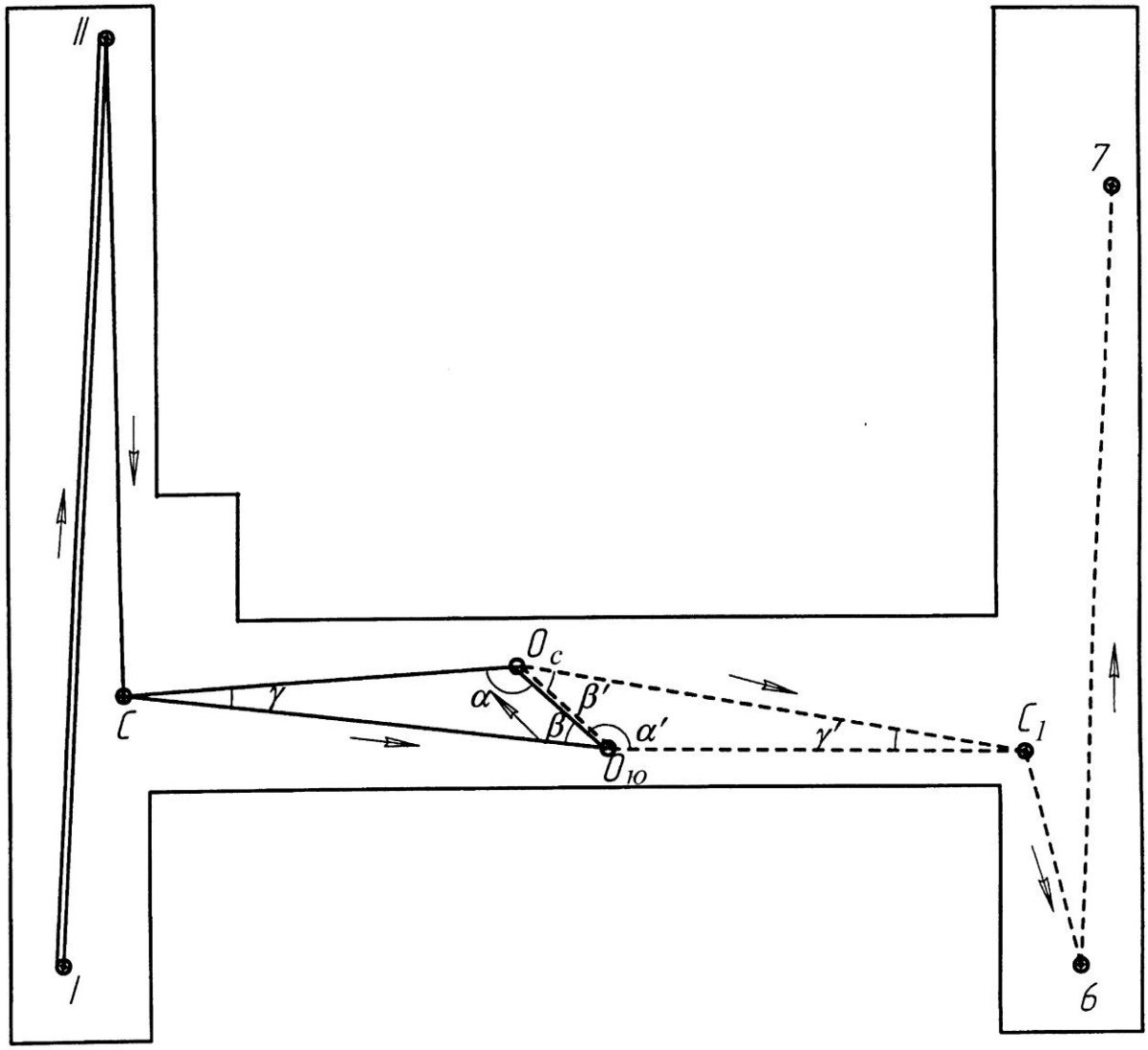


Рис. 5. Схема 1. Ориентировка через одну вертикальную выработку:

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

направление вычисления ориентировки

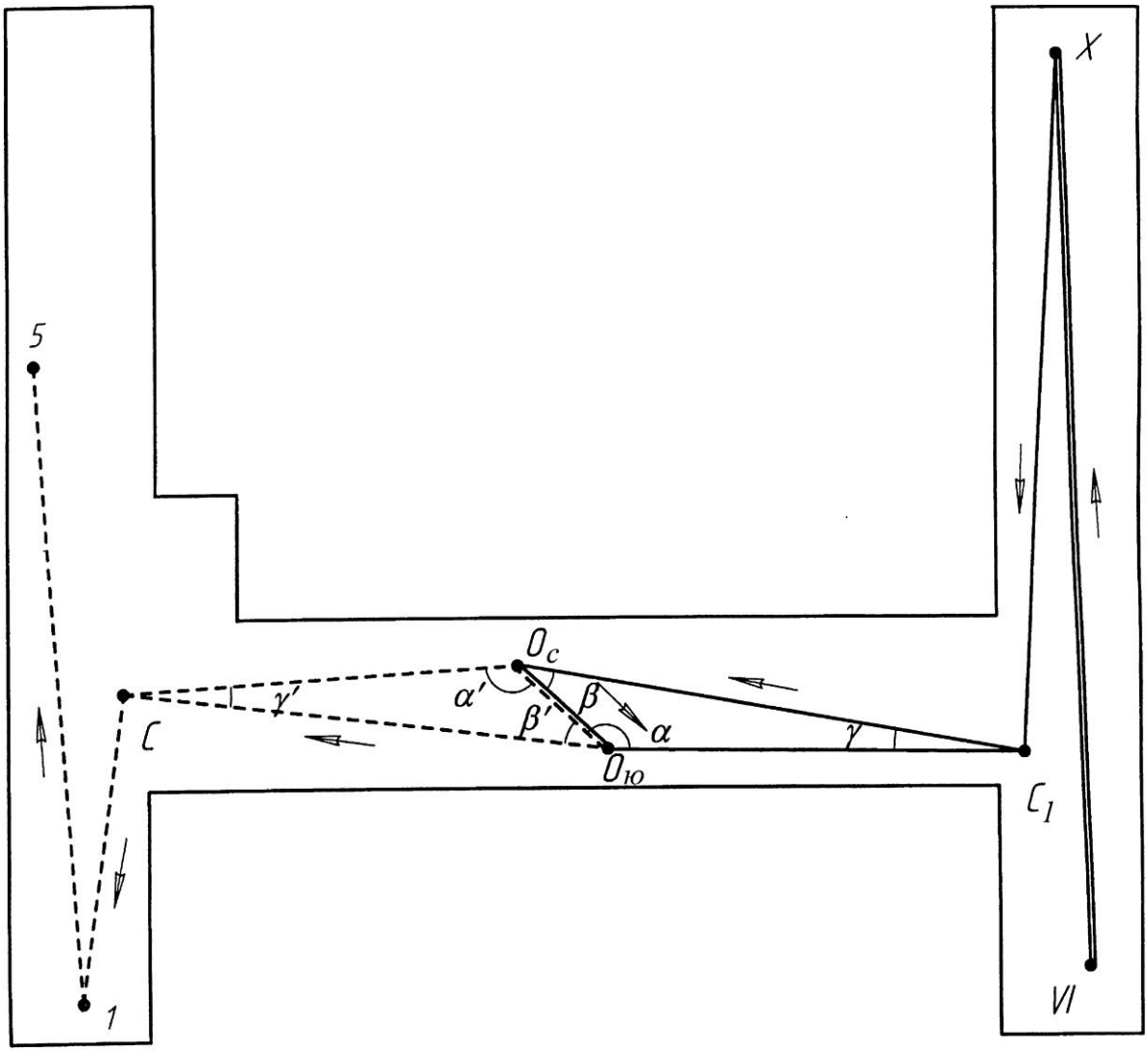


Рис. 6. Схема 2. Ориентировка через одну вертикальную выработку:

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

направление вычисления ориентировки

Схема 2 (см. рис.6)

$$X_{\text{VI}} = 640710{,}100; Y_{\text{I}} = 6125350{,}040;$$

$$\alpha_{\text{VI}-\text{X}} = 65^{\circ}30'30'' + N^{\circ} + N' + N'',$$

где N - номер варианта.

Методические указания для выполнения лабораторной работы

Для решения задачи примыкания измеряются: на земной поверхности в точке C – схема 1, в точке C_1 – схема 2 и в шахте в точке C_1 – схема 1, в точке C - схема 2, все три стороны (a, $в$, c) соединительного треугольника и углы γ, δ, ε при точке C и C_1 (рис. 7, 8).

Стороны соединительного треугольника измеряются компарированной стальной рулеткой по горизонтальному лучу визирования не менее пяти раз с точностью отсчитывания ±1 мм при постоянном натяжении 10 кгс. Разность между отдельными измерениями длины допускается до ±2 мм**.** За окончательный результат измерения принимают среднее арифметическое значение из пяти.

Измерение углов производится тремя круговыми приемами, допустимая невязка между приемами ±10". Разность углов (ε – δ - γ) не должна превышать ±10". Углы при точке C и C_1 должны быть уравнены (ε – δ – γ=0). В расчеты принимают среднеарифметическое значение углов из трех приемов.

Контроль правильности измерения сторон соединительного треугольника осуществляется сравнением измеренного расстояния между отвесами (C) и вычисленного по формуле:

$$C^2_{\text{выч}} = a^2 + в^2 - 2\ a\ в \cos\gamma .$$

Разность между вычисленным значением ($C_{\text{выч}}$) стороны и ее непосредственно измеренным ($C_{\text{изм}}$) не должна превышать ± 3 мм,

$$\Delta C = C_{\text{выч}} - C_{\text{изм}} \le \pm 3 \text{ мм}$$

Проектирование точек выполняется с помощью двух отвесов

$O_с$ и $O_ю$ (см. рис. 5, 6).

На земной поверхности для определения координат примычных точек $X_с$, $Y_с$ – схема 1, X_{c_1}, Y_{c_1} – схема 2 приходится теодолитный ход от исходной стороны I – II схема 1 и VI - X - схема 2. Исход-

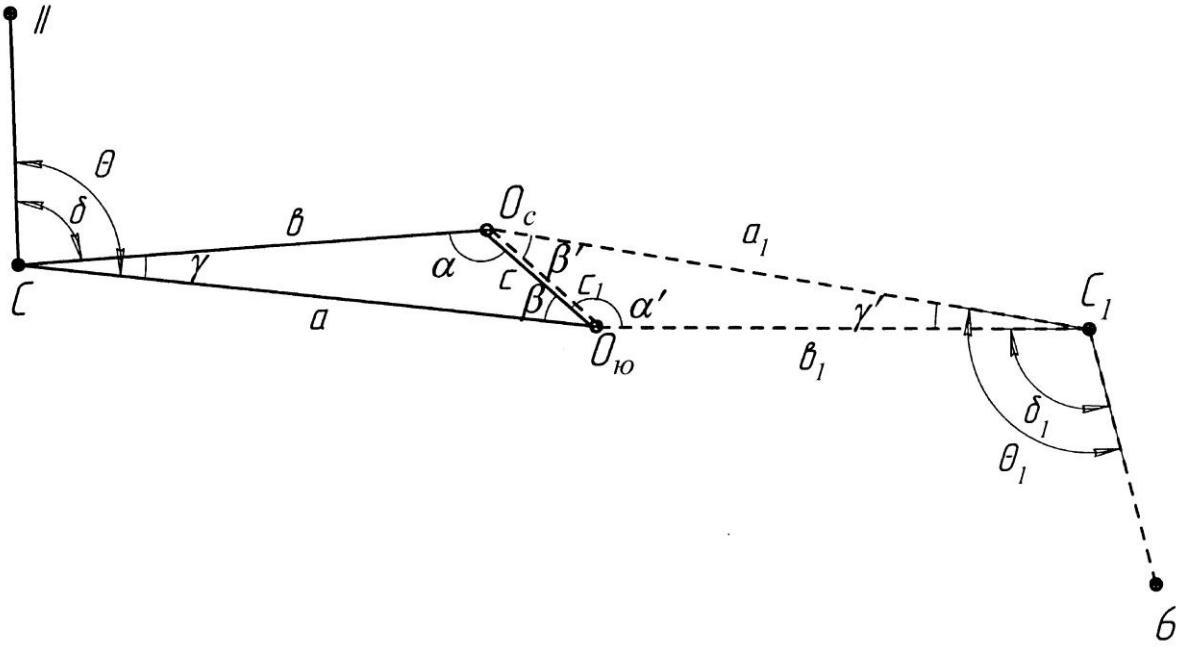


Рис. 7. Схема 1. Соединительный треугольник:

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке)

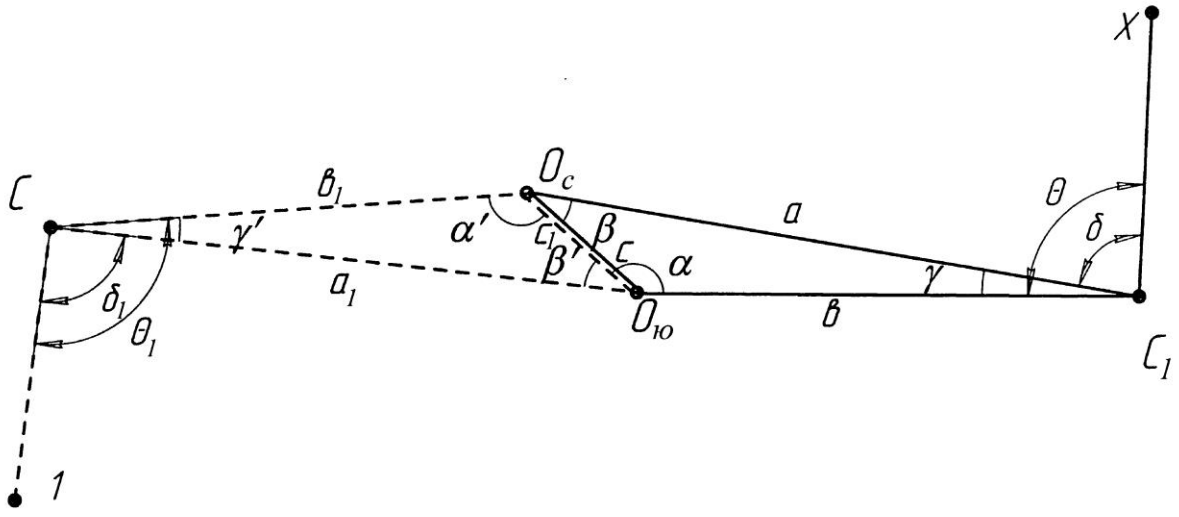
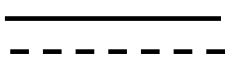


Рис. 8. Схема 2. Соединительный треугольник:



теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке)

ные данные выдаются каждому студенту в соответствии с его вариантом.

На ориентируемом горизонте проходится теодолитный ход от линии створа отвесов $O_с$, $O_ю$ до ориентируемой стороны 6 - 7 схемы 1, 1 - 5 – схема 2. Углы в теодолитных ходах измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый по направлению теодолитного хода. Допустимые невязки ± 10".

Длины сторон теодолитных ходов на земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются дважды металлической рулеткой при постоянном натяжении ее 10 кгс. Отсчеты берутся с точностью 1 мм, допустимое расхождение в двух измерениях ±2 мм. За окончательный результат принимается среднеарифметическое значение углов и длин.

Вычисление ориентировки начинаются с проверки полевых журналов (ведомостей) и расчета средних значений углов и длин. Проверяющий расписывается на странице журнала и ставит дату проверки. При обработке длин (табл. 5) в среднее арифметическое их значение вводятся поправки за компарирование рулетки $\Delta l_к$, за разность температуры при компарировании рулетки и измерении длины Δl_t.

Поправки за превышение Δl_h и за провес рулетки Δl_f не вводятся, в связи с особыми условиями измерений. Поправки вычисляют до 0,1 мм, а средние значения длин - до 1 мм.

Таблица 5

Ведомость обработки длин

Номера станов	Измеренная длина, мм		Средняя длина интервала, м	$t^0_{ср}$	Поправки, мм					Исправленная длина интервала, мм	Окончательная длина интервала, м
	прямой ход	обратный ход			$\Delta l_к$	$\Delta l_к$	Δl_n	Δl_f	$\Sigma\Delta l$		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	15
1 - 2	20,006	20,010	20,008	21^0	-3,2	0	0	0	-3,2	20004,8	20,005

Вычисление углов α и β, α' и β' при отвесах $O_с$ и $O_ю$ (см. рис. 7, 8) производится по формуле синусов

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}\sin\gamma; \quad \sin\beta = \frac{в}{c}\sin\gamma;$$
$$\sin\alpha' = \frac{a_1}{c_1}\sin\gamma'; \quad \sin\beta' = \frac{в_1}{c_1}\sin\gamma',$$

при этом угловая невязка в соединительном треугольнике не должна превысить ±10". Допустимая угловая невязка (менее 10") в треугольнике распределяется во все углы поровну, т. е. ($\gamma+\alpha+\beta=180^o$).

Вычисление дирекционных углов сторон и координат пунктов полигонометрического хода на ориентируемом горизонте производится по схеме (см. рис. 5, 6) в направлении, указанном стрелками. При этом передача дирекционного угла с исходной стороны на створ отвесов на земной поверхности и от створа отвесов на ориентируемый горизонт выполняется через длинную сторону соединительных треугольников.

Дирекционные углы, приращения координат и координаты вычисляются по известным формулам прямой геодезической задачи

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_л - 180^\circ;$$
$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - \beta_n + 180^\circ;$$
$$\Delta x = l \cdot \cos\alpha; \ \Delta y = l \cdot \sin\alpha;$$
$$x_n = x_{n-1} + \Delta x; \ y_n = y_{n-1} + \Delta y,$$

где $\beta_л$ и $\beta_п$ - измеренные горизонтальные углы левый и правый, соответственно; d – горизонтальное проложение измеренных длин сторон.

Точность вычисления координат до ± 1 мм.

Пример вычисления ориентировки через одну вертикальную выработку. Схема 1 (см. рис. 5, 7).

Результаты измерений:

a=14,380 м, $в$=11,351 м, $\gamma = 2^\circ\,04'\,11''$;

a_1=13,650 м, $в_1$=10,622 м, $\gamma = 2° 16' 52''$.

Расстояние между отвесами:

на земной поверхности $C_{изм}$ = 3,063 м

$$C_{выч} = \sqrt{14{,}380^2 + 11{,}351^2 - 2 \cdot 14{,}380 \cdot 11{,}351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3{,}064 \text{ м}.$$

$$\Delta C = 3{,}064 - 3{,}063 = 0{,}001 \text{ м},$$

на ориентируемом горизонте $C_{изм}$ = 3,063 м.

$$C_{выч} = \sqrt{14{,}380^2 + 11{,}351^2 - 2 \cdot 14{,}380 \cdot 11{,}351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3{,}066 \text{ м};$$

$$\Delta C = 3{,}066 - 3{,}063 = 0{,}003 \text{ м}.$$

Разность между расстояниями вычислениями ($C_{выч}$) и измеренными ($C_{изм}$) в пределах допустимой не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника

$$\sin \alpha = a / c \sin \gamma, \quad \sin \beta = b / c \sin \gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin \alpha = \frac{14{,}380}{3{,}063} \sin 02^\circ 04' 11'' = 0{,}16955; \quad \alpha = 170^\circ 14' 17'';$$

$$\sin \beta = \frac{11{,}351}{3{,}063} \sin 02^\circ 04' 11'' = 0{,}13384; \quad \beta = 07^\circ 41' 29'';$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^\circ 14' 17'' + 07^\circ 41' 29'' + 02^\circ 04' 11'' = 179^\circ 59' 57''.$$

Угловая невязка в треугольнике $179^\circ 59' 57'' - 180^\circ = -3''$ в пределах допустимой.

Полученную невязку $3''$ распределяем поровну во все углы с обратным знаком

$$\left.\begin{aligned}\alpha &= 170^\circ 14' 17'' + 1'' = 170^\circ 14' 18'';\\ \beta &= 07^\circ 41' 29'' + 1'' = 07^\circ 41' 30'';\\ \gamma &= 02^\circ 04' 11'' + 1'' = 02^\circ 04' 12'';\end{aligned}\right\}$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^\circ 14' 18''+07^\circ 41' 30'' + 02^\circ 04' 12'' = 180^\circ.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin \alpha = \frac{13{,}650}{3{,}063}\sin 02^\circ 16' 52'' = 0{,}17773; \quad \alpha' = 169^\circ 47' 00'';$$

$$\sin \beta' = \frac{10{,}622}{3{,}063}\sin 02^\circ 16' 52'' = 0{,}13803; \quad \beta' = 07^\circ 56' 02'';$$

$$\alpha' + \beta' + \gamma' = 169^\circ 47' 00'' + 07^\circ 56' 02'' + 02^\circ 16' 52'' = 179^\circ 59' 54''.$$

Угловая невязка в треугольнике $180^\circ - 179^\circ 59' 54'' = -6''$ в пределах допустимой.

Полученную невязку $-6''$ распределяем поровну во все углы с обратным знаком

$$\left.\begin{aligned}\alpha &= 169^\circ 47' 00'' + 2'' = 169^\circ 47' 02'';\\ \beta &= 07^\circ 56' 02'' + 2'' = 07^\circ 56' 04'';\\ \gamma &= 02^\circ 16' 52'' + 2'' = 02^\circ 16' 54'';\end{aligned}\right\}$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^\circ 47' 02'' + 07^\circ 56' 04'' + 02^\circ 16' 54'' = 180^\circ.$$

Вычисления плановых координат *X*, *Y* начального пункта (6) и дирекционного угла начальной стороны (α_{6-7}) подземных опорных сетей (см. рис. 5) приведены в табл. 6.

Пример вычисления ориентировки через одну вертикальную выработку. Схема 2 (см. рис. 6).

Результаты измерений:

a = 13,585 м, $в$ = 10,554 м, $\gamma = 2°17'48''$,

a_1 = 14,385 м, $в_1$ = 11,348 м, $\gamma_1 = 2°05'02''$.

Расстояние между отвесами:
на земной поверхности $C_{изм}$ = 3,072 м.

$$C_{выч} = \sqrt{10{,}554^2 + 13{,}585^2 - 2 \cdot 10{,}554 \cdot 13{,}585 \cdot \cos 2^\circ 17' 48''} = 3{,}069 \text{ м};$$

$$\Delta C = 3{,}069 - 3{,}072 = -0{,}003 \text{ м}.$$

На ориентируемом горизонте $C_{изм}$=3,072 м.

$$C'_{\text{выч}} = \sqrt{14{,}385^2 + 11{,}348^2 - 2 \cdot 11{,}348 \cdot 14{,}385 \cdot \cos 2^\circ 05'02''} = 3{,}072 \text{ м}.$$

$$\Delta C = 3{,}072 - 3{,}072 = 0.$$

Разность между вычисленными ($C_{\text{выч}}$) и измеренными ($C_{\text{изм}}$) расстояниями в пределах допустимой не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}\sin\gamma;\ \sin\beta = \frac{в}{c}\sin\gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin\alpha = \frac{13{,}585}{3{,}072}\sin 2^\circ 17'48'' = 0{,}17721; \quad \alpha = 169^\circ 47'33''.$$

$$\sin\beta = \frac{10{,}554}{3{,}072}\sin 2^\circ 17'48'' = 0{,}13767; \quad \beta = 7^\circ 54'48''.$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^\circ 47'33'' + 7^\circ 54'48'' + 2^\circ 17'48'' = 180^\circ 00'09''.$$

Угловая невязка в треугольнике 180°00'09" - 180° = +9" в пределах допустимой.

Полученную невязку +9" распределяем поровну во все углы с обратным знаком.

$$\alpha = 169^\circ 47'33'' - 3'' = 169^\circ 47'30'';$$
$$\beta = 7^\circ 54'48'' - 3'' = 7^\circ 54'45'';$$
$$\gamma = 2^\circ 17'48'' - 3'' = 2^\circ 17'45''.$$
$$\alpha + \beta + \gamma = 169^\circ 47'30'' + 7^\circ 54'45'' + 2^\circ 17'45'' = 180^\circ.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin\alpha' = \frac{14{,}385}{3{,}072}\sin 2^\circ 05'02'' = 0{,}17027; \quad \alpha' = 170^\circ 11'48''.$$

$$\sin\beta' = \frac{11{,}348}{3{,}072}\sin 2^\circ 05'02'' = 0{,}13432; \quad \beta' = 7^\circ 43'10''.$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^\circ 11'48'' + 7^\circ 43'10'' + 2^\circ 05'02'' = 180^\circ.$$

Угловая невязка в треугольнике равна 0.

Вычисления плановых координат *X*, *Y* начального пункта (1) и дирекционного угла начальной стороны ($\alpha_{1\text{-}5}$) подземных опорных сетей (см. рис. 6) приведены в табл. 7.

2.2. Лабораторная работа № 4
Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки

Ориентирно-соединительная съемка через два вертикальных ствола проводится в учебном корпусе университета на специальном полигоне. Схемы ориентировки приведены на рис. 9 и 10.

На земной поверхности (пункты теодолитного хода закрепляются в почве) и на ориентируемом горизонте (пункты закреплены в кровле) проходятся теодолитные ходы.

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый угол по направлению теодолитного хода. Допустимая невязка в измеренных углах между приемами ±10". Длины измеряются металлической рулеткой дважды с точностью отсчитывания 1 мм, допустимое расхождение между двумя измерениями не более 2 мм.

В точках примыкания к отвесам углы измеряются тремя круговыми приемами с допустимой невязкой между приемами 10", длины измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм пять раз с допустимым расхождением между всеми измерениями 2 мм. Для расчетов принимается среднеарифметическое значение измеренных углов и длин.

Пример вычисления ориентировки через две вертикальные выработки.

Исходные данные:

Схема № 3

$$X_{\text{I}} = 640723{,}255; \quad Y_{\text{I}} = 6125312{,}051;$$

$$\alpha_{\text{I-II}} = 75°55'55" + N° \, N' \, N",$$

где N – номер варианта студента.

Вычисление ориентировки начинается с обработки результатов измерений – вычисления среднеарифметических значений горизонтальных углов и длин линий теодолитных ходов.

В ведомости расчета координат записывается: порядок расчета ориентировки, среднеарифметические значения горизонтальных проложений длин линий, горизонтальных углов, координаты исходных пунктов и дирекционный угол исходной линии с учетом варианта студента.

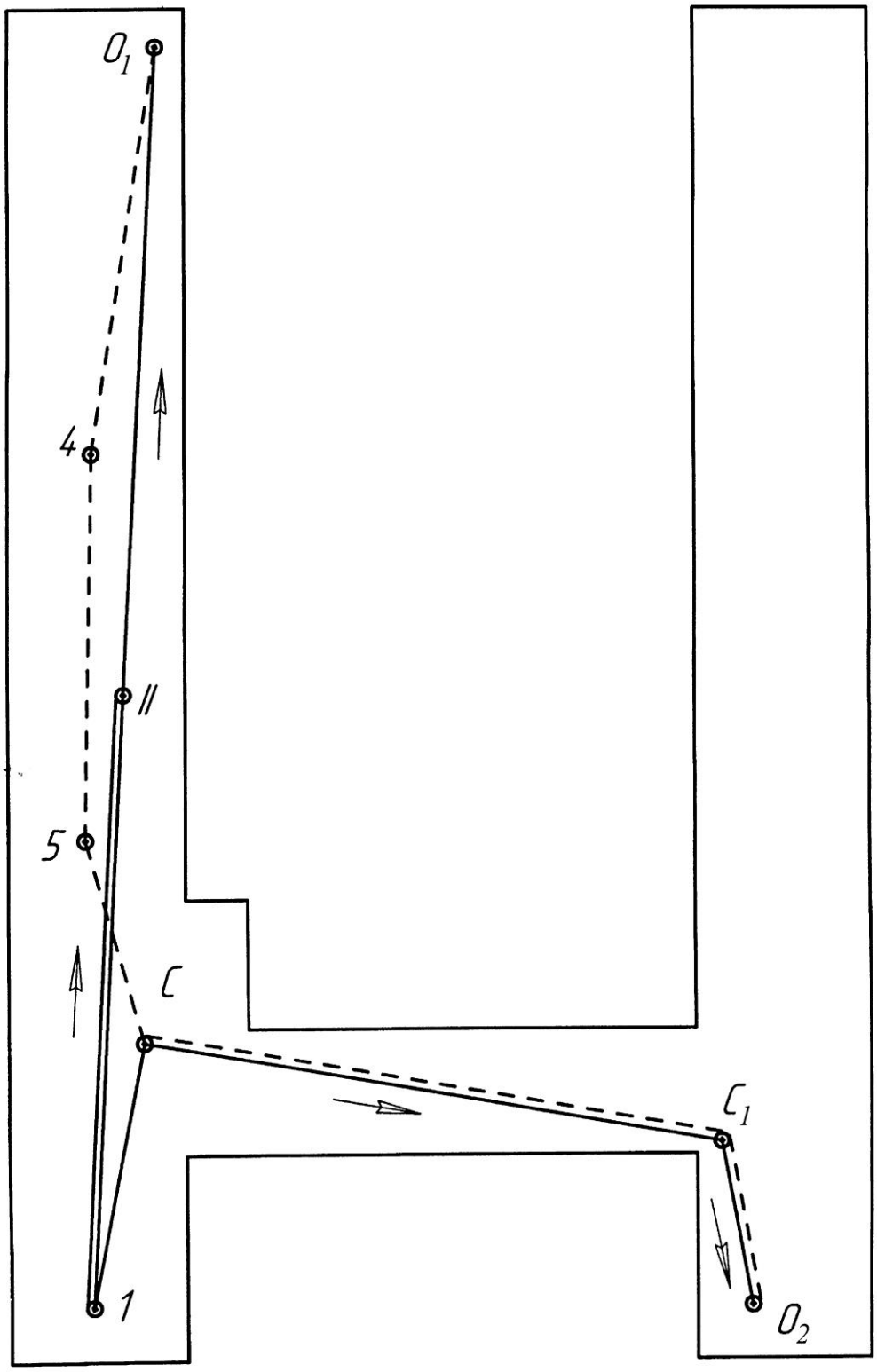


Рис. 9. Схема 3. Ориентировка через две вертикальные выработки:

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

направление вычисления ориентировки

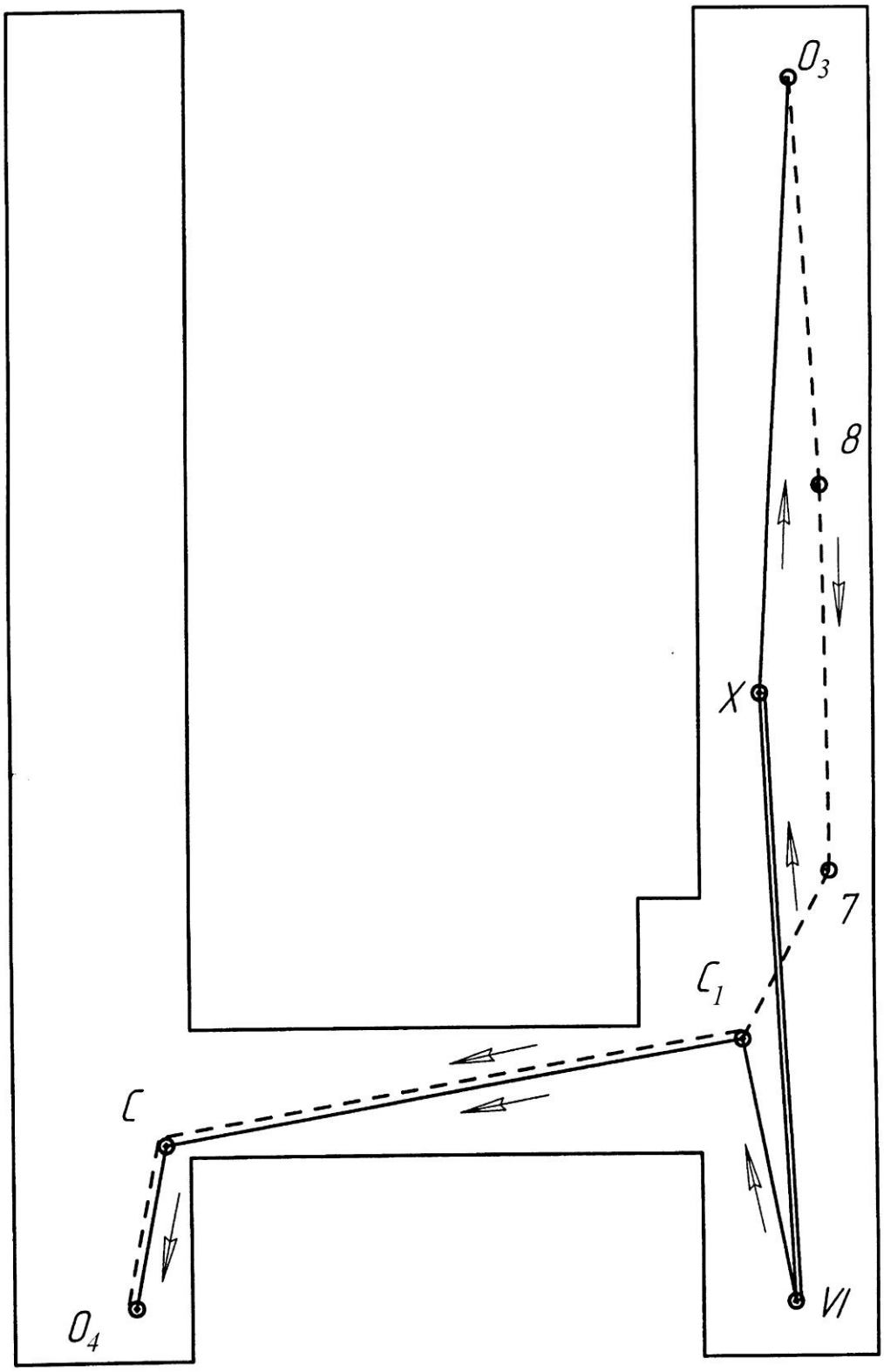


Рис. 10. Схема 4. Ориентировка через две вертикальные выработки:

теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);

теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);

направление вычисления ориентировки.

Расчет ориентировок ведется в следующей последовательности:

1. На земной поверхности (точки в почве) от исходной стороны I – II – схема 3 (см. рис. 9) и VI – X – схема 4 (см. рис. 10) вычисляются координаты отвесов O_1 и O_2 – схема 3, O_3 и O_4 – схема 4 в системе координат, принятой на земной поверхности. Пример расчета приведен в табл. 8 – схема 3, табл. 9 - схема 4.

2. По вычисленным координатам отвесов на земной поверхности (точки в почве), решая обратную геодезическую задачу, определяем дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами.

Схема 3

$$\operatorname{arctg}\alpha_{o_1o_2} = \frac{Y_{o_2} - Y_{o_1}}{X_{o_2} - X_{o_1}} = \frac{6125320{,}046 - 6125362{,}882}{640697{,}048 - 640736{,}053} = \frac{-42{,}836}{-39{,}005} = 1{,}098;$$

$$\alpha_{o_1o_2} = 227^\circ 40'47'';$$

$$C_{o_1o_2} = \frac{Y_{o_2} - Y_{o_1}}{\sin\alpha_{o_1o_2}} = \frac{X_{o_2} - X_{o_1}}{\cos\alpha_{o_1o_2}} = \frac{42{,}836}{\sin 227^\circ 40'47''} = \frac{39{,}005}{\cos 227^\circ 40'47''} = 57{,}934\ м$$

Схема 4

$$\operatorname{arctg}\alpha_{o_3o_4} = \frac{Y_{o_4} - Y_{o_3}}{X_{o_4} - X_{o_3}} = \frac{6125339{,}513 - 61253972{,}850}{640734{,}089 - 640729{,}769} = \frac{-58{,}337}{4{,}320} = 13{,}504;$$

$$\alpha_{o_3o_4} = 274^\circ 14'07'';$$

$$C_{o_3o_4} = \frac{Y_{o_4} - Y_{o_3}}{\sin\alpha_{o_3o_4}} = \frac{X_{o_4} - X_{o_3}}{\cos\alpha_{o_3o_4}} = \frac{58{,}337}{\sin 274^\circ 14'07''} = \frac{4{,}32}{\cos 274^\circ 14'07''} = 58{,}497\ м$$

3. На ориентируемом горизонте (точки в кровле) вычисляем координаты всех точек теодолитного хода и отвесов в условной системе координат.

За начало координат принимаем:

1. *Схема 3* (см. рис. 9) отвес O_1, в этом случае $Y'_{o_1} = 0;\ X'_{o_1} = 0;$ ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, т. е. $\alpha'_{o_1-4} = 0^\circ 0'0''$.

2. Схема 4 (см. рис. 10) отвес O_4, в этом случае $Y'_{o_4} = 0;$ $X'_{o_4} = 0;$ ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, т. е. $\alpha'_{o_4-8} = 0^\circ 0'0''$.

Пример расчета координат точек подземного теодолитного хода и отвесов в условной системе координат приведен в табл. 10 (схема 3) и табл. 11 (схема 4).

3. По вычисленным координатам отвесов (на ориентируемом горизонте (точке в кровле)) в условной системе координат, решая обратную геодезическую задачу, определяем дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами в условной системе координат.

Схема 3

$$\operatorname{arctg}\alpha'_{o_1o_2} = \frac{Y'_{o_2} - Y'_{o_1}}{X'_{o_2} - X'_{o_1}} == \frac{-30{,}173}{49{,}454} = 0{,}610;$$

$$\alpha'_{o_1o_2} = 328^\circ 36'42'';$$

$$C'_{o_1o_2} = \frac{Y'_{o_2} - Y'_{o_1}}{\sin\alpha'_{o_1o_2}} = \frac{X'_{o_2} - X'_{o_1}}{\cos\alpha'_{o_1o_2}} = \frac{30{,}173}{\sin 328^\circ 36'42''} = \frac{49{,}454}{\cos 328^\circ 36'42''} = 57{,}932 \text{ м}$$

Схема 4

$$\operatorname{arctg}\alpha'_{o_3o_4} = \frac{Y'_{o_4} - Y'_{o_3}}{X'_{o_4} - X'_{o_3}} = \frac{27{,}393}{51{,}695} = 0{,}530;$$

$$\alpha'_{o_3o_4} = 27^\circ 55'08'';$$

$$C'_{o_3o_4} = \frac{Y'_{o_4} - Y'_{o_3}}{\sin \alpha'_{o_3o_4}} = \frac{X'_{o_4} - X'_{o_3}}{\cos \alpha'_{o_3o_4}} = \frac{27{,}393}{\sin 27^\circ 55'08''} = \frac{51{,}695}{\cos 27^\circ 55'08''} = 58{,}504 \text{ м}$$

4. Контроль результатов вычислений и измерений:

Схема 3

$$\Delta C = C - C' = 57{,}934 - 57{,}932 = 0{,}002$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{2}{57934} = \frac{1}{28967} < 1:2000.$$

Схема 4

$$\Delta C = C - C' = 58{,}497 - 58{,}504 = 0{,}007$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{7}{58497} = \frac{1}{8357} < 1:2000.$$

5. Вычисляем угол поворота осей условной системы координат относительно системы координат на земной поверхности, т. е. определяем дирекционный угол первой стороны теодолитного хода на ориентируемом горизонте:

Схема 3

$$\Delta\alpha = \alpha_{o_1o_2} - \alpha'_{o_1o_2} = \alpha_{o_{1-4}} = 227^\circ 40'47'' - 328^\circ 36'42'' = 259^\circ 04'05'';$$

$$\alpha_{o_{1-4}} = 259^\circ 04'05''.$$

Схема 4

$$\Delta\alpha = \alpha_{o_3o_4} - \alpha'_{o_3o_4} = \alpha_{o_{3-8}} = 227^\circ 14'07'' - 27^\circ 55'08'' = 246^\circ 18'59'';$$

$$\alpha_{o_{3-8}} = 246^\circ 18'59''.$$

6. Вычисляем координаты пунктов теодолитного хода и отвеса O_2 (схема 3) и отвеса O_4 (схема 4) на ориентируемом горизонте в системе координат, принятой на земной поверхности.

Расчет ведется от отвеса O_1 (схема 3) и от отвеса O_3 (схема 4).

Координаты отвесов O_1 и O_3 принимаются равными координатам, полученными на земной поверхности (см. табл. 8, 9).

Результаты вычислений приведены в табл. 12 (схема 3) и табл. 13 (схема 4).

7. Вычисляем линейную невязку, т. е. разницу в координатах отвеса O_2 (схема 3) и от отвеса O_4 (схема 4), полученных на земной поверхности (см. табл. 8, 9) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 12, 13).

Схема 3

$$f_x = X^{\text{ш}}_{o_2} - X^{\text{п}}_{o_2} = 640697{,}049 - 640697{,}048 = 0{,}001 \text{ м};$$

$$f_y = Y^{\text{ш}}_{o_2} - Y^{\text{п}}_{o_2} = 6125320{,}046 - 6125320{,}046 = 0{,}000 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{1^2 + 0} = 1 \text{ мм}.$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{1}{57934} \le \frac{1}{5000}.$$

Схема 4

$$f_x = X^{\text{ш}}_{o_4} - X^{\text{п}}_{o_4} = 640734{,}090 - 640734{,}089 = 0{,}001 \text{ м};$$

$$f_y = Y^{\text{ш}}_{o_4} - Y^{\text{п}}_{o_4} = 6125339{,}506 - 6125339{,}513 = 0{,}007 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{1^2 + 7^2} = 7{,}1 \text{ мм}.$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{7{,}1}{58497} = \frac{1}{8239} \le \frac{1}{5000}.$$

8. Производится распределение линейной невязки в приращения координат теодолитного хода на ориентируемом горизонте с обратным знаком пропорционально длинам сторон и вычисляются координаты пунктов теодолитного хода в системе координат, принятой на земной поверхности. В приведенных расчетах (см. табл. 12 и 13) линейные невязки практически отсутствуют. В случае получения $f_{\text{отн}} \rangle \frac{1}{5000}$, ориентирование переделывается.

3. ПОДЗЕМНАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ СЪЕМКА

Вертикальная съемка горных выработок – это комплекс измерений и вычислений, в результате которых определяют высотные отметки (координаты Z) отдельных точек.

Определение высотных отметок в подземных горных выработках необходимо для пространственной увязки горных выработок между собой и с земной поверхностью в вертикальной плоскости.

Вертикальная съемка включает: геометрическое нивелирование на земной поверхности от пунктов государственной сети (не ниже IV класса точности) до устья ствола шахты, передачу высотной отметки в шахту, геометрическое или тригонометрическое нивелирование в горных выработках.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения передача высотной отметки в шахту выполняется: через наклонный ствол или штольню; через вертикальную выработку (ствол, шурф, восстающий).

В программе лабораторных работ предусмотрено выполнение передачи высотной отметки через вертикальные горные выработки и геометрическое нивелирование горных выработок.

3.1. Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки

Передача высотной отметки через вертикальные выработки производится тремя способами: длинномером (глубиномером) ДА-2, длинной лентой (рулеткой), светодальномером (лазерной рулеткой).

Высоты в подземные горные выработки передают независимо дважды. Разность в превышениях из двух независимых значений ($\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2$) не должна превышать величины [1] $\Delta Z \le 0{,}0003H$, м, где H – глубина вертикальной выработки в м.

При выполнении геометрического нивелирования расхождения между двумя превышениями допускается не более 4 мм. За окончательный результат принимается среднеарифметическое значение.

3.1.1. Лабораторная работа № 5
Передача высотной отметки длиномером ДА-2

Длиномер (глубиномер) маркшейдерский, предназначен для измерения глубины вертикальных горных выработок. Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета и состоит в передаче высотной отметки с этажа на этаж (с земной поверхности на ориентируемый горизонт).

Приборы и оборудование: длиномер ДА-2, нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения. На земной поверхности (верхний этаж) (рис. 11) на временном полке устанавливается длиномер ДА-2. На уровне визирного луча инструмента (нивелира), установленного на верхнем этаже, подвешивается груз-рейка. На репер $R_{\text{п}}$ устанавливается нивелирная рейка. Фиксируются отсчеты с точностью до миллиметров по груз-рейка $n_{\text{п}}$, нивелирной рейка $a_{\text{п}}$ и по счетчику мерного диска ДА-2 $N_{\text{п}}$.

Далее, груз-рейку опускают вниз примерно на 1 м и на уровне визирного луча нивелира закрепляют контрольную рейку. Фиксируются отсчеты по контрольной рейке $n_{\text{п}}$, нивелирной рейке $a_{\text{п}}$ и по счетчику мерного диска ДА-2 $N_{\text{п}}$.

После этого груз-рейку опускается на нижний этаж до уровня визирного луча нивелира, установленного на нижнем этаже. На репер $R_{\text{ш}}$ на нижнем этаже устанавливается нивелирная рейка. Фиксируются отсчеты с точностью до миллиметра по груз-рейке $n_{\text{ш}}$, нивелирной рейке $a_{\text{ш}}$ и по счетчику мерного диска ДА-2 $N_{\text{ш}}$.

Затем, груз-рейка опускается вниз и на уровне визирного луча нивелира устанавливается контрольная рейка. Фиксируются отсчеты по контрольной рейке $n_{\text{ш}}$, нивелирной рейке $a_{\text{ш}}$ и по счетчику мерного диска ДА-2 $N_{\text{ш}}$.

Второй прием передачи высотной отметки проводится при подъеме груз-рейки и контрольной рейки в обратном направлении снизу вверх. Перед выполнением второго приема предварительно изменяют положение контрольной рейки по высоте или устанавливают другой горизонт нивелира с целью получения нового отсчета.

Запись результатов измерений производится в полевом журнале (табл. 14).

При выполнении каждого приема измеряется температура воздуха на каждом этаже $t_{\text{п}}$, $t_{\text{ш}}$ с точностью до 1°С.

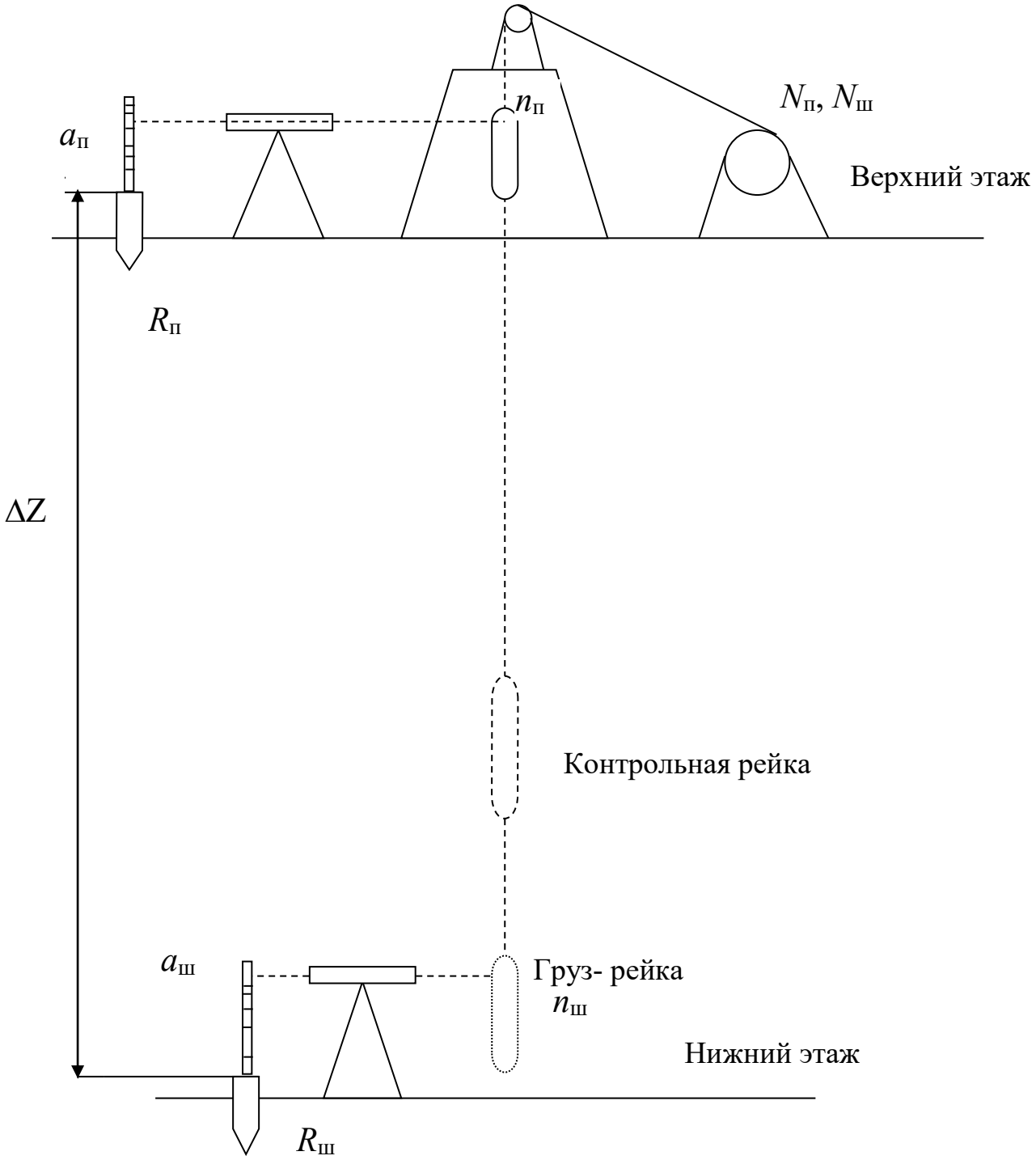


Рис. 11. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длиномером (глубомером) ДА-2

Таблица 14

Полевой журнал для записей измерений длиномерами ДА-2

Наименование операций	Отсчеты, мм						$t_{\text{П}}$, град	$t_{\text{Ш}}$, град
	$N_{\text{П}}$	$n_{\text{п}}$	$a_{\text{п}}$	$N_{\text{п}}$	$n_{ш}$	$a_{ш}$		
Спуск груз-рейка контр. рейка								
Подъем груз-рейка контр. рейка								

Отсчеты по нивелирным рейкам и груз-рейке фиксируются до миллиметров.

Камеральная обработка результатов измерений

Превышение ΔZ в каждом полуприеме определяется (раздельно для груз-рейки и контрольной рейки) по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}) + (a_{\text{П}} - a_{\text{Ш}}) + (\lambda_{\text{Ш}} - \lambda_{\text{П}}).$$

В вычисленное превышение вводят поправки, м:

1) за диаметр проволоки

$$\Delta L_d = 0{,}001 \Pi d (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}), \text{ м},$$

где d - диаметр проволоки, мм (0,8 мм); $N_{\text{П}}, N_{\text{Ш}}$ - отсчеты по мерному диску ДА-2, м; $\pi = 3{,}1416$;

2) за разность температуры проволоки в вертикальной выработке и на земной поверхности

$$\Delta L_t = \alpha (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}})(t_{\text{ср}} - t_{\text{П}}); \; t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{П}} + t_{\text{Ш}}}{2},$$

где α - температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена проволока (для стали $\alpha = 0{,}0000115$); $t_{\text{П}}, t_{\text{Ш}}$ - температура воздуха на земной поверхности на ориентируемый горизонт, соответственно, град. Для лабораторных работ $t_{\text{П}} = t_{\text{Ш}}$ и

поправки ΔL_t не вводятся;

3) за разность температуры мерного диска при измерении и компарировании

$$\Delta L_{Д} = \alpha_{Д}\left(N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}\right)\left(t - t_0\right),$$

где $\alpha_{Д}$ - коэффициент линейного расширения металла мерного диска; t, t_0 - температура мерного диска при измерении и компарировании, соотвественно;

4) за компарирование мерного диска

$$\Delta L_{\text{к}} = \left(N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}\right)\left(l - 1\right),$$

где l - длина окружности мерного диска по паспорту завода, м.

Исправленное превышение $\Delta Z_{\text{и}}$ вычисляется для каждого полуприема, т. е. по груз-рейке и контрольной рейке по формуле:

$$\Delta Z_{\text{и}} = \Delta Z + \Delta L_d + \Delta L_t + \Delta L_{Д} + \Delta L_{\text{к}}.$$

Расхождение между привышениями $\Delta Z_{\text{и}}$, определении по груз-рейке $(\Delta Z'_{\text{и}})$ и контрольной рейке $(\Delta Z''_{\text{и}})$

$$\Delta Z'_{\text{и}} - \Delta Z''_{\text{и}} \le 0{,}0003H \text{ , м},$$

где H - глубина вертикальной выработки $(H = N_{\text{п}} - N_{\text{ш}})$ в м;

$$\Delta Z_{\text{ср}} = \frac{\Delta Z'_{\text{и}} + \Delta Z''_{\text{и}}}{2}, \text{ м.}$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}}, \text{ м},$$

где $Z_{\text{ш}}, Z_{\text{п}}$ - высотная отметка реперов соответственно на ориентируемом горизонте и на земной поверхности.

3.1.2. Лабораторная работа № 6
Передача высотной отметки длинной лентой (рулеткой)

Длинная лента – это лебедка, на барабан которой (диаметром 30 мм) намотана лента. Длина ленты может быть от 100 до 500 м. При передаче высотной отметки на глубину до 100 м используется рулетка.

Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета и состоит в передаче высотной отметки с этажа на этаж (с земной поверхности на ориентируемый горизонт).

Приборы и оборудование: длинная лента (рулетка), металлическая линейка с миллиметровыми делениями длиной 50 мм, нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний этаж) (рис. 12) на временной полке устанавливается лебедка с лентой.

Лента опускается на ориентируемый горизонт (нижний этаж), где на ее конце подвешивается груз Q по массе, равной грузу, при котором производится компарирование ленты $Q_о$. На земной поверхности (верхний этаж) и на ориентируемом горизонте (нижний этаж) устанавливаются нивелиры, так чтобы через трубу нивелира были видны лента и нивелирная рейка, установленная на репере $R_п$ и $R_ш$ (см. рис 12).

При измерениях по визирной оси нивелира берут отсчеты: с точностью до миллиметра по ленте, используя металлическую линейку, на земной поверхности (верхний этаж) $N_п$ и на ориентируемом горизонте (нижний этаж) $N_ш$; по нивелирным рейкам, установленным на реперах, соответственно на земной поверхности (верхний этаж) $a_п$, на ориентируемом горизонте (нижний этаж) $a_ш$. Измеряется температура воздуха на земной поверхности (верхний этаж) $t_п$ и на ориентируемом горизонте (нижний этаж) $t_ш$.

Передача высотной отметки должна быть выполнена дважды. При втором измерении меняется высота инструментов (нивелиров) или положение ленты. В этом случае лента должна быть приподнята или опущена на 10 - 20 см.

Запись результатов измерений производится в полевой журнал (табл. 15).

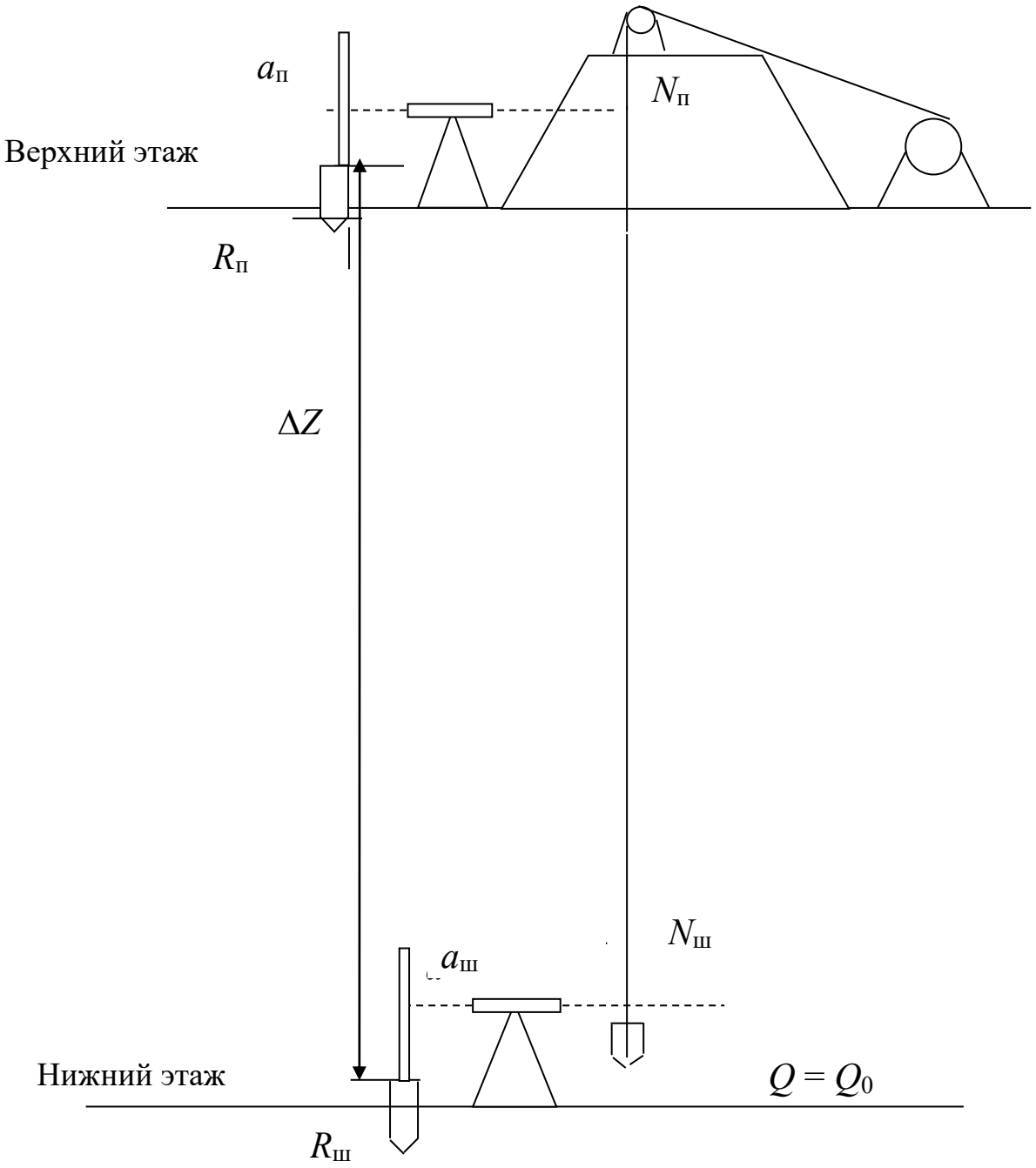


Рис. 12. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длинной лентой (рулеткой)

Таблица 15

Полевой журнал для записей длинной лентой (рулеткой)

Положение ленты	Отсчеты, мм				Температура, град	
	$n_{\text{п}}$	$n_{\text{ш}}$	$a_{\text{п}}$	$a_{\text{ш}}$		
1					$t_{\text{п}}$	
					$t_{\text{ш}}$	
2					$t_{\text{п}}$	
					$t_{\text{ш}}$	

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом положении ленты определяется по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}) + (a_{\text{п}} - a_{\text{ш}}).$$

В вычисленное превышение вводят поправки, м:

1) поправка за расстояние ленты от собственного веса

$$\Delta L_Q = \frac{L^2 \cdot \gamma \cdot q}{2E},$$

где $L = (N_{\text{п}} - N_{\text{ш}})$ - длина ленты на измеренном участке: γ - плотность металла ленты (7874 кг/м^3), q = 9,81 м/с^2, E – модуль упругости стали, $E = 2{,}5 \cdot 10^{11}\ Па$, $E = 2 \cdot 10^6$ кг/см^2;

2) поправка за температуру

$$\Delta L_t = \alpha L(t_{\text{ср}} - t_0),$$

где α - коэффициент линейного расширения металла (для стали α=0,0000115), температура воздуха, соответственно, $t_{\text{ср}}$ - средняя (верхний и нижний этаж), t_0 - при компарировании ленты;

3) поправка за компарирование $\Delta L_{\text{к}}$.

Исправленное превышение $\Delta Z_{\text{и}}$ вычисляется для каждого положения ленты

$$\Delta Z_{\text{и}} = \Delta Z + \Delta L_Q + \Delta L_t + \Delta L_{\text{к}}.$$

Расхождение между превышениями $\Delta Z_{\text{и}}$ **,** определенными при первом положении ленты $\Delta Z'_{\text{и}}$ и вторым $\Delta Z''_{\text{и}}$, не должно превышать величины

$$\Delta Z'_{\text{и}} - \Delta Z''_{\text{и}} \le 0{,}003H, \text{ м},$$

где H - глубина вертикальной выработки (Н= $N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}$), м,

$$\Delta Z_{\text{ср}} = \frac{(\Delta Z'_{\text{и}} + \Delta Z''_{\text{и}})}{2}, \text{ м}.$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$\Delta Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}}, \text{ м},$$

где $Z_{\text{ш}}, Z_{\text{п}}$ **-** высотная отметка реперов соответственно на ориентируемый горизонте и на земной поверхности.

3.1.3. Лабораторная работа № 7
Передача высотной отметки светодальномером (лазерной рулеткой)

Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета и состоит в передаче высотной отметки с этажа на этаж (с земной поверхности на ориентируемый горизонт).

Приборы и оборудование: светодальномер (лазерная рулетка), нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний этаж) (рис. 13) на временной полке устанавливается светодальномер (лазерная рулетка) на ориентируемом горизонте (нижний этаж) отражатель.

При измерениях берут отсчеты в нивелиры на земной поверхности (верхний этаж) по рейке, установленной на

светодальномере

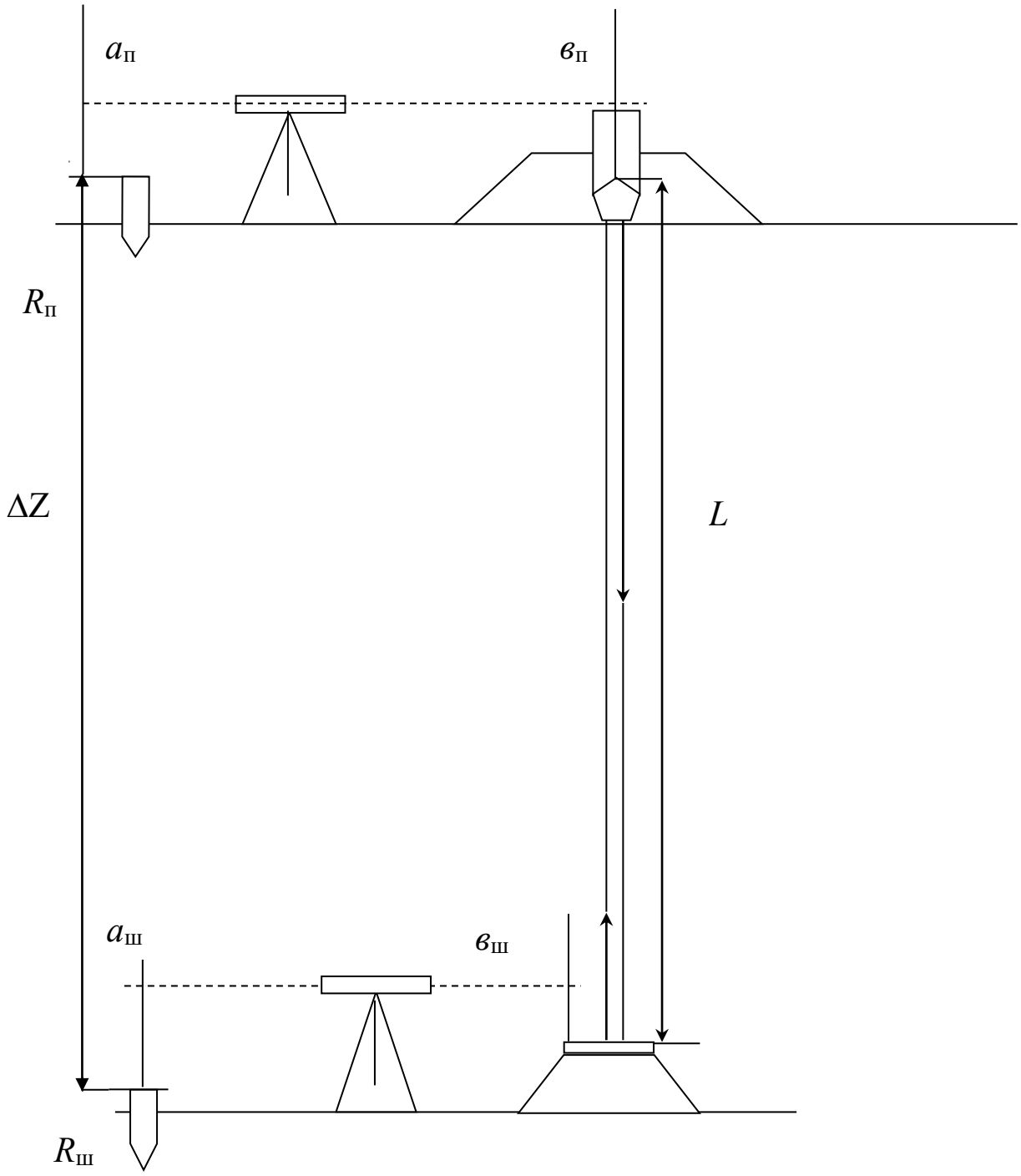


Рис. 13. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку светодальномером (лазерной рулеткой)

(лазерной рулетке) ($в_{\text{п}}$) и на репере ($n_{\text{п}}$); на ориентируемом горизонте (нижний этаж) по рейке, установленной на отражателе ($в_{\text{ш}}$) и на репере ($n_{\text{ш}}$). Записывают измеренное светодальномером (лазерной рулеткой) расстояние (L).

Измерения повторяют, не менее двух приемов, изменив высоту нивелира, светодальномера и отражателя.

Запись результатов измерений ведут в полевом журнале (табл. 16).

Таблица 16

Полевой журнал для записей измерений светодальномером (лазерной рулеткой)

Номера измерений (приемов)	Отсчеты, мм					Температура, t, град	Атмосфер. давл., P	Примечание
	L	$в_{П}$	$a_{П}$	$в_{Ш}$	$a_{Ш}$			
1								
2								

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом приеме определяется по формуле:

$$\Delta Z = L - (a_{П} - в_{П}) + (a_{Ш} - в_{Ш}).$$

В вычисленное превышения вводятся поправки, м:

- поправка за температуру воздуха ΔL_t,
- поправка за атмосферное давление ΔL_p ,
- постоянная поправка светодальномера ΔL_c.

Исправленное превышение $\Delta Z_{и}$ вычисляется для каждого приема

$$\Delta Z_{и} = \Delta Z + \Delta L_t + \Delta L_p + \Delta L_{с}.$$

Расхождение между превышениями, определенными в каждом приеме, не должно превышать величины $\Delta Z'_{и} - \Delta Z''_{и} \le 0{,}003L$, м.

Окончательно принимается среднеарифметическое значение

$$\Delta Z_{ср} = \frac{(\Delta Z'_{и} + \Delta Z''_{и})}{2}, \text{ м.}$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$\Delta Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}}, \text{ м},$$

где $Z_{\text{ш}}$, $Z_{\text{п}}$ - высотные отметки реперов соответственно на ориентируемом горизонте и на земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ*, серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерского контроля. М.: 2003. – 118 с.

2. *ОГЛОБЛИН Д. Н. И ДР.* Маркшейдерское дело. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

Содержание

Введение……...3
1. Подземные маркшейдерские съемки…….....3
1.1. Общие сведения……3
1.2. Основные понятия ориентирования и единиц мер измерения.5
1.3. Теодолитная съемка в шахте……9
1.3.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов……9
1.3.2. Измерения длин сторон теодолитных ходов……12
1.3.3. Съемка подробностей (контуров)……...15
1.4. Лабораторная работа № 1. Подземная теодолитная съемка...15
1.5. Компарирование рулетки……...18
1.5.1. Лабораторная работа № 2. Компарирование рулетки……..18
2. Ориентирно-соединительные съемки……..24
2.1. Лабораторная работа № 3. Ориентирно-соединительные съемка через одну вертикальную выработку……25
2.2. Лабораторная работа № 4. Ориентирно-соединительные съемка через две вертикальные выработки……37
3. Подземная вертикальная съемка……..50
3.1. Передача высотной отметки через вертикальные горные …. выработки……..50
3.1.1. Лабораторная работа № 5. Передача высотной отметки длиномером ДА-2……...50
3.1.2. Лабораторная работа № 6. Передача высотной отметки длинной лентой (рулеткой)……55
3.1.3. Лабораторная работа № 7. Передача высотной отметки светодальномером (лазерной рулеткой)……57
Список литературы……62
Содержание……63

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Голубко Б.П.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«___»_____2019 г.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерия: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П.Голубко; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальность 21.05.04 Горное дело по дисциплине «Маркшейдерия».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

© Голубко Б.П.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 6
2. Содержание Курса. Контрольные вопросы и задачи по темам дисциплины 7
Рекомендуемая литература 11

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 288 часов или 8 зачетных единиц. Из них 149 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерия» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; решение и защита типовых маркшейдерских задач по отдельным темам курса. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерия». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется учебные пособия для решения типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом [2]. Эта учебное пособие программа может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] изучите каждую тему дисциплины,

используйте указанную дополнительную литературу[2]. Консультацию можете получить у преподавателя.

3. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные задачи. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

4. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

5. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в конце каждого раздела учебного пособия [2]. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание курса

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, курсовая работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стре-

миться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служит опрос.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

2.2. Контрольные вопросы

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Каковы задачи маркшейдерской службы?
2. Где зародилась специальность маркшейдерское дело?
3. Задачи, решаемые маркшейдерской службой на действующих шахтах.
4. Каковы виды и принципы маркшейдерских съемок в плане и по высоте?
5. Какими приборами пользуются маркшейдеры для измерения углов, расстояний?

Тема 2: Маркшейдерские опорные сети на земной поверхности

1. Опорные маркшейдерские сети – цель и задачи.
2. Что является главной геометрической основой всех видов съемки горного предприятия?

3. Назовите исходные пункты для построения маркшейдерских опорных сетей.
4. Кем создаются маркшейдерские опорные сети?
5. Какие основные методы создания опорных сетей?
6. Как закрепляются центры опорных сетей?
7. Какой класс точности координат центров опорных сетей?

Тема 3: Геометрический способ ориентирования подземных горных выработок

1. Цель и задачи геометрического способа ориентирования.
2. Практическое значение геометрического способа ориентирования.
3. Какие способы ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схемы ориентирования через наклонный ствол или штольню.
5. Схема ориентирования через один вертикальный ствол.
6. Схема ориентирования через два вертикальных ствола.
7. Оценка точности геометрических способов ориентирования.

Тема 4: Гироскопический способ ориентирования подземных горных выработок

1. Цель и задачи гироскопического способа ориентирования.
2. Практическое значение гироскопического способа ориентирования.
3. Какие схемы ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схема ориентирования через один вертикальный ствол.
5. Методика и схема ориентирования через два вертикальных ствола.
6. Основные понятия теории гироскопического ориентирования.

Тема 5: Вертикальная соединительная съемка подземных горных выработок

1. Цель и задачи вертикальной соединительной съемки.
2. Практическое значение вертикальной соединительной съемки.
3. Какие методы и схемы передачи высотной отметки в шахту?
4. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту глубиномером ДА-2.
5. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту шахтной лентой или рулеткой.
6. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту светодальномером.
7. Оценка точности вертикальной соединительной съемки.

Тема 6: Маркшейдерские подземные опорные сети

1. Цель и задачи маркшейдерских подземных опорных сетей.
2. Способы создания опорных подземных сетей.
3. Основные требования при создании и реконструкции подземных опорных сетей.
4. Закрепление пунктов подземных опорных сетей.
5. Методика и требования при измерении углов и длин подземных опорных сетей.

6. Методика и способы определения высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.
7. Оценка точности определения плановых координат и высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.

Тема 7: Маркшейдерская съемка в подземных горных выработках

1. Цель и задачи маркшейдерской съемки подземных горных выработок.
2. Способы создания и реконструкции маркшейдерских съемочных сетей.
3. Закрепление пунктов подземных съемочных сетей.
4. Методика и требования при измерении углов и длин съемочных сетей.
5. Цель и задачи маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
6. Схемы и методика производства маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
7. Камеральная обработка и оценка точности съемочных сетей и съемки контуров подземных горных выработок.

Тема 8: Маркшейдерский контроль проходки подземных горных выработок

1. Цель и задачи маркшейдерского контроля проходки подземных горных выработок.
2. Исходные данные для задания направления на проходку горных выработок.
3. Задание направления в горизонтальной плоскости.
4. Задание направления в вертикальной плоскости.
5. Использование лазерных указателей направления.
6. Замер проходки горных выработок.
7. Замер остатков полезного ископаемого и горной массы на складах и отвалах.

Рекомендуемая литература

1.Оглоблин Д.Н. и другие. «Маркшейдерское дело»: Учебник.- М. Недра,1981г..-704 с.

2.Голубко Б.П., Земских Г.В., Раева О.С. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. – 96с.

Маркшейдерия: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П. Голубко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Автор

Голубко Борис Павлович

Корректура кафедры маркшейдерского дела

Подписано к печати

Формат бумаги 60х84 1/16

Печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена С

Лаборатория множительной техники УГГГА

620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР

Специальность
21. 05. 04 «Горное дело»

Специализация «Маркшейдерское дело»

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Леонтьев А.Т., доцент, к.т.н.

Одобрен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Жабко А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 от 10.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета

Горно-технологического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1.Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся	5
2.Содержание курса	7
3.Перечень вопросов для проведения самопроверки и подготовки к зачету, экзамену	8
4.Содержание расчетно-графических работ	11
5.Курсовая работа	17
6.Перечень рекомендуемой литературы	19

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы обучающихся является закрепление знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у обучающихся творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний обучающихся, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у обучающихся таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей, обучающихся);
- информационно-обучающую (учебная деятельность обучающихся на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы обучающихся должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития обучающихся;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню обучающихся.

Содержание самостоятельной работы обучающихся представляет собой совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить обучающийся в процессе обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы для обучающихся по дисциплине «Рациональное использование и охрана недр» обращают внимание обучающегося на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы*, сдаче теста зачета экзамена и выполнения курсовой работы.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Рациональное использование и охрана недр» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к тестированию;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету и экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы обучающегося преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы обучающихся используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: зачет,экзамен.

Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы обучающегося по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7 (РПД). Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы обучающихся, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма це-

лесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, обучающимся следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи рационального использования и охраны недр.

Тема 2: Нормативно- правовая база законодательства РФ о недрах

Дается понятие «Недр». История формирования законодательства о недрах в Российской Империи, в советское время и в настоящий период. Закон Российской Федерации «О недрах». Федеральный закон «О драгоценных металлах и драгоценных камнях». Положение о лицензировании деятельности по производству маркшейдерских работ и другие законодательные акты, направленные на повышение эффективности использования полезных ископаемых из недр.

Тема 3: Понятие о запасах п.и. Принципы их разведки и оконтуривания

Понятие запасов п.и. Единицы их измерений. Геологические, промышленные, балансовые, забалансовые запасы. Категории запасов. Предварительная, детальная, эксплуатационная стадии разведки месторождений. Виды контуров тел полезных ископаемых. Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок и морфологическим принципам. Геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические приемы экстраполяции при оконтуривании тел п.и.

Тема 4: Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых п.и. по степени их геологической изученности, для проектирования горных предприятий и степени их подготовленности к добыче

История создания классификации запасов «ресурсов» твердых п.и. Классификация запасов п.и. в СССР (России). Понятие балансовых, забалансовых запасов и ресурсов. Рамочная классификация энергетических и минеральных ресурсов ООН. Процентное соотношение балансовых запасов различных категорий, используемых при проектировании предприятий по добыче твердых п.и. в СССР (России). Группы месторождений по сложности геологического строения. Подготовленность месторождений для промышленного освоения. Градация промышленных запасов по степени подготовленности к добыче (вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы).

Тема 5: Определение исходных данных для подсчета запасов. Методы подсчета запасов. Оценка точности подсчета запасов

Общие сведения о параметрах подсчета запасов. Способы определения площадей залежей в пределах контура подсчета запасов (графический, механический, аналитический). Определение мощности тела п.и. Определение содержания полезного компонента. Определение плотности горных пород. Общая характеристика и применимость методов подсчета запасов: метод геологических блоков; эксплуатационных блоков; многоугольников; треугольников; геологических разрезов; изолиний и объемной палетки проф. П.К. Соболевского; комбинированный способ подсчета запасов. Факторы, влияющие на точность определения запасов в недрах. Погрешность подсчета запасов. Учет состояния и движения запасов п.и.

Тема 6: Показатели полноты и качества извлечения п.и. из недр. Классификация потерь твердых полезных ископаемых, методы их определения и нормирования.

Основные понятия и термины: балансовые запасы; забалансовые запасы; добытая рудная масса; бортовое содержание; минимально промышленное содержание; потери запасов п.и.; потери полезного компонента; разубоживание полезного ископаемого. Условные обозначения основных терминов и понятий. Обзор и анализ различных показателей полноты и качества извлечения п.и. при их добыче. Требования предъявляемые к классификации потерь п.и. при разработке месторождений. Классификационные признаки

потерь. Единая классификация потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений. Методы определения потерь и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых (прямой; косвенный). Оценка экономических последствий потерь п.и. при разработке месторождений. Методы нормирования потерь: статистический; конструктивный; расчетный; экспериментальный; метод аналогии.

Тема 7:Маркшейдерский учет объемов горных работ и их движение при добыче п.и.

Общие положения. Подсчет объемов горных пород по маркшейдерской съемке. Определение объемов горных пород по результатам взвешивания транспортных сосудов. Определение остатков п.и. на складах и бункерах. Учет запасов: первичный учет; отчетность. Оперативный учет добычи п.и. Маркшейдерский контроль оперативного учета добычи п.и.

Тема 8: Задачи, этапы и виды планирования развития горных работ

Задачи планирования горных работ**.** Периоды планирования горных работ: генеральный; перспективный; текущий. Годовые планы развития горных работ. Порядок их рассмотрения и согласования. Требования к их составлению. Подготовка исходной информации. Расчет параметров добычи п.и., расчет потерь и разубоживания при добыче. Составление пояснительной записки и графических материалов.

Примерный перечень вопросов для проведения самопроверки и подготовки к зачету, экзамену

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Назовите основные задачи предмета «Рациональное использование и охрана недр».
2. Дайте определение понятия «недр».
3. Что относится к недрам и в чем заключается их ценность.
4. Основные экологические и другие функции недр.
5. Экологические последствия разработки недр.
6. Основное природное богатство недр.
7. Раскройте понятие- рациональное использование и охрана недр.
8. В чем заключается связь полезных ископаемых с недрами.
9. С какими видами маркшейдерских работ связана изучаемая дисциплина?

Тема 2: Нормативно правовая база законодательства РФ о недрах

1. Назовите основные этапы развития горного права Российской Империи (1700-1917гг.).
2. Раскройте понятие указов: «Об учреждении приказа Рудокопных дел», «Берг- привилегии»; Устава Горного Российской Империи.
3. Что составляло основу законодательства о недрах периода РСФСР и СССР.
4. Какой порядок недропользования устанавливался Горным положением Союза ССР (1927г.) и Горным законом РСФСР (1928г.)?
5. Назовите основные разделы «Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (1975г.).
6. Какую роль играл Кодекс РСФСР о недрах, утвержденный в 1976г.?
7. Что послужило причиной разработки нового закона РФ «О недрах».
8. Назовите основные разделы закона РФ «О недрах».
9. Раскройте перечень статей «Раздела III. Рациональное использование и охрана недр» закона РФ «о недрах».
10. Что понимают под термином рациональное использование недр?
11. Что понимают под понятием охрана недр?
12. Дайте полное определение понятия недр.
13. Как вопрос о недрах звучит в Конституции РФ 1993года?

Тема 3: Понятие о запасах п.и. Принципы их разведки и оконтуривания

1. Что понимается под оконтуриванием тел полезных ископаемых?
2. Виды контуров тел полезных ископаемых.
3. Определение контуров тел п.и. в пределах отдельных разведочных выработок.
4. Оконтуривание тел п.и. по совокупности разведочных выработок.
5. Определение контуров тел п.и. за пределами разведочных выработок.
6. Какие приемы экстраполяции используются при оконтуривании тел п.и.?
7. Что понимается под геологическими приемами экстраполяции тел п.и.?
8. Морфологические приемы проведения внешнего контура рудной залежи.
9. Статистические приемы оконтуривания рудных залежей.
10. Геометрические приемы оконтуривания тел п.и. и их три основные группы.
11. Оконтуривание балансовых запасов по кондиционной мощности.
12. Построение контура балансовых запасов по бортовому содержанию.
13. Как производится оконтуривание рудных тел при совместном учете естественных границ, кондиций по мощности и содержанию?
14. Назовите стадии разведки месторождений полезных ископаемых?
15. Дайте определение понятию «запасы полезных ископаемых.
16. Дайте определение понятию «балансовые и забалансовые запасы»
17. Что понимается под понятием «геологические и промышленные запасы»?

Тема 4: Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых п.и. по степени их геологической изученности, для проектирования горных предприятий и степени их подготовленности к добыче

1. Суть и назначение классификации запасов полезных ископаемых.
2. В какой стране появилась первая классификация запасов?
3. Этапы создания классификаций запасов в нашей стране.
4. Что означает понятие «разведанные и предварительно оцененные запасы»?
5. В классификации какого года появилось понятие балансовых и забалансовых запасов?
6. Что такое прогнозные ресурсы полезных ископаемых?
7. Дайте определение понятию категорий запасов «А, В, С1, С2».
8. Назовите критерии, по которым месторождения отнесены по сложности строения на четыре группы?
9. Назовите группы месторождений по размерам тел полезных ископаемых?
10. Назовите группы месторождений по характеру непрерывности орудинения?
11. На сколько групп поделены месторождения по изменчивости морфологии тел полезных ископаемых?
12. Какие группы месторождений существуют по степени равномерности распределения полезного компонента?
13. Назовите группы месторождений по сложности геологического строения для металлических и нерудных п.и. и углей и горючих сланцев?
14. Дайте процентное соотношение категорий запасов для всех групп сложности при их проектировании?
15. Раскройте сущность классификации запасов по степени подготовленности к добыче.
16. Дайте определение вскрытым, подготовленным и готовым к выемке запасам при открытом и подземном способах отработки месторождений.

Тема 5: Определение исходных данных для подсчета запасов. Методы подсчета запасов. Оценка точности подсчета запасов

1. Приведите общую формулу подсчета запасов и полезного компонента.
2. Раскройте параметры, входящие в формулы подсчета запасов и полезного компонента.
3. Назовите способы определения площадей рудных тел (залежей)?
4. Графический способ определения площадей рудных залежей.

5. Сущность механического способа определения площадей рудных залежей.
6. Аналитический способ определения площадей рудных залежей.
7. Как определить мощность рудного тела, имеющего четкие геологические границы?
8. Как определить истинную мощность тел полезных ископаемых по скважине?
9. Какие существуют способы определения средней мощности п.и?
10. Лабораторный способ определения содержания полезного компjанента.
11. Какие показатели используются при средневзвешанном способе определения содержания полезного компонента?
12. Назовите методы определения плотности горных пород?
13. Метод пробной вырубки при определении плотности горных пород.
14. На чем основан лабораторный способ определения плотности горных пород?
15. Сущность аналитического метода определения плотности горных пород.
16. Как подсчитать запасы п.и. «методом геологических блоков»?
17. Как подсчитать запасы п.и. «методом эксплуатационных блоков»?
18. Как подсчитать запасы п.и. «методом многоугольников»?
19. Как подсчитать запасы п.и. «методом треугольников»?
20. Как подсчитать запасы п.и. «методом геологических разрезов»?
21. Как подсчитать запасы п.и. «методом изолиний и объемной палетки проф. П.К. Соболевского»?
22. Какие факторы влияют на точность определения запасов в недрах?
23. Напишите формулу общей погрешности запасов руды и металла.
24. Дайте определение грубым, систематическим и случайным ошибкам измерений.
25. В чем заключается учет состояния и движения запасов полезных ископаемых?

Тема 6: Показатели полноты и качества извлечения п.и. из недр. Классификация потерь твердых полезных ископаемых, методы их определения и нормирования.

1. Назовите основные понятия и термины, применяемые при расчете показателей полноты и качества извлечения запасов из недр.
2. Каким показателем характеризуется полнота извлечения запасов из недр?
3. Что характеризуется коэффициентом изменения качества?
4. Напишите формулы вычисления показателей полноты и качества извлечения запасов из недр для рудных нерудных и угольных месторождений.
5. Что понимается под понятием «потери» и «разубоживание» руды?
6. Каким условиям должна удовлетворять классификация потерь полезных ископаемых?
7. Назовите классификационные признаки потерь?
8. Дайте единую классификацию потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений.
9. Какие группы методов определения потерь существуют в настоящее время?
10. На чем основаны прямые и косвенные методы определения потерь?
11. Назовите причины возникновения потерь и разубоживания руды.
12. Напишите формулы вычисления показателей потерь и разубоживания косвенным методом.
13. Какие виды потерь подлежат нормированию?
14. Назовите методы нормирования потерь.
15. Какими принципами и обще методическими указаниями по нормированию потерь и разубоживания руководствуются при добыче запасов?

Тема 7: Маркшейдерский учет объемов горных работ и их движение при добыче п.и.

1. Основные принципы учета состояния и движения запасов.
2. Какова схема разделения запасов и добытой горной массы?
3. Что понимается под понятием «кондиции» на п.и. и кто их устанавливает?
4. Из чего слагается учет запасов, задачи учета запасов?
5. Принципы нормирования подготовленных и готовых к выемке запасов.

6. Что называется, оперативным учетом добычи полезного ископаемого?
7. Как производится маркшейдерский контроль оперативного учета добычи п.и.?
8. Как ведется подсчет объемов горных пород по маркшейдерской съемке?
9. Как определяются объемы горных пород по результатам взвешивания?
10. Как ведется маркшейдерский контроль добычи и вскрыши?
11. Как определяются остатки полезного ископаемого на складах?

Тема 8: Задачи, этапы и виды планирования развития горных работ

1. Перечислите основные задачи планирования горных работ.
2. Назовите периоды планирования горных работ.
3. Раскройте содержание годового плана развития горных работ?
4. Каков порядок рассмотрения и согласования годовых планов развития горных работ?
5. Какие требования предъявляются к составлению годового плана горных работ?
6. Какие исходные материалы являются основой для составления планов горных работ?
7. Какие показатели горного предприятия подлежат планированию?
8. Для чего проводится анализ состояния горных работ на начало планируемого периода?
9. Состав пояснительной записки плана развития горных работ?
10. Какие графические и табличные материалы содержит пояснительная записка плана развития горных работ?

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические занятия, согласно учебного плана дисциплины «Рациональное использование и охрана недр», включают в себя выполнение пяти расчетно- графических работ (РГР) по подсчету запасов участка железорудного месторождения методами:

1.Геологических блоков.
2.Горизонтальных сечений.
3.Геологических разрезов.
4.Треугольников
5.Ближайших районов.

Исходными данными, для выполнения пяти расчетно-графических работ, служат результаты разведки участка железорудного месторождения, представленные в виде таблицы, в которой приведены координаты (x,y,z) восьми скважин и отметки висячего и лежачего боков залежи, а также приведен пример фрагмента плана с координатной сеткой масштаба 1:2000.Обучающемуся необходимо нанести скважины на план, выписать около каждой скважины ее мощность, методом интерполирования установить контур рудной залежи по изолинии нулевого метра и подсчитать запасы руды пятью методами.

Таблица исходных данных для подсчета запасов

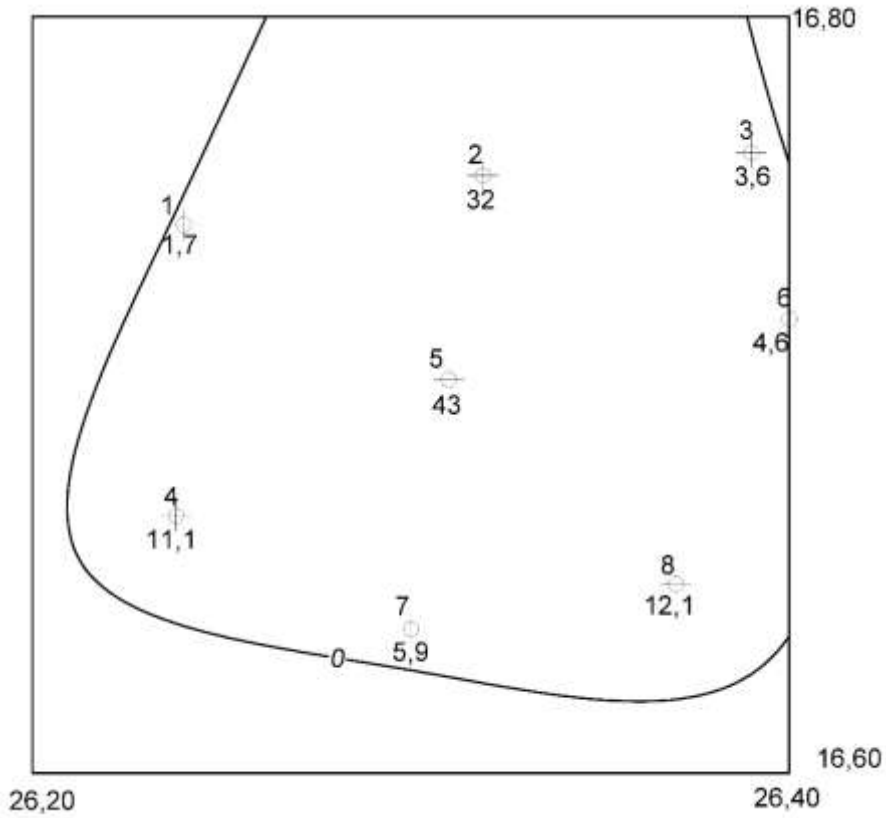
№ скв	X, м	Y, м	Z		m, м
			вис. бок	леж. бок	
1	16745,000	26240,000	233,5	231,8	1,7
2	16758,000	26319,000	263,0	231,0	32,0

3	16764,000	26390,000	236,8	233,2	3,6
4	16668,000	26238,000	239,2	228,1	11,1
5	16704,000	26310,000	269,3	226,3	43,0
6	16720,000	26400,000	236,6	232,0	4,6
7	16638,000	26300,000	236,8	230,9	5,9
8	16650,000	26370,000	241,0	228,9	12,1
Среднее					14,3

γ=3,2 т/м^3

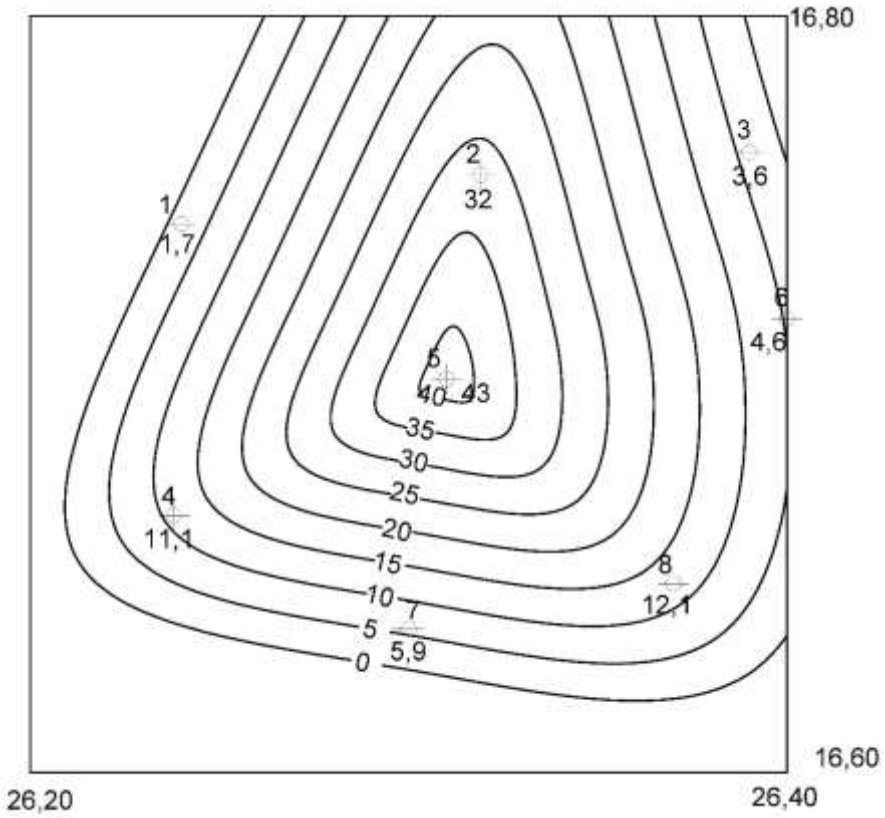
Примеры заданий для расчетно-графических работ

Расчетно-графическая работа- 1. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом геологических блоков



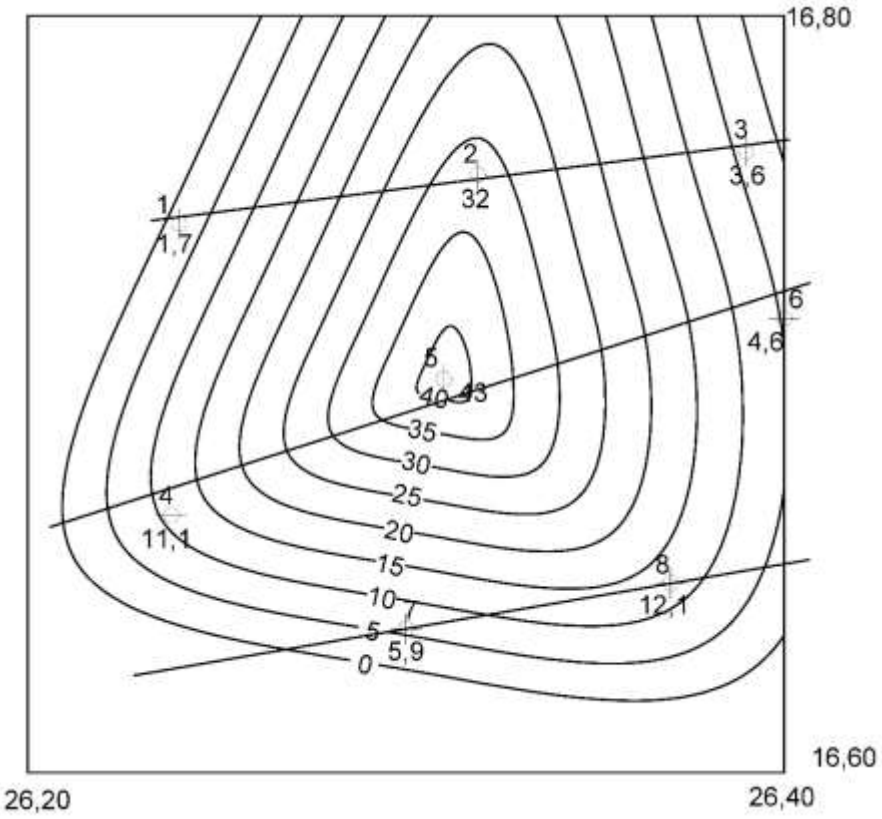
Расчетно-графическая работа- 2. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом горизонтальных сечений

В качестве горизонтальных сечений используются изолинии мощности с величиной сечения 5 метров.

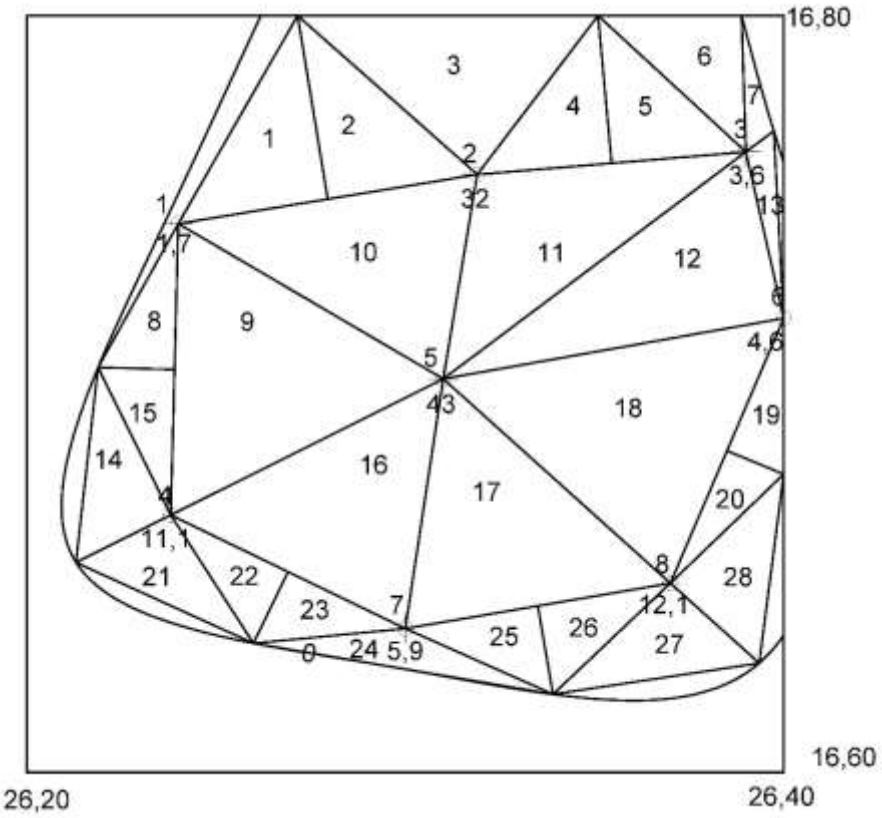


Расчетно-графическая работа- 3. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом вертикальных сечений

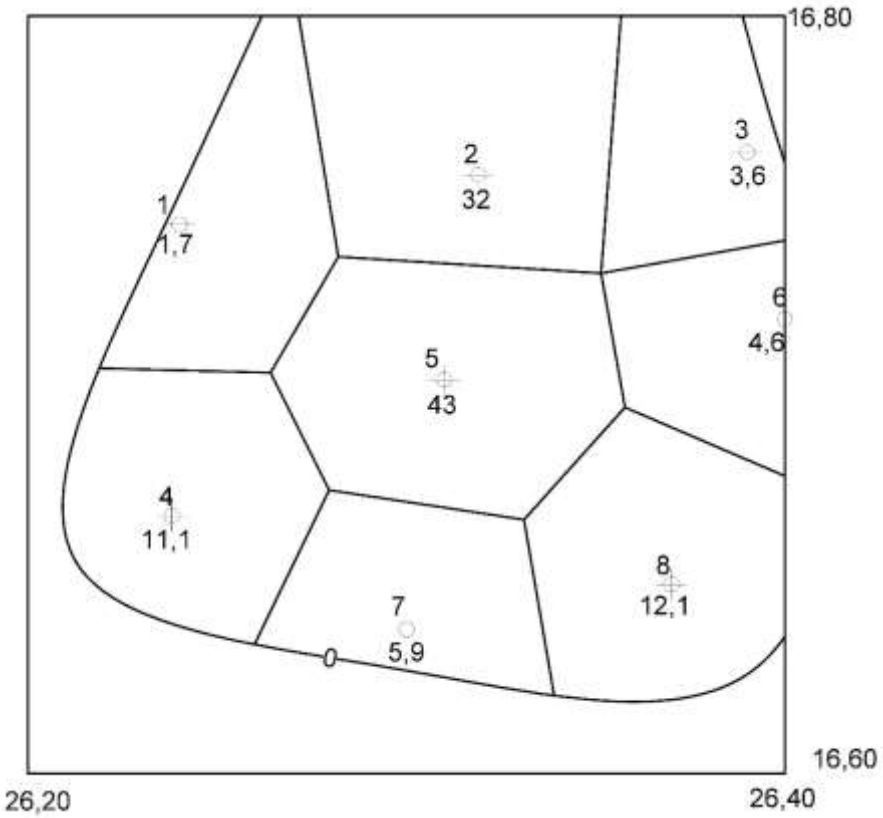
Вертикальные сечения строятся вдоль разведочных линий.



Расчетно-графическая работа-4. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом треугольников



Расчетно-графическая работа-5. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом ближайших районов



КУРСОВАЯ РАБОТА

Количество заданий курсовой работы соответствует количеству обучающихся в группе.
Тема курсовой работы для всех заданий имеет одно название «Составление плана развития горных работ на участке железорудного месторождения, разрабатываемого открытым способом» но выполняется, каждым обучающимся, по индивидуальному заданию.
Курсовая работа по составлению годового плана развития горных работ включает проведение расчетов, составление пояснительной записки и оформление графического материала.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

– краткая горно-геологическая характеристика участка;
– анализ состояния горных работ на начало планового периода (остатки балансовых, вскрытых и готовых к выемке запасов);
– основные плановые показатели по добыче руды и горно-подготовительным работам;
– составление годового плана развития горных работ;
– заключение.

Графический материал включает:

– сводный план с контурами горных работ на начало планируемого года;
– погоризонтные планы горных работ;
– поперечный и продольный разрезы;
– сводный план с контурами горных работ на конец планируемого года.

Индивидуальное задание курсовой работы включает в себя, краткую горно-геологическую характеристику участка месторождения и графический материал-план горных работ на начало планируемого периода.

Для выполнения курсовой работы обучающийся пользуется учебным пособием [2].

Пример задания для курсовой работы

Задание № 1.

Краткая горно-геологическая и технологическая характеристика участка месторождения

В этом разделе приводится информация о геометрических параметрах и элементах залегания залежи полезного ископаемого (форма залежи, ее падение, простирание, мощность, глубина залегания), качественных показателях полезного ископаемого (среднее содержание полезного компонента, плотность рудной массы), указываются характеристики условий разработки (система разработки залежи, оборудование, с помощью которого осуществляется погрузка и транспортировка руды и пустой породы).

Северный участок железорудного месторождения представлен залежью неправильной формы. На верхних горизонтах она залегает вертикально, а с глубины 50 м наблюдается ее восточное падение. Залежь простирается в меридианальном направлении, мощность колеблется от 100 до 300 м. Залежь разведана до глубины 500 м. Среднее содержание железа на верхних горизонтах составляет 25-27 %. Плотность рудной массы – 3,2 т/м^3, вмещающие породы скальные, их плотность 2,8 т/м^3. На поверхности залежь покрыта наносами мощностью 3 м. Эти рыхлые отложения имеют плотность 2 т/м^3.

Разработка залежи ведется открытым способом.

Северный участок вскрыт системой железнодорожных съездов, расположенных на юго-западном борту карьера. Отработка залежи ведется горизонтальными слоями высотой 15 м, с применением буровзрывных работ. Погрузка руды и пустой породы осуществляется

тремя экскаваторами ЭКГ -4,6 м^3. Транспортировка горной массы осуществляется железнодорожным транспортом нормальной колеи.

Положение горных работ на участке на начало планового периода, представляется на сводном и погоризонтных планах горных работ (Рис. 1.1).

Для выполнения курсовой работы каждому обучающемуся выдается индивидуальный графический материал (пример представлен на рис. 1.1).

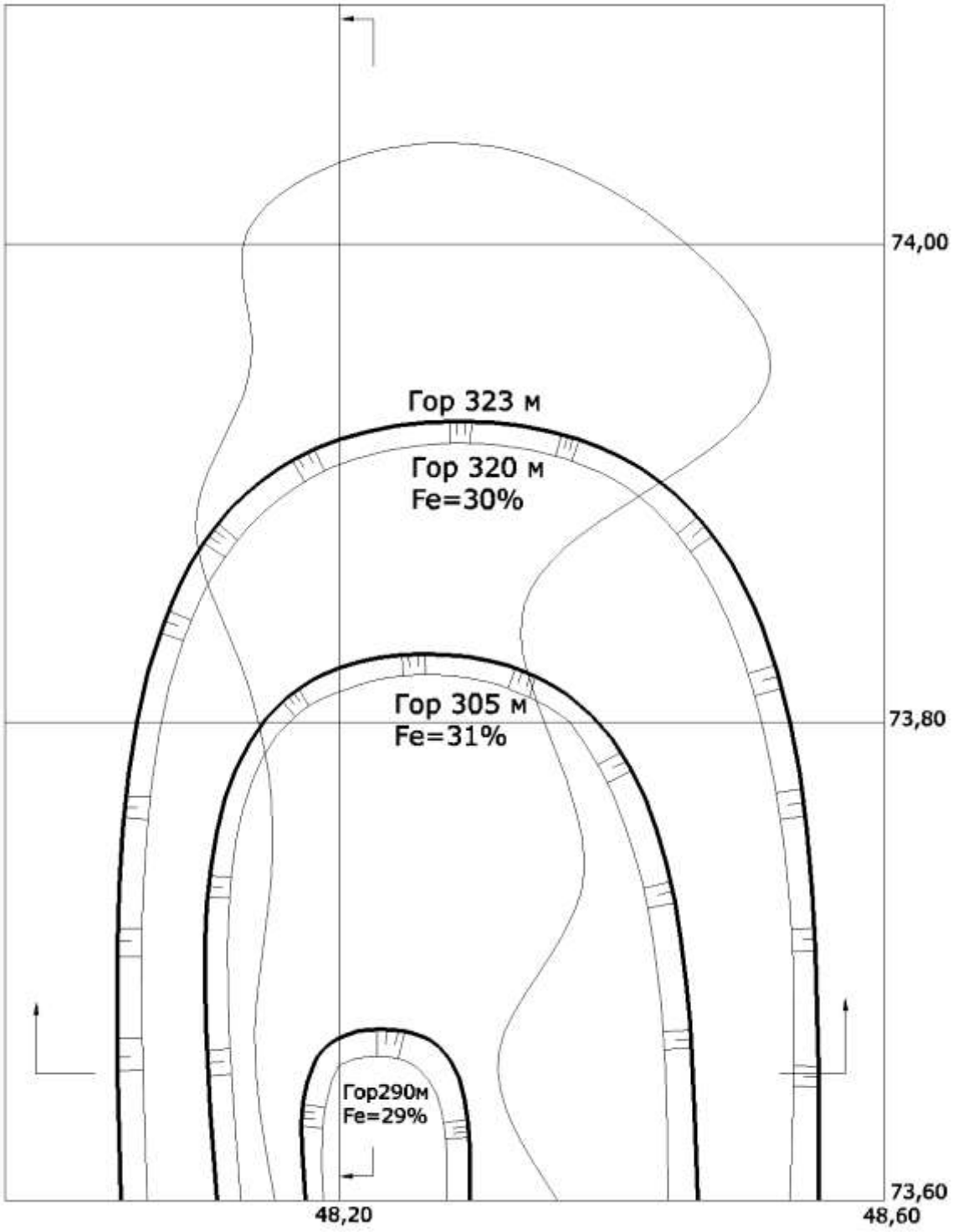


Рис. 1.1. План горных работ на начало планируемого периода

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букринский В.А. Геометрия недр: учеб. Для вузов. -4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. -550 с.
2. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР. Планирование развития горных работ: учебное пособие / А.Т.Леонтьев; Урал. гос. Горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 80с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Т. Леонтьев

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР

Учебное пособие

к курсовой работе

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ 7
1.1. Задачи планирования горных работ 10
1.2. Периоды планирования горных работ. 11
1.3. Годовые планы горных работ. 13
1.3.1. Порядок рассмотрения и согласования годовых планов горных работ 14
1.3.2. Требования к составлению годового плана горных работ 19
1.3.3. Графические материалы планов горных работ 21
1.3.4. Табличные материалы планов горных работ.. .26
1.3.5. Пояснительная записка планов горных работ 27
2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ 30
2.1. Общие сведения. 30
2.2. Краткая горно-геологическая характеристика участка месторождения 31
2.3. Анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода 35
2.4. Расчет основных плановых показателей, планирование направления развития, объемов и календарных сроков

производства горных работ 38

2.5. Состояние горных работ и обеспеченность запасами на конец планового периода 47

3. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ 51

3.1. Общие сведения. 51

3.2. Краткая горно-геологическая и технологическая характеристика участка месторождения 52

3.3. Анализ состояния горных работ на начало планового периода 55

3.4. Основные плановые показатели по добыче полезного ископаемого 57

3.5. Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам 58

3.6. Составление графика работы экскаваторов. 70

3.7. Движение запасов. 72

3.8. Расчет величины плановых потерь и разубоживания. 73

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 78

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 80

ВВЕДЕНИЕ

Целью планирования развития горных работ является обеспечение разработки месторождения в соответствии с проектом, рациональное и комплексное использование полезного ископаемого, охрана недр и окружающей среды.

Планирование развития горных работ в процессе разработки месторождения полезных ископаемых осуществляется в строгом соответствии с законодательством о недрах, действующими нормативными документами.

Маркшейдерская служба горного предприятия принимает непосредственное участие в планировании развития горных работ.

В процессе подготовки и составления годового плана развития горных работ маркшейдерская служба выполняет съемку фактического состояния горных работ и пополняет графический материал, рассчитывает ожидаемый объем вскрышных, подготовительных и добычных работ, составляет календарный план ведения горных работ, рассчитывает показатели движения запасов при добыче, определяет плановые величины потерь и разубоживания полезного ископаемого. Анализ состояния горных работ, который проводится при планировании, позволяет учесть все отклонения от плана текущего года и принять их во внимание при составлении плана на следующий год.

Учебное пособие содержит основные требования законодательных и нормативных документов по вопросам составления и согласования планов развития горных работ, а также

два практических задания по составлению годовых планов развития горных работ на участке угольного месторождения, разрабатываемого подземным способом, и участке железорудного месторождения, отрабатываемого открытым способом. В практических заданиях рассмотрены лишь основные этапы разработки планов горных работ, в которых непосредственное участие принимает маркшейдерская служба горного предприятия.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Вопросы составления планов развития горных работ регламентируются Законом РФ «О недрах», Законом РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», нормативными документами «Правила охраны недр», «Инструкция по согласованию годовых планов развития горных работ».

Требования законов и инструкций являются обязательным для всех организаций независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также для индивидуальных предпринимателей, осуществляющих пользование недрами на территории РФ и в пределах её континентального шельфа и морской исключительной экономической зоны РФ.

В соответствии со статьей 22 Закона РФ «О недрах» пользователь недр обязан обеспечить:

– соблюдение требований законодательства, а также утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил) по технологии ведения работ, связанных с пользованием недрами, и при первичной переработке минерального сырья;

– соблюдений требований технических проектов, планов и схем, развития горных работ, недопущение сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых;

– ведение геологической, маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность;

– безопасное ведение работ, связанных с пользованием недрами;

– соблюдение утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил), регламентирующих условия охраны недр, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, а также зданий и сооружений от вредного влияния работ, связанных с пользованием недрами;

– приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования;

– сохранность разведочных горных выработок и буровых скважин, которые могут быть использованы при разработке месторождений и (или) в иных хозяйственных целях; ликвидацию в установленном порядке горных выработок и буровых скважин, не подлежащих использованию;

– выполнение условий, установленных лицензий или соглашением о разделе продукции.

В соответствии со статьей 23 указанного Закона к основным требованиям по рациональному использованию и охране недр относятся:

– обеспечение полноты геологического изучения, рационального комплексного использования и охраны недр;

– проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;

– обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;

– достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов при разработке месторождения полезных ископаемых;

– охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений или осложняющих их разработку;

– предотвращение загрязнение недр при проведении работ, связанных с пользованием недрами, особенно при подземном хранении нефти, газа или иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сбросе сточных вод;

– соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;

– предупреждение самовольной застройки площадей залегания полезных ископаемых с соблюдением установленного порядка использования этих площадей в иных целях;

– предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод, используемых для питьевого или промышленного водоснабжения.

В соответствии со статьей 24 указанного Закона к основным требованиям по обеспечению безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, относятся:

– проведение комплекса геологических, маркшейдерских и иных наблюдений, достаточных для обеспечения нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций, своевременное определение и нанесение на планы горных работ опасных зон;

– осуществление специальных мероприятий по прогнозированию и предупреждению внезапных выбросов газов, прорывов воды, полезных ископаемых и пород, а также горных ударов;

– управление деформационными процессами горного массива, обеспечивающее безопасное нахождение людей в горных выработках;

– разработка и проведение мероприятий, обеспечивающих охрану работников предприятий и населения от вредного влияния горных работ в их нормальном режиме и при возникновении аварийных ситуаций.

1.1. Задачи планирования горных работ

Основными задачами планирования развития горных работ являются:

– обеспечение выполнения плана по добыче полезного ископаемого за данный отрезок времени;

– планомерное развитие горных работ за счет правильного соотношения и распределения объемов добычи и подготовительных выработок;

– рациональное использование запасов шахтного поля, всемерное сокращение потерь полезного ископаемого при его разработке;

– обеспечение непрерывного восполнения запасов, пригодных к выемке с целью обеспечения бесперебойной и ритмичной работы горного предприятия;

– определение перспективы дальнейшего развития горного предприятия за счет своевременного вскрытия новых горизонтов, шахтного строительства и ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей;

– обеспечение правил технической эксплуатации, техники безопасности и охраны труда при ведении горных работ.

1.2. Периоды планирования горных работ

По продолжительности планового периода планы бывают: генеральные, перспективные и текущие.

Генеральный план развития горных работ – общетехнический план, определяет основные направления развития горных работ на

весь срок существования предприятия. Он устанавливает технические границы горного предприятия, промышленные запасы, схему и порядок вскрытия, систему разработки, энергосбережение, водоотлив, вентиляцию, пропускную способность каждого звена производственного процесса и производственную мощность горного предприятия.

Перспективный план развития горных работ составляется на пятилетний период. Он должен предусматривать:

– осуществление доразведки месторождения и эксплуатационной разведки;

– планомерность отработки месторождения, обеспечивающую достижение оптимального уровня извлечение полезных ископаемых из недр при добыче;

– совершенствование применяемых и внедрение новых прогрессивных способов и систем разработки, а также технологии добычи с целью повышения уровня извлечения полезных ископаемых из недр и улучшения безопасности труда, охраны зданий и сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок;

– выполнение заданий государственного плана по охране недр и рациональному использованию минеральных ресурсов;

– восполнение вскрытых подготовленных и готовых к выемке запасов в соответствии с установленными предприятию нормами;

– сохранение забалансовых запасов и ранее законсервированных балансовых запасов полезных ископаемых или вовлечение их в отработку;

– использование вскрышных и вмещающих пород;

– меры по технике безопасности и охране месторождения или его частей от затоплений, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождения или осложняющих отработку;

– порядок и сроки погашения пустот;

– меры по охране зданий, сооружений земной поверхности и водных объектов от вредного влияния горных разработок;

– применение селективной выемки запасов полезных ископаемых с оставлением пустых пород в выработанном пространстве, если такая выемка повышает извлечение из недр или снижает разубоживание полезных ископаемых;

– решение вопросов усреднения руд;

– рекультивацию земель, нарушенных горными работами.

Текущее планирование ведется на год, квартал, месяц.

1.3. Годовые планы горных работ

Под годовым планом развития горных работ или годовой программой работ (далее – годовой план) понимается документ, составленный пользователем недр и определяющий направления развития горных работ, объемов добычи полезных ископаемых, объемов производства геологоразведочных, рекультивационных,

вскрышных, горно-подготовительных и добычных работ. Годовой план содержит сведения о подготовке (обработке) и переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств), иных работах, предусмотренных условиями лицензий на пользование недрами, техническим проектом, проектными технологическими документами, а также нормативах потерь полезных ископаемых при их добыче и нормативах потерь полезных ископаемых при переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств). В годовом плане также отмечаются мероприятия по охране недр, рациональному, комплексному использованию минерального сырья, промышленной безопасности, предотвращению вредного влияния горных работ на окружающую среду, здания и сооружения.

Годовые планы составляются на основании утвержденного проекта, в соответствии с законодательными и нормативными требованиями в области охраны недр, промышленной безопасности и охраны окружающей среды, условиями лицензии на пользование недрами, соглашений о разделе продукции с учетом рекомендаций государственных контролирующих органов, научных и проектных организаций.

1.3.1. Порядок рассмотрения и согласования годовых планов горных работ

Согласование годовых планов государственными органами горного надзора осуществляется в целях обеспечения рационального

и безопасного ведения горных работ, соблюдения законодательных и нормативных требований, условий лицензий на пользование недрами, проектных решений по отработке запасов полезных ископаемых и их переработке, установления оптимальных величин нормативов потерь полезных ископаемых, недопущения сверхнормативных потерь, выборочной отработки месторождений полезных ископаемых и их порчи от неправильного ведения горных работ, своевременного восстановления нарушенных горными работами земель, охраны подрабатываемых зданий и сооружений, опережающего геологического изучения недр, а также выполнения мероприятий по охране недр, промышленной безопасности и предотвращению вредного влияния горных работ на окружающую среду.

Годовые планы рассматриваются и согласовываются управлением округа (управлением) Ростехнадзора или, по его поручению, отделом управления округа (управления). Полномочия по согласованию годовых планов распределяются согласно приказу по управлению округа (управлению).

Рассмотрение годовых планов осуществляется по графику. Графиком должно устанавливаться рассмотрение годовых планов в период не раннее 1 сентября и не позднее 15 декабря года, предшествующего планируемому. Допускается включение в график более поздних дат рассмотрения годовых планов при сезонном характере добычных работ, но не позднее, чем за две недели до начала добычного сезона.

Годовой план рассматривается в присутствии представителей недропользователя, включая одного из руководителей организации,

главного маркшейдера и главного геолога. Местом рассмотрения плана может являться управление округа (управления) или его отдела, а также местонахождение недропользователя.

При рассмотрении годового плана территориальным органом Ростехнадзора обращается внимание:

– на соответствие планируемых направлений и объемов горных работ техническому проекту и проектным технологическим документам;

– планомерность разработки месторождения полезных ископаемых или его части, исключающую выборочную отработку наиболее богатых по минеральному составу участков;

– соответствие предусмотренных годовым планом основных технических и технологических параметров разработки месторождения фактическим геологическим и горнотехническим условиям, их эффективность в части рационального извлечения полезных ископаемых и промышленной безопасности;

– предотвращение сверхнормативных потерь;

– соответствие нормативов потерь при добыче полезных ископаемых и при переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств) проектным показателям и условиям лицензии на пользование недрами;

– наличие лицензии на пользование недрами и выполнение условий ее действия;

– наличие горного и земельного отвода;

– причины образования временных неактивных запасов и порядок их отработки;

– ликвидацию (консервацию) горных выработок, участков, блоков, горизонтов на отработанных участках месторождения полезных ископаемых;

– техническую обоснованность расчетов платежей при пользовании недрами;

– обоснованность технико-экономическими расчетами нормативов потерь и разубоживания по каждой выемочной единице;

– обеспечение рационального использования и сохранности попутно добываемых полезных ископаемых, а также горных пород, пригодных для производства строительных материалов;

– эффективность мероприятий по рациональному использованию и охране недр;

– ожидаемые деформации подрабатываемых зданий, сооружений и природных объектов, планируемые меры по охране;

– соблюдение требований промышленной и экологической безопасности;

– правильность определения опасных зон и наличие вокруг них утвержденных границ безопасного ведения горных работ, эффективность мероприятий по безопасному ведению работ вблизи опасных зон;

– соответствие планируемых объемов эксплуатационной разведки, вскрышных и горно-подготовительных работ планируемой добыче полезных ископаемых;

– соответствие планируемых работ по рекультивации нарушенных горными работами земель проектным направлениям и

заданиям, а также условиям лицензий на пользование недрами, договору аренды земельных участков.

Результаты рассмотрения годового плана оформляются протоколом, в котором указываются представители территориального органа Госгортехнадзора России и пользователя недр, принявшие участия в его рассмотрении.

По результатам рассмотрения может быть принято решение по согласованию годового плана, либо по отказу в согласовании, либо по переносу даты рассмотрения. Решение включается в протокол, куда также могут включаться условия согласования и рекомендации. В случаях переноса даты рассмотрения годового плана или отказа в его согласовании в протоколе указываются причины.

Протокол рассмотрения годового плана подписывается начальником территориального органа Ростехнадзора или его заместителем или по их поручению начальником отдела. На графических материалах в случае согласования ставится специальный штамп с надписью «**СОГЛАСОВАНО**» (наименование территориального органа Ростехнадзора), а также указываются номер и дата протокола. Один экземпляр протокола годового плана в срок не позднее 7 дней направляется пользователю недр.

В решении о согласовании годового плана указываются:

– перечень согласованных нормативов потерь и разубоживания при добыче по выемочным единицам;

– перечень нормативов потерь при переработке полезного ископаемого по каждому из компонентов, извлечение которых предусмотрено лицензий на пользование недрами и проектом

перерабатывающего производства (при наличии перерабатывающих производств);

– условия по устранению выявленных недостатков годового плана;

– рекомендации по повышению уровня рационального и комплексного использования запасов полезных ископаемых, промышленной безопасности, охраны окружающей среды и геолого–маркшейдерского обслуживания горных работ.

Согласованию не подлежат годовые планы в случаях выявления в них существенных нарушений законодательных и нормативных требований, а также условий лицензий на пользование недрами, отклонений от проектов, систематического нарушения пользователем недр установленных правил пользования недрами и норм безопасности, невыполнения условий согласования годовых планов за предыдущий период.

Производство горных работ без согласованного с территориальными органами Ростехнадзора годового плана, а также с отступлениями от согласованного годового плана не допускается.

При выявлении в процессе ведения горных работ изменений геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разработки месторождения или отработки отдельных выемочных единиц, строительства подземных сооружений, необходимые изменения вносятся в годовой план по согласованию с территориальным органом Ростехнадзора.

1.3.2. Требования к составлению годового плана

горных работ

Годовые планы должны предусматривать:

– рациональное ведение горных работ, исключающее выборочную отработку более богатых участков, порчу других полезных ископаемых и обеспечивающее правильность разработки месторождений полезных ископаемых;

– оптимальные показатели нормативов потерь и разубоживания при добыче, установленные по выемочным единицам, и нормативов потерь при переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств), а также нормативов потерь попутного (растворенного) газа и нефти при их подготовке;

– оптимальную концентрацию горных работ, исключающую их разбросанность и многогоризонтность при разработке месторождений твердых полезных ископаемых;

– применение технологий, повышающих извлечение запасов;

– восполнение вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых при разработке месторождений твердых полезных ископаемых;

– меры по охране зданий, сооружений и природных объектов, расположенных на земной поверхности в зоне вредного влияния горных разработок;

– горные меры по охране подземных объектов, сооружений и горных выработок;

– безопасное ведение горных работ и мероприятия по промышленной безопасности;

– системы наблюдений за вредным влиянием горных работ на окружающую среду (горно–экологический мониторинг);

– геологическое изучение недр, включая реализацию рекомендаций ГКЗ (ЦКЗ, ТКЗ), МПР России и ЦКР (ТКР) Минтопэнерго России;

– мероприятия по охране недр, рациональному и комплексному использованию минерального сырья;

– предотвращение подработки барьерных целиков;

– ликвидацию (консервацию) отработанных горных выработок, блоков, горизонтов;

– установление границ опасных зон и порядка ведения работ вблизи них;

– рекультивацию нарушенных горными работами земель;

– предотвращение образования сверхнормативных потерь в результате неправильного ведения горных работ, включая случаи подработки или надработки запасов полезных ископаемых;

– сохранность попутно добываемых полезных ископаемых, а также горных работ, пригодных для производства строительных материалов.

Годовой план подписывается руководителем (главным инженером), главным маркшейдером и главным геологом горнодобывающей организации, подписи скрепляются печатью.

1.3.3. Графические материалы планов горных работ

Графические материалы годовых планов должны быть представлены планами горных работ (проекциями на вертикальную или горизонтальную плоскость) с разбивкой по кварталам и необходимыми поперечными разрезами. Они составляются в соответствии с установленными требованиями условных обозначений для горной графической документации.

На графические материалы наносят:

– контуры балансовых запасов, утвержденных ГКЗ (ЦКЗ, ТКЗ) МПР России, запасов, уточненных по результатам последующей доразведки и разработки месторождения, запасов, уже погашенных и намечаемых к погашению на планируемый год с разбивкой по кварталам, временно неактивных запасов;

– участки нормируемых потерь;

– участки опасных зон по всем факторам опасности и границы безопасного ведения работ;

– схема вентиляции, виды механизации выемки, типы крепи, способ управления кровлей в подготовительных и очистных забоях, расположение водоотливных станций и дренажных выработок;

– границы барьерных и предохранительных целиков;

– участки постоянно затопленных выработок;

– участки с заложенным выработанным пространством и погашенные горные выработки;

– геологические нарушения;

– вынимаемая мощность полезного ископаемого (фактическая и планируемая);

– местоположение других полезных ископаемых, попадающих в зону влияния горных работ;

– скважины различного назначения;

– положение забоев подземных горных выработок, уступов карьеров и разрезов на начало и конец планируемого периода;

– границы горного отвода;

– границы земельного отвода (на планах поверхности и планах открытых горных работ);

– проектные границы разноса бортов карьера или разреза как в плане, так и на глубину разработки;

– границы участков нарушенных, отработанных и рекультивированных земель (на планах поверхности и планах открытых горных работ);

– границы отвалов, хвосто- и шламохранилищ, складов плодородного слоя почвы;

– технологическая схема движения (транспортирования) минерального сырья от места добычи до выпуска готовой продукции;

– надписи, ориентирующие по сторонам света.

На топографических планах поверхности (обзорных) в масштабе не мельче 1:25000 показываются жилые и промышленные здания и сооружения, объекты наземных и подземных коммуникаций, водоемы, устья действующих и ликвидированных выработок, границы горного и земельного отводов, контуры разведанных запасов.

На схемах вскрытия месторождения показываются:

– пересеченные вскрывающими выработками пласты, рудные тела, залежи и вмещающие породы;

– основные выработки, определяющие характер вскрытия месторождения (стволы, штольни, квершлаги, уклоны, гезенки и др.);

– абсолютные отметки устьев стволов шахт и скважин, околоствольных дворов и горизонтов, сетки высот (на вертикальной проекции).

На погоризонтных планах горных работ показываются:

– контуры пласта, рудного тела, углы его падения и простирания;

– технические границы по проекту;

– границы отработки на планируемый период и фактические границы отработки;

– границы блоков, камер, целиков с указанием их номеров и среднего содержания или зольности полезного ископаемого, мощности пласта, контуры очистной выемки и погашенных участков, границы безопасного ведения работ;

– устья выработок, вскрывающих месторождение, капитальные, подготовительные, нарезные и погашенные выработки;

– линии разрезов, прилагаемых к планам.

На сводных планах горных работ показываются:

– технические границы по проекту;

– границы горного и земельного отводов;

– границы отработки на планируемый период и фактические границы отработки;

– основные формы рельефа земной поверхности на площади горного отвода и основные элементы ситуации поверхности;

– охраняемые здания, сооружения и объекты, контуры предохранительных целиков, границы зон вредного влияния горных работ на земную поверхность;

– главные разведочные, горнокапитальные и другие выработки, дающие общую картину горных работ;

– основные тектонические нарушения, линии разрезов и проекций, а также отметки горизонтов горных работ;

– способы погашения выработок;

– места образования провалов на земной поверхности и прорыва плывунов.

На вертикальных разрезах показываются:

– технические границы по проекту;

– границы горного и земельного отводов;

– границы отработки на планируемый период и фактические границы отработки;

– стволы шахт и скважин, штольни, квершлаги, восстающие, а также основные выработки отдельных горизонтов, рудных тел, залежей;

– номера эксплуатационных блоков, лав, камер, целиков и характеризующих их данные;

– контуры пласта, рудного тела, углы их падения и углы падения выработок, контуры очистной выемки и погашенных участков, границы безопасного ведения горных работ, отметки устьев выработок и др.

На геологические планы и разрезы наносятся основные горные выработки и скважины, характеризующие направление геологоразведочных работ и эксплуатационной разведки.

При наличии перерабатывающих производств прилагается схема переработки минерального сырья (проектная и фактическая), схема цепи аппаратов, схема опробования и контроля технологических процессов по переработке минерального сырья (при раздельной переработке – по каждому сорту или виду сырья).

1.3.4. Табличные материалы планов горных работ

Материалы годовых планов включают таблицы:

– состояния и движения вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых по состояния на начало планируемого периода и ожидаемого на конец этого периода (при добыче твердых полезных ископаемых);

– основных показателей по плану горных работ на планируемый период и ожидаемых на конец текущего года (план-факт);

– потерь и разубоживания за текущий год (план-факт) и на планируемый период по выемочным единицам (при добыче твердых полезных ископаемых);

– потерь минерального сырья при переработке (при наличии перерабатывающих производств);

– состояние и движение отходов добычи и переработки минерального сырья;

– пустот выработанного пространства при добыче с закладкой выработанного пространства и план погашения (закладки) их на планируемый период;

– объемов (бурения, проходки) эксплуатационно–разведочных работ (при разработке месторождений твердых полезных ископаемых);

– объемов заказчика (агентов) в системах поддержания пластового давления по каждой залежи (при добыче нефти);

– движения фонда скважин (при добыче нефти и газа).

1.3.5. Пояснительная записка планов горных работ

В пояснительной записке годового плана приводятся сведения:

– о новых геологических данных, обеспеченности запасами на начало планируемого периода, а при разработке месторождения твердых полезных ископаемых – запасами по их подготовленности к отработке (вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке по норме и фактически);

– наличии временно неактивных запасов, причинах их образования и намечаемых сроках их погашения (при разработке месторождений твердых полезных ископаемых);

– применяемых системах разработки, их удельном весе в объеме годовой добыче;

– выполнении ранее согласованных годовых планов по извлечению запасов полезных ископаемых, а также мероприятий по охране недр, промышленной и экологической безопасности;

– технико–экономических расчетах показателей планируемых нормативов потерь при добыче и переработке минерального сырья;

– состоянии вентиляционного хозяйства и обеспеченности отдельных участков и в целом рудника или шахты требуемым количеством воздуха на начало и конец планируемого периода (при подземных работах);

– мероприятиях по улучшению использования и охраны недр в планируемом году, а также по промышленной и экологической безопасности;

– состоянии горных работ, в том числе горно-капитальных;

– наличии опорного и съемочного обоснования, видах и сроках работ по маркшейдерскому и геологическому обеспечению горных работ;

– фактической обеспеченности планируемых горных работ маркшейдерскими и геологическими кадрами и их техническом оснащении;

– выполненных и намечаемых направлениях и объемах рекультивации нарушенных горными работами земель;

– технической обоснованности расчетов платежей при пользовании недрами;

– выполненных и намечаемых направлениях и объемах геологоразведочных работ и эксплуатационной разведки (при разработке месторождений твердых полезных ископаемых);

– выполненных и намечаемых мерах охраны подрабатываемых зданий, сооружений и объектов;

– намечаемых мероприятиях по безопасному ведению работ вблизи опасных зон;

– наличии у недропользователя лицензии на право ведения горных работ, связанных с повышенной опасностью, и на пользование недрами;

– выполнении условий лицензии на пользование недрами, включая внесение платежей при пользовании недрами, рекомендаций ГКЗ (ЦКЗ, ТКЗ) МПР России, ЦКР (ТКР) Минтопэнерго России;

– состоянии авторского надзора проектной организации за реализацией проекта, наличии у нее лицензии на право проектирования горных производств и объектов, дате составления проекта разработки месторождения и дополнений к нему;

– мероприятиях по совершенствованию технологического процесса переработки минерального сырья, обеспечивающих оптимальное извлечение полезных компонентов (при наличии перерабатывающих производств);

– организации учета количества и качества минерального сырья, поступающего на переработку и потребителю.

2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

2.1. Общие сведения

Основными этапами разработки плана развития горных работ, в которых непосредственное участие принимает маркшейдерская служба горного предприятия, являются:

- анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода;
- расчет плановых показателей, определение направления развития и объемов вскрышных, подготовительных, добычных и рекультивационных работ на основе планового задания по добыче полезного ископаемого и с учетом принятой технологии ведения работ;
- определение календарных сроков производства горных работ;
- определение плановых величин потерь и разубоживания полезного ископаемого;
- анализ ожидаемого состояния горных работ и обеспеченности запасами на конец планового периода.

Результаты этих работ оформляются в виде пояснительной записки, графического и табличного материала.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

– краткая горно-геологическая характеристика участка;

– анализ состояния горных работ на начало планового периода;

– основные плановые показатели;

– заключение.

Табличный материал включает:

– обеспеченность запасами по лавам на начало планового периода;

– характеристику работы лав;

– график ввода и вывода лав (фронт работ);

– плановые эксплуатационные потери;

– подсчет запасов на конец планового периода.

Графический материал включает:

– сводный план с контурами горных работ на начало планируемого года;

– календарный план ведения горных работ;

– сводный план с контурами горных работ на конец планируемого года.

Расчетная, графическая и пояснительная части плана развития горных работ выполняются совместно.

2.2. Краткая горно-геологическая характеристика участка месторождения

В пояснительной записке приводится краткая горно-геологическая характеристика участка месторождения, в которой указывают сведения о форме и условиях залегания угольных пластов,

мощности пласта, содержании золы, объемной массе угля, структурных показателях пласта и вмещающих пород, тектонических нарушениях.

Объемная масса угля γ, мощность пласта m и производительность пласта P определяются как средние величины для отдельно взятых участков шахтного поля, где предполагаются горные работы.

Значение объемной массы угля принимают по данным лабораторного определения.

Мощность угольных пластов в районе будущих горных работ может быть определена на основании:

– замеров мощности пласта по уже пройденным очистным и подготовительным выработкам;

– известных мощностей при отработке пласта на верхних горизонтах и экстраполяции их на нижележащие невскрытые горизонты;

– данных по геологоразведочным скважинам в районе будущих работ.

Различают общую, полезную и товарную (вынимаемую) мощности угольного пласта. Полезная мощность пласта равна общей мощности за вычетом мощности прослоек «пустых» пород в пласте угля. Товарная мощность это мощность угольного пласта, извлекаемая при добыче (зависит от технических характеристик средств механизации горных работ).

По разнице общей и товарной мощностей пласта определяют мощность оставляемых угольных пачек, которые относятся впоследствии к потерям по мощности.

Производительность пласта это количество угля в тоннах, которое можно получить при разработке с одного квадратного метра площади пласта. Ее подсчитывают по формуле

$$P_i = m_{\text{Т}} * \gamma \, , \qquad (2.1)$$

где $m_{\text{Т}}$ – товарная мощность пласта (слоя), м; γ – объемный вес угля, т/м^3.

Исходные данные к выполнению практического задания

Для практического задания по планированию развития подземных горных работ в качестве примера взят участок угольного месторождения, представляющего собой одиночный пласт угля со следующими параметрами:

- угол падения пласта – 40-45˚;
- зольность товарного угля – 39 %;
- мощность пласта: общая – 1,5 м; полезная – 1,4 м; товарная – 1,3 м;

объемная масса - 1,5 т/м^3.

Тектонических нарушений на участке месторождения не отмечено.

При планировании развития горных работ на участке в параметры угольного пласта необходимо внести индивидуальные поправки из табл. 2.1.

Например, Иванов Петр получает следующие поправки: в мощность угольного пласта – $\Delta m = +0{,}6$; в объемный вес угля $\Delta\gamma = 0$.

Таблица 2.1

Поправки в параметры угольного пласта

Начальная буква фамилии, имени	Фамилия	Имя
	Δm, м	$\Delta\gamma$, т/м^3
А	+1,1	0
Б	+1,4	+0,1
В	+1,2	+0,1
Г	0	-0,1
Д	+0,5	-0,1
Е	+0,4	+0,1
Ж	+0,8	-0,1
З	+1,2	+0,1
И	+0,6	0
К	0	-0,1
Л	0,2	+0,1
М	+1,4	+0,1
Н	+1,1	-0,1
О	+0,6	+0,1
П	+0,7	0
Р	+0,8	+0,1
С	0	-0,1
Т	+0,2	-0,1
У	-0,1	+0,1
Ф	+1,1	+0,1
Х	+0,5	-0,1
Ц	+0,3	0
Ч	-0,2	-0,1
Ш	+0,4	+0,1
Щ	+0,5	+0,1
Э	-0,1	0
Ю	0	+0,1
Я	+0,6	-0,1

Например, Иванов Петр получает следующие поправки: в мощность угольного пласта – $\Delta m = +0{,}6$; в объемный вес угля $\Delta\gamma = 0$.

2.3. Анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода

На этапе анализа состояния горных работ на начало планового периода составляется маркшейдерский план участка в проекции на наклонную плоскость. На план наносится фактическое положение горно-подготовительных и очистных выработок на начало планового периода.

Для выполнения практического задания выдается индивидуальный графический материал (пример представлен на рис. 2.1).

Состояние горных работ на начало планового периода на участке следующее.

Разработка участка пласта угля ведется на двух горизонтах (100 и 200 м). На каждом горизонте отрабатываются по две лавы (№ № 114, 115 и 217, 218 соответственно). По проекту отработка лав 115 и 218 производится после завершения работ в лавах 114, 217 и проходки разрезных печей и штреков в лавах 115 и 218.

Для нашего примера параметры охранных целиков откаточных штреков приняты следующие: ширина - 20 м, длина - 80 м, высота - по общей мощности пласта. Размеры целиков у наклонных выработок (ходок, бремсберг): ширина – 10 м, длина – по всей длине выработки.

Обеспеченность предприятия запасами полезного ископаемого на данном участке представляется в виде табличного материала. Учет

запасов ведется по степени их подготовленности к выемке на начало планового периода для каждой лавы (табл. 2.2).



Рис.2.1. План горных работ по пласту «Новый» на начало года

Таблица 2.2

Обеспеченность запасами по лавам на начало года

Горизонт	Лава	Балансовые запасы, тыс. т	Промышленные запасы, тыс. т	Подготовленные запасы, тыс. т	Готовые к выемке запасы, тыс. т
200	217	64,9	47,4	47,4	47,4
	218	237,6	165,4	52,4	0
Итого		302,5	212,8	99,8	47,4
100	114	81,0	44,9	44,9	44,9
	115	225,2	156,0	49,9	0
Итого		306,2	200,9	94,8	44,9
Всего		608,7	413,7	194,6	92,3

Балансовые запасы (БЗ) определяются как произведение общей площади пласта в границах лавы S (например, S_{1234} для лавы 218 на рис. 2.1), общей мощности пласта $m_{общ}$ и объемного веса угля γ.

Промышленные запасы (ПрЗ) это часть балансовых запасов, подлежащих добыче по проекту, определяются как произведение площади пласта в границах, подлежащих отработке S (например, S_{5678} для лавы 115 на рис. 2.1), товарной мощности пласта $m_{тов}$ и объемного веса угля γ.

Подготовленные к выемке запасы (ПВЗ) это часть промышленных запасов, определяемая как произведение площади участка, где пройдены все подготовительные выработки S (например, *Sабвг* для лавы 218 на рис. 2.1), товарной мощности $m_{тов}$ и объемного веса угля γ.

Готовые к выемке запасы (ГВЗ) это часть подготовленных к выемке запасов, определяемая как произведение площади участка лавы, где пройдены все необходимые подготовительные и нарезные выработки S (например, $S_{АБВГ}$ для лавы 217 на рис.2.1), товарной мощности $m_{тов}$ и объемного веса угля γ.

2.4. Расчет основных плановых показателей, планирование направления развития, объемов и календарных сроков производства горных работ

Все планируемые работы должны быть увязаны в объемах, во времени и пространстве.

Для рассматриваемого примера приняты следующие исходные данные:

- выемка угольной массы осуществляется узкозахватным комбайном 1К101У с шириной захвата 0,8 м;
- режим работы шахты – 6 - дневная рабочая неделя, число рабочих дней в году – 305.

Результаты расчета основных плановых показателей сводят в таблицы «Характеристика работы лав» (табл. 2.3) и «График ввода и вывода лав (фронт работ)» (табл. 2.4).

Необходимые геометрические параметры горных выработок на участке планирования горных работ определяются непосредственно по маркшейдерским чертежам (см. рис. 2.1).

Линия забоев

При разработке угольных месторождений в отчетных и плановых показателях различают очистную и подготовительную линии забоев или фронт работ.

К очистным забоям относятся забои лав, уступов, полос, заходок, коротких столбов, камер, щитовые забои и забои горизонтальных и поперечнонаклонных слоев.

К подготовительным угольным забоям относят забои выработок, проводимых по углю: бремсберги, уклоны, штреки, ходки, просеки, разрезные и вентиляционные печи и гезенки.

Линия забоев определяется только по угольным забоям.

Под очистной линией забоев понимают длину лав в плоскости пласта (расстояние вдоль забоя между выработками или целиками, оконтуривающими забой).

Талица 2.3

Характеристика работы лав

Год, число дней	Номер лавы	Угол падения пласта	Мощность пласта, м			Зольность, %	Объемный вес, т/м^2	Производительность пласта, т/м	Ср. длина лавы, м	Линия забоя, м	Площадь выемки, м	Подвигание, м	Среднесут. добыча, т	Добыча за год, т	Кол-во раб. дней	Среднегод. кол-во забоев
			общая	полезная	товарная											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
								6*8		10*17	15:9	12:10		14*16		16:1
2005	217	40-45	1,5	1,4	1,3	39	1,5	2,0	160	65,6	28272	177	456	56544	124	0,41
305	218		1,5	1,4	1,3	39	1,5	2,0	160	94,4	41268	258		82536	181	0,59
	Итого										69540	435		139080	305	1,00
	114	40 -45	1,5	1,4	1,3	39	1,5	2,0	160	57,6	24852	155		49704	109	0,36
	115		1,5	1,4	1,3	39	1,5	2,0	160	102,4	44688	279		89376	196	0,64
	Итого										69540	435		139080	305	1,00
	Всего										139080	869		278160		

Таблица 2.4

График ввода и вывода лав (фронт работ)

Номера лав	Фронт работ											
	на 01.02.05	на 01.03.05	на 01.04.05	на 01.05.05	на 01.06.05	на 01.07.05	на 01.08.05	на 01.09.05	на 01.10.05	на 01.11.05	на 01.12.05	на 01.01.06
217	36	36	36	36	28							
218	(60+80)	(60+80)	(60)		8	36	36	36	36	36	36	36
114	36	36	36	36	16							
115	(60+80)	(60+80)	(60)		20	36	36	36	36	36	36	36

Примечание: 36 п.м./ месяц – среднедействующая очистная линия забоя (произведение суточного подвигания забоя на количество рабочих дней в месяце). Скорость проходки разрезной печи принимается 80 п.м./месяц, а штрека – 60 п.м./месяц.

Подготовительная линия угольных забоев определяется как ширина поперечного сечения выработок по углю, работающих в течение планового периода.

Например, по лаве 217:

действующая очистная линия 1/160,

действующая подготовительная 0/0,

всего 1/160.

В числителе указывается общее количество забоев по углю, в знаменателе их длина в метрах.

При планировании составляют график ввода лав с указанием количества и длины среднедействующих очистных и подготовительных забоев.

Плановая скорость подвигания очистных и подготовительных забоев

Подвигание забоя за один цикл определяется средствами механизации и организации работ. Например, в забое работает комбайн – 1К101У с захватом шириной 0,8 м. Организация работ – два цикла в сутки. Подвигание забоя за один цикл $l_{ц} = 0{,}8$ м.

Суточное плановое подвигание очистного забоя определяют по формулам

$$L_{сут} = N_{ц} \cdot l_{ц}, \qquad (2.2)$$

где $N_{ц}$ – норматив цикличности.

Норматив цикличности это плановое число циклов, подлежащее выполнению в плановом периоде в конкретных горно-геологических условиях. Величину его определяют по формуле

$$N_{ц} = k_{ц} \cdot t_{у} \cdot n_{ц}, \qquad (2.3)$$

где $k_ц$ – коэффициент цикличности; учитывает горно-геологические и технические условия работы и принимается не более 0,9 (чем труднее геологические условия и больше длина забоя, тем меньше $k_ц$); $t_у$ – продолжительность планового периода или число рабочих дней ($t_у$ = 1, т. е. одни сутки); $n_ц$ – число циклов в сутки, которое может быть выполнено в данном забое($n_ц$ = 2).

$N_ц$ =0,9 · 1 · 2= 1,8;

$L_{сут}$= 1,8 · 0,8= 1,44 м.

Площадь выемки за сутки рассчитывается как произведение суточного подвигания забоя $L_{сут}$ на среднедействующую длину линии забоя за сутки $a_{ср.д}$.

$$F = a_{ср.д} \cdot L_{сут}, \qquad (2.4)$$

где $a_{ср.д}$- среднедействующая длина лавы; $L_{сут}$ – суточное подвигание забоя, м.

F = 160 х 1,44 = 230,4 м^2.

Тогда плановую добычу угля из очистного забоя за сутки определяют по формуле

$$D_{сут} = F \cdot p \cdot c, \qquad (2.5)$$

где F – площадь выемки пласта, м^2; p – производительность пласта, т/м^2; c – коэффициент извлечения, учитывающий потери отбитого угля в забое (c = 0,99).

$D_{сут}$ = 230,4 · 2,0 · 0,99 = 456,2 т.

Таким образом, добыча за год составит:

$$D_{год} = D_{сут} \cdot N_{раб}, \qquad (2.6)$$

где $D_{сут}$ – суточная добыча, т; $N_{раб}$ – количество рабочих дней в году.

$D_{год} = 456{,}2 \cdot 305 = 139141$ т.

Расчет показателей по подготовительному забою производится аналогично очистному забою.

Общая добыча вычисляется по формуле

$$D_{общ} = D_{о} + D_{п}. \qquad (2.7)$$

Все полученные данные заносятся в табл. 2.3 и составляется Календарный план горных работ (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Календарный план горных работ по пласту «Новый»

На графическом материале участки производства горных работ планируемого года наносятся и затушевываются красным цветом с разбивкой по месяцам. Планируемые потери запасов в целиках штрихуются линиями желтого цвета.

Расчет плановых эксплуатационных потерь

В плановые эксплуатационные потери включаются:

- потери от системы разработки:

а) по площади (оставляемые в недрах целики у подготовительных выработок и очистном пространстве);

б) по мощности (теряемый при разработке уголь в почве и кровле пластов и между слоями при слоевой выемке);

- потери в охранных и барьерных целиках, если в последующем не будет производиться их выемка;

- потери по геологическим и гидрогеологическим условиям;

- потери отбитого угля (образуются вследствие неполной зачистки угля в очистных и подготовительных забоях и рассыпания угля при транспортировании от забоя до склада готовой продукции).

Потери от неправильного ведения горных работ включают: потери в целиках и пачках угля, оставляемых сверх нормативов, установленных для данной системы разработки; потери в целиках, пачках и слоях, оставленных из-за пожаров, а также потери в недоработанных участках у границ и в середине шахтного поля; потери в подработанных пластах. Такие потери проектом не планируются. Их учет ведется уже в процессе разработки.

Расчет плановых потерь ведется по пластам, участкам и шахте, причем раздельно по системам разработки. Для этого используются

планы горных работ, структурные колонки по пластам, геологические разрезы. Рассчитанные данные заносятся в таблицу (2.5).

На планах горных работ теряемые целики у подготовительных выработок обычно закрашиваются желтым цветом. Потери по площади вычисляются по формуле

$$П_{п} = S_{ц} \cdot m_{тов} \cdot \gamma, \qquad (2.8)$$

где $S_{ц}$ – площадь всех целиков, м^2; $m_{тов}$ – товарная мощность угля, м; γ – объемный вес угля, т/м^3;

Потери по мощности

$$П_{м} = S \cdot (m_{общ} – m_{тов}) \cdot \gamma, \qquad (2.9)$$

где S – площадь добытых запасов, м^2; $m_{тов}$ – товарная мощность угля, м; $m_{общ}$ – общая мощность угля, м; γ – объемный вес угля, т/м^3;

Потери отбитого угля принимаются 0,3 % от добычи.

Эксплуатационные потери определяются как сумма всех видов потерь. Потери по геологическим и гидрогеологическим причинам, а также потери в охранных и барьерных целиках в данной работе не предусмотрены.

2.5. Состояние горных работ и обеспеченность запасами на конец планового периода

В завершающем этапе планирования горных работ заполняют таблицу обеспеченности запасами (табл. 2.6) план состояния горных работ на конец планового периода (рис. 2.3).

Таблица 2.5.

Плановые эксплуатационные потери

Лава	Добыча, т	Эксплуатационные потери		в том числе								
				от системы разработки			по геологическим и гидрогеологическим причинам		в охранных и барьерных целиках		потери отбитого угля	
				всего	из них							
		т	%	т	по площади, т	по мощности, т	т	%	т	%	т	%
217	56544	14752	26,1	14582	6100	8482	-		-		170	0,3
218	82536	21528	26,1	21280	8900	12380	-		-		248	0,3
114	49704	32905	66,2	32756	25300	7456	-		-		149	0,3
115	89376	33974	38,0	33706	20300	13406	-		-		268	0,3
Всего	278160	103159	37,1	102324	60600	41724	-		-		835	0,3

Таблица 2.6.

Подсчет запасов на конец планового периода

Горизонт	Лава	Балансовые запасы, тыс. т	Промышленные запасы, тыс. т	Подготовленные запасы, тыс. т	Готовые к выемке запасы, тыс. т
200	217	0	0	0	0
200	218	131,7	91,8	91,8	91,8
Итого		131,7	91,8	91,8	91,8
100	114	0	0	0	0
100	115	118,8	75,5	75,5	75,5
Итого		448,8	75,5	75,5	75,5
Всего		250,5	167,3	167,3	167,3



Рис. 2.3. План горных работ по пласту «Новый» на конец года

3. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

3.1. Общие сведения

Работа по составлению годового плана развития горных работ включает проведение расчетов, составление пояснительной записки и оформление графического материала.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

– краткая горно-геологическая характеристика участка;

– анализ состояния горных работ на начало планового периода (остатки балансовых, вскрытых и готовых к выемке запасов);

– основные плановые показатели по добыче руды и горно-подготовительным работам;

– составление годового плана развития горных работ;

– заключение.

Графический материал включает:

– сводный план с контурами горных работ на начало планируемого года;

– погоризонтные планы горных работ;

– поперечный и продольный разрезы;

– сводный план с контурами горных работ на конец планируемого года.

В процессе подготовки и составления годового плана развития горных работ маркшейдерская служба предприятия выполняет следующие основные работы:

– подготавливает материалы о выполнении плана горных работ на текущий год и делает их анализ;

– выполняет съемку фактического состояния горных работ и пополняет графический материал;

– на оставшееся время, в соответствии с планом, рассчитывает ожидаемые объемы добычи полезного ископаемого и горно-подготовительных работ;

– наносит на планы ожидаемое выполнение объемов добычи рудной массы и горно-подготовительных работ;

– отстраивает на погоризонтных планах ожидаемые контуры горных работ на 1 января планируемого года.

Перечисленные мероприятия являются исходной информацией для целей планирования горных работ.

3.2. Краткая горно-геологическая и технологическая характеристика участка месторождения

В этом разделе приводится информация о геометрических параметрах и элементах залегания залежи полезного ископаемого (форма залежи, ее падение, простирание, мощность, глубина залегания), качественных показателях полезного ископаемого (среднее содержание полезного компонента, плотность рудной массы), указываются характеристики условий разработки (система

разработки залежи, оборудование, с помощью которого осуществляется погрузка и транспортировка руды и пустой породы).

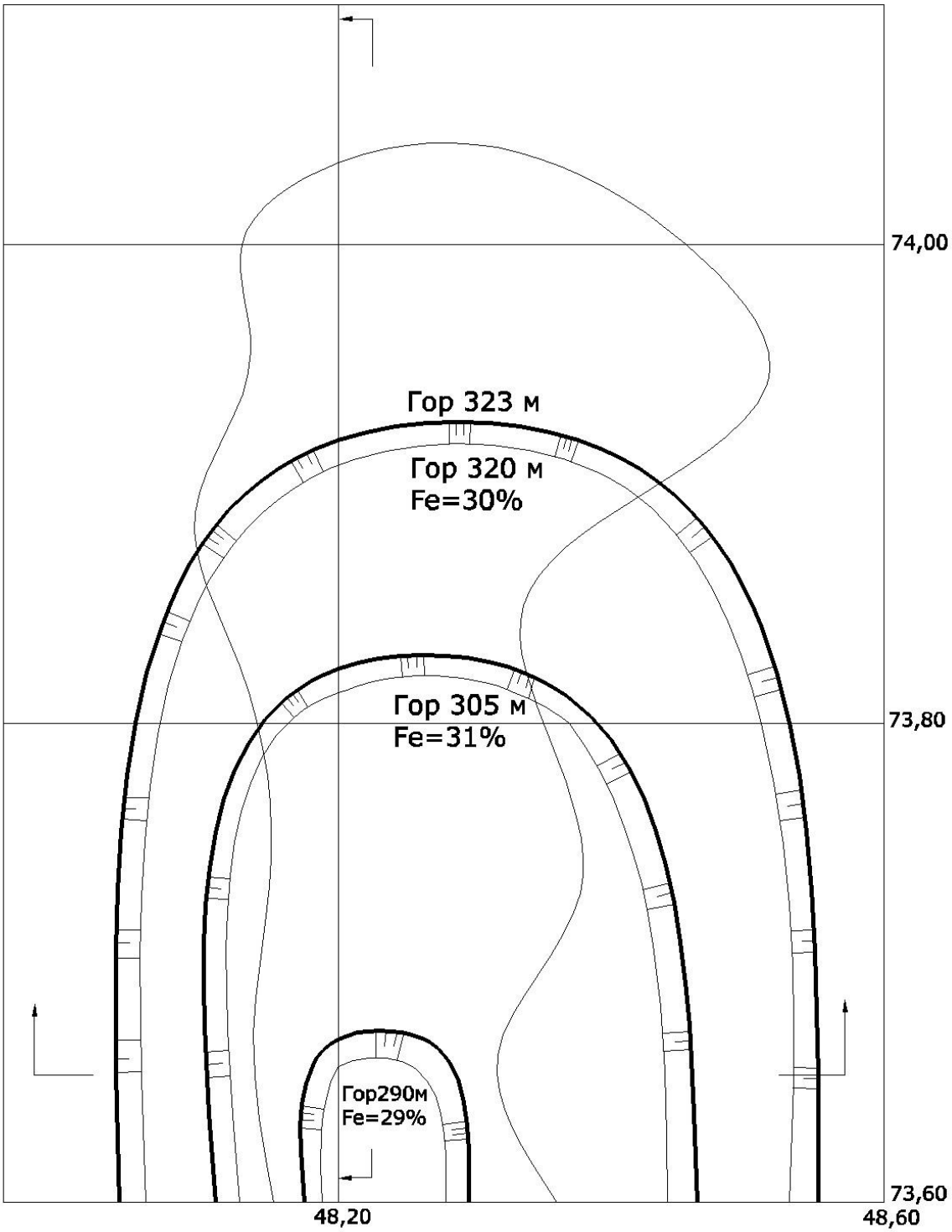
Северный участок железорудного месторождения представлен залежью неправильной формы. На верхних горизонтах она залегает вертикально, а с глубины 50 м наблюдается ее восточное падение. Залежь простирается в меридианальном направлении, мощность колеблется от 100 до 300 м. Залежь разведана до глубины 500 м. Среднее содержание железа на верхних горизонтах составляет 25-27 %. Плотность рудной массы – 3,2 т/м^3, вмещающие породы скальные, их плотность 2,8 т/м^3. На поверхности залежь покрыта наносами мощностью 3 м. Эти рыхлые отложения имеют плотность 2 т/м^3.

Разработка залежи ведется открытым способом.

Северный участок вскрыт системой железнодорожных съездов, расположенных на юго-западном борту карьера. Отработка залежи ведется горизонтальными слоями высотой 15 м, с применением буровзрывных работ. Погрузка руды и пустой породы осуществляется тремя экскаваторами ЭКГ -4,6 м^3. Транспортировка горной массы осуществляется железнодорожным транспортом нормальной колеи.

Положение горных работ на участке на начало планового периода, представляется на сводном и погоризонтных планах горных работ (Рис. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4).

Для выполнения практического задания выдается индивидуальный графический материал (пример представлен на рис. 3.1).



Сводный план горных работ на 01.01.17г.
1:2000

Рис. 3.1. Состояние горных работ на начало планируемого периода

3.3. Анализ состояния горных работ на начало планового периода

Состояние горных работ определяется наличием горно-транспортного оборудования, фронтом работы и количеством запасов, подготовленных для промышленного освоения на планируемый год (остатки балансовых, промышленных, вскрытых, подготовленных к добыче). Табл.3.3.

Балансовые (экономические) запасы, это запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам, экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

Промышленные запасы – часть балансовых запасов, которая подлежит извлечению из недр по проектам или планам развития горных работ. Определяются путем исключения из балансовых запасов проектных потерь. В нашем примере все балансовые запасы являются и промышленными.

Вскрытые запасы – часть промышленных запасов предприятия, освобожденные от покрывающих пустых пород или обнаженные в следствие естественных условий залегания, для разработки которых пройдена въездная траншея для транспорта, скипового подъемника, конвейера и выполнены горно-капитальные работы, предусмотренные техническим проектом. Вскрытые запасы ограничены: сверху – поверхностью полезного ископаемого,

обнаженной в следствие выполненных горных работ или естественных условий залегания; снизу – горизонтом, на который пройдена въездная траншея; со стороны добычных работ – обнаженными поверхностями откосов уступов; со стороны массива полезного ископаемого – поверхностями, построенными от границ верхней обнаженной поверхности залежи под углами откосов уступов и с учетом размеров предохранительных берм, предусмотренных техническим проектом.

Подготовленные запасы – запасы уступов (из числа вскрытых) с обнаженной верхней и боковой поверхностями, для разработки которых выполнены горно-подготовительные работы, предусмотренные техническим проектом или планом развития горных работ. Подготовленные запасы ограничены: сверху – верхней обнаженной поверхностью уступа; снизу горизонтом подошвы уступа; со стороны добычных работ – обнаженной поверхностью откоса уступа; со стороны массива полезного ископаемого – поверхностью, построенной от границ предохранительной бермы вышележащего уступа под углом откоса, предусмотренным техническим проектом.

Роль вскрытых запасов заключается в обеспечении независимости добычных и вскрышных работ, подготовленные запасы обеспечивают независимое подвигание смежных уступов, готовые к выемке запасы обеспечивают независимость отдельных процессов по добыче полезного ископаемого.

Для расчета подготовленных запасов предохранительные бермы принимаются для верхнего рудного горизонта 3 м, для нижних рудных – 30 м.

Границы вскрытых (ВЗ) и подготовленных запасов (ПЗ) отмечаются на погоризонтных планах и разрезах.

Подсчет запасов ведется на погоризонтных планах одним из методов:

– геологических блоков;

– эксплуатационных блоков;

– геологических разрезов;

– объемной палетки Соболевского.

Обеспеченность предприятия остатками вскрытых и подготовленных запасов ($N_в$, $N_п$) в месяцах определяется по формулам

$$N_В = (РМ_{вз}/D) \cdot 12; \qquad (3.1)$$

$$N_П = (РМ_{пз}/D) \cdot 12\ , \qquad (3.2)$$

где $РМ_{вз}$, $РМ_{пз}$ – остатки вскрытых и подготовленных запасов на начало планируемого года;

D – годовой план добычи в пересчете на балансовые запасы;

12 – число месяцев в году.

Например.

На начало планового периода Северный участок обеспечен запасами

$N_В = 1896 / 2300 \cdot 12 = 10$ мес.;

$N_П = 1547 / 2300 \cdot 12 = 8$ мес.

3.4. Основные плановые показатели по добыче полезного ископаемого

Исходя из потребности в минеральном сырье, состояния горных работ, наличия горно-транспортного оборудования, его производительности и остатков запасов, подготовленных для промышленного освоения, руководство предприятия определяет основные плановые показатели для годового планирования горных работ. В рассматриваемом примере план по добыче рудной массы (РМ) берется в пределах 50-60% от объема остатков балансовых запасов (табл. 3.3).

Плановые показатели по объемам горно-подготовительных работ получают в результате расчетов при планировании (табл.3.1).

Например, для данного участка основные плановые показатели по добыче составляют:

рудная масса (РМ) – 2300 тыс.т.;

горно-подготовительные работы [ГПР] – 2955 тыс.т.;

горная масса (ГМ = РМ + ГПР) – 5255 тыс.т.

Количество подготовленных запасов на конец планового периода должно обеспечить работу предприятию на определенное количество месяцев; это число рассчитывается по формуле (3.2).

Основные направления развития горных работ должны соответствовать направлениям, принятым в техническом проекте.

При отработке приконтактной зоны норма потерь на 1 пог.м. должна составлять не более 3,5 %, разубоживания – 2,5 %.

3.5. Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам

Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам производят с учетом остатков подготовленных запасов, производительности экскаваторов их количества и качества руды. Сначала распределяют объемы в целом по горизонтам, а затем, после составления графика работы экскаваторов, по блокам горизонта.

Для нашего примера горные работы на участке ведутся в северном направлении на горизонтах 320, 305 и 290 м. На верхнем горизонте 323 м лежит слой рыхлых наносов мощностью 3 м, которые необходимо снять без взрывных работ в летний период. Нижние горизонты сложены скальными породами и рудой.

На участке имеются три экскаватора ЭКГ -4,6 м^3. Производительность экскаваторов с учетом коэффициента их использования составляет на горизонтах 320, 305 м – 1800 тыс. т, на нижнем горизонте 290 м – 1600 тыс. т.

В плане развития горных работ принимается, что на горизонте 290 м целый год будет работать экскаватор № 1, два экскаватора № 2 и 3 на горизонте 305 м. Для снятия наносов экскаватор № 2 в летний период переводится на горизонт 320 м.

Нарезка объемов выемки руды и горно-подготовительных работ на погоризонтных планах должна вестись с таким расчетом, чтобы обеспечить: выполнение планового задания; фронт работы

экскаваторов (с учетом их производительности) и подготовку запасов на начало работы следующего года.

Рассмотрим последовательность планирования горных работ на примере, приведенного участка железорудного месторождения:

1. Планирование горных работ, по выполнению плана по добыче и вскрыше (горно-подготовительные работы), начинают вести с нижнего горизонта до верхнего вскрышного горизонта. Подготавливают графический материал по каждому планируемому горизонту – планы горных работ, на которых отображают фактическое состояние горных работ, границы вскрытых и подготовленных запасов, для дальнейшего подсчета их остатков (табл. 3.3).

2. Нарезку объемов добычи рудной массы (РМ), горно-подготовительных работ (ГПР) и горной массы (ГМ) начинаем с нижнего горизонта – 200 м. Принимая во внимание, что на данном горизонте в течение года будет работать один экскаватор с производительностью 1600 тыс. т по горной массе и имеющиеся остатки подготовленных запасов (табл. 3.3) намечают плановый контур горных работ на конец планируемого года так, чтобы максимально выполнить план по добыче руды. В пределах установленного контура подсчитывают объемы по рудной массе (РМ), вскрыше (ГПР) и суммарный баланс горной массы (ГМ), который должен соответствовать производительности экскаватора на данном горизонте-1600 тыс. т. Поскольку планируемый контур устанавливается методом приближения, то возможно отклонение

величины ГМ от производительности в сторону увеличения или уменьшения не более чем на 5%.

3. Аналогичный порядок планирования производится на следующем вышележащим горизонте 305 м. В отличие от нижнего горизонта (290 м.) объем добычи на гор. 305 м. будет равен разнице принятого планом объема добычи на год- 2300 тыс.т. и запланированным объемом добычи рудной массы нижележащего горизонта-1000 тыс.т., т.е. объем добычи на этом горизонте будет известен заранее и будет равен-1300 тыс.т.. Остается подсчитать объемы вскрышных работ (ГПР) при разносе бортов и подсчитать объемы добычи горной массы (ГМ). Поскольку на данном горизонте работают два экскаватора, то и объемы (ГМ) расписываются по каждому отдельно. При этом один из экскаваторов №3 нагружается полностью до его производительности 1800 тыс. т, а второй №2 по остаточному принципу. Цифры по объемам добычи выписывают на план данного горизонта.

4. При планировании горных работ верхнего рудного горизонта (в нашем случае гор. 305 м), контур отработки «залезет» под границы существующего вскрышного горизонта. Для обеспечения плана добычи на гор. 305 м необходимо будет произвести вскрышные работы на гор.320 м. высота наносов, которых составляет 3 м. Объемы вскрышных работ (ГПР) должны обеспечить прирост рудной массы на величину, равную необходимой добыче на данном горизонте и имеющихся остатков подготовленных запасов, но не более остатков объемов производительности экскаватора №2 горизонта 305 м, т.е. объемы по вскрыше гор. 320 м

будут ≤ остатку производительности экскаватора №2, осуществляющего добычу на гор. 305 м. В нашем примере эта цифра по ГПР не должна превышать величины 355 тыс. т, что соответствует остатку производительности экскаватора № 2. Все результаты по планированию рудной массы (РМ), горно-подготовительных работ (ГПР) и горной массы (ГМ) фиксируются на погоризонтаных планах и заносятся в соответствующие таблицы 3.1, 3.2.

5. Графическая часть процесса планирования заканчивается созданием сводного плана горных работ на планируемый период (год), а также построением продольных и поперечных разрезов с фиксацией на них состояния горных работ на начало и конец планируемого года. Все результаты промежуточных расчетов заносятся в табл. 3.3 – «Движение запасов…» с окончательным расчетом их остатков на конец планируемого года (или на начало следующего за годом планирования), что одно и то же.

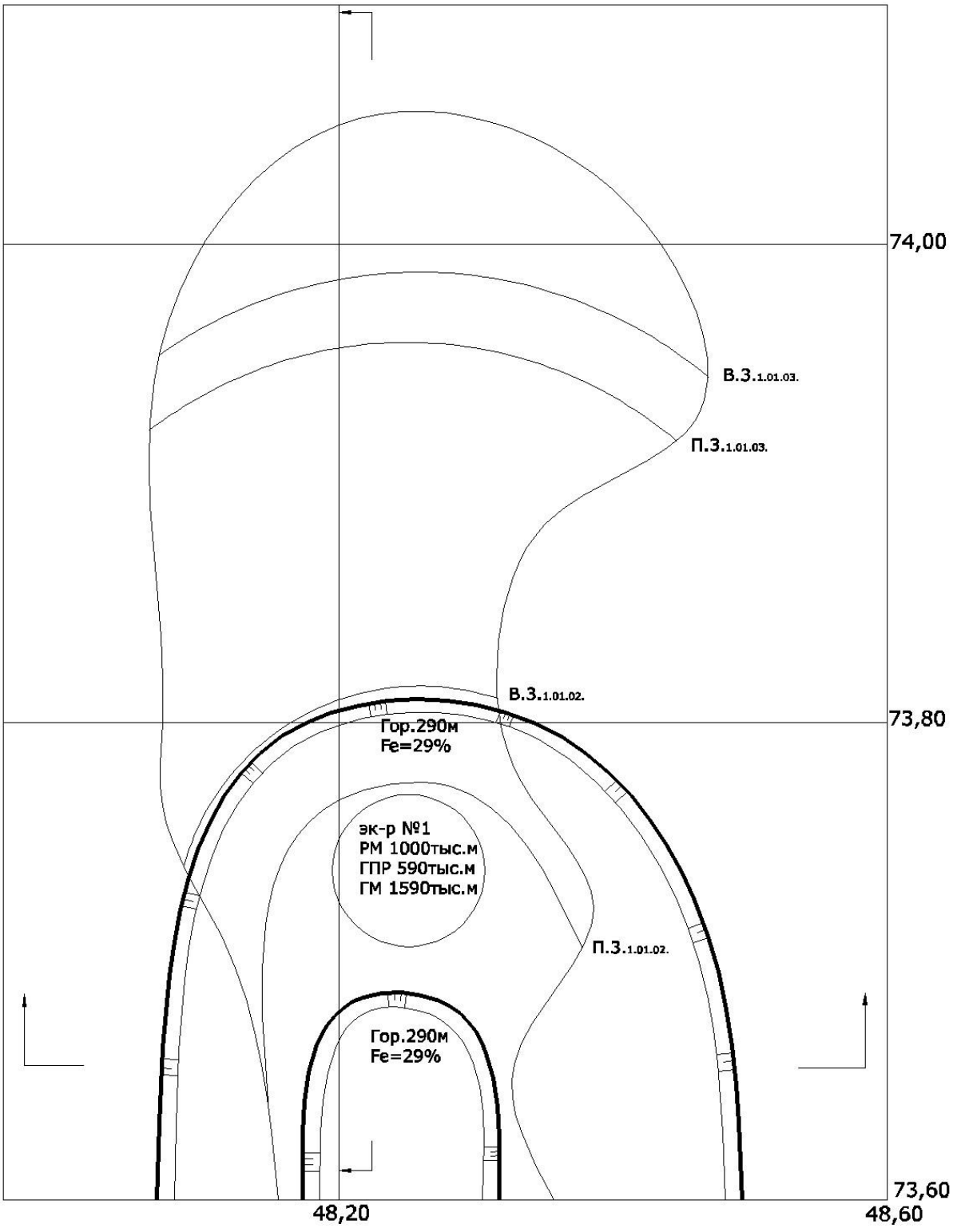
Объемы добычи руды и горно-подготовительных работ по горизонтам подсчитываются методом горизонтальных сечений (площади сечений измеряются планиметром).

Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам и блокам заносят в таблицу 3.1, и в график работы экскаваторов(табл.3.2.

Таблица 3.1

Распределение горной массы по блокам

№ п/п	Наименование блока	Горизонт	Рудная масса, тыс.т.			Горно-подготовительные работы, тыс. т.	Горная масса, тыс. т
			РМ	%	М		
1	Северный борт	320				355	355
2	Северо-западный борт	305	635	31	197	810	1445
3	Северо-восточный борт	305	665	31	206	1200	1865
4	Итого	305	1300	31	403	2010	3310
5	Северный борт	290	1000	29	290	590	1590
	Итого		2300	30	693	2955	5255



"План горизонта 290м"
масштаб 1:2000

Рис. 3.2. Планирование горных работ на горизонте 290 м

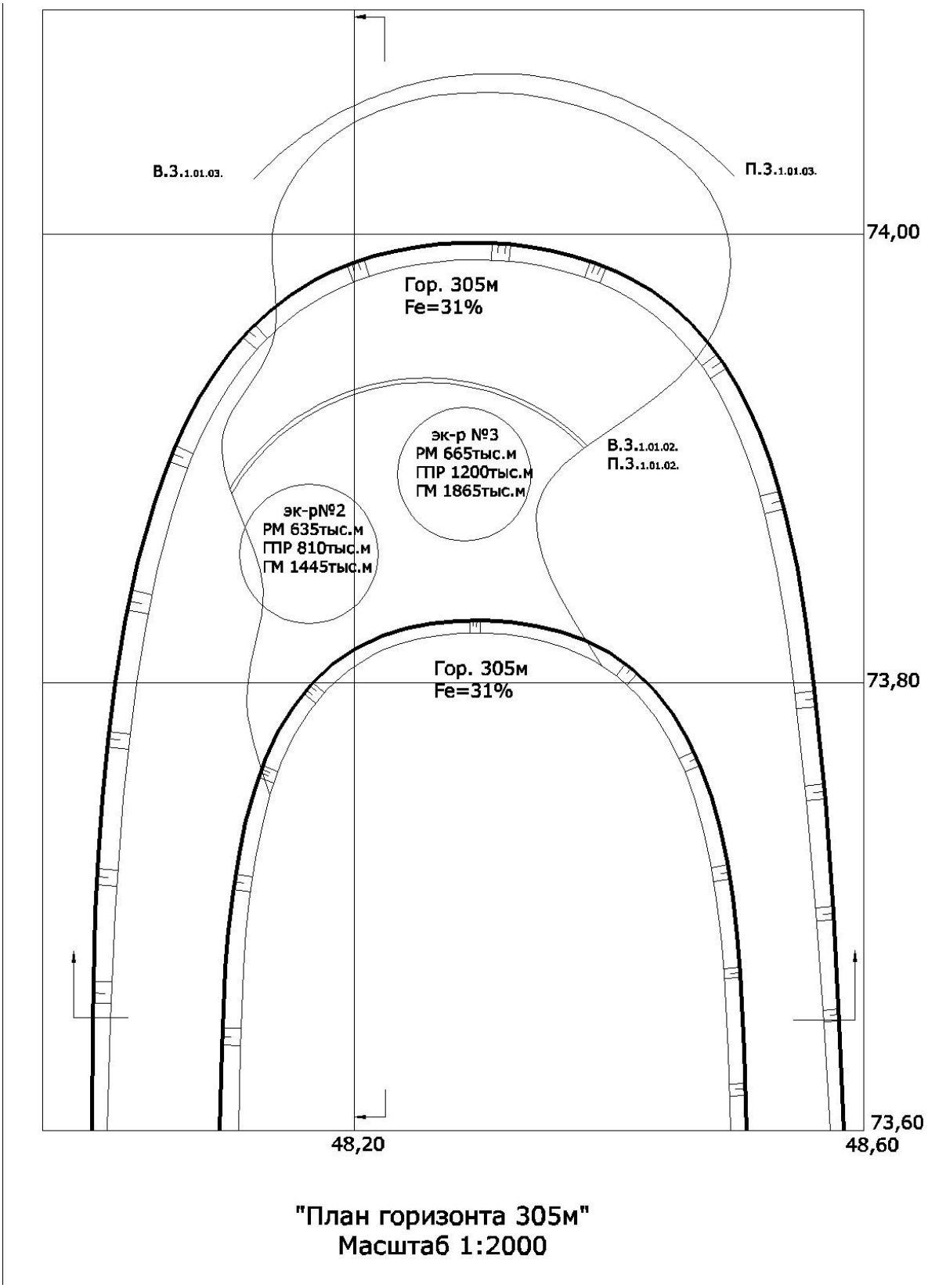


Рис. 3.3. Планирование горных работ на горизонте 305 м

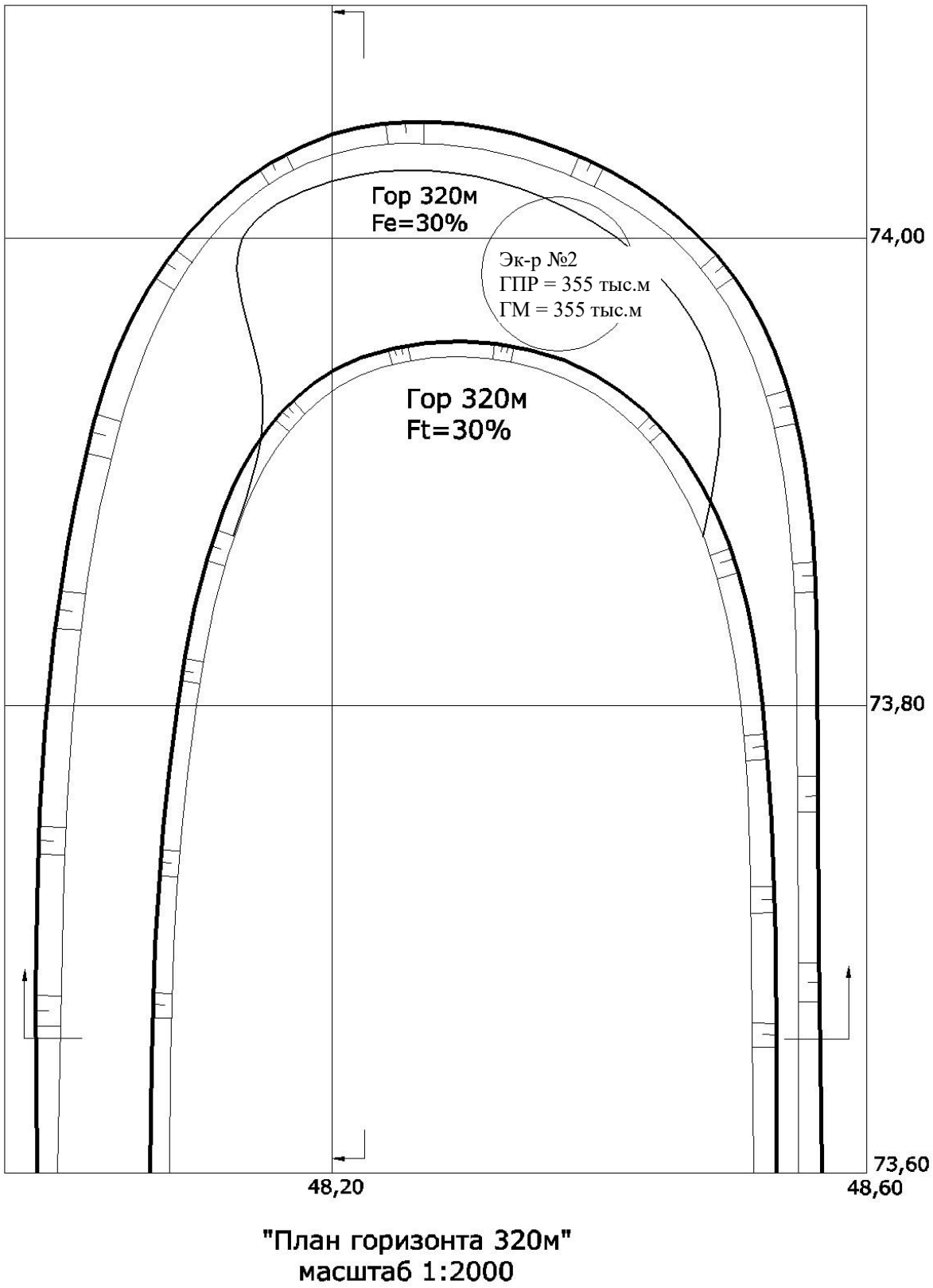
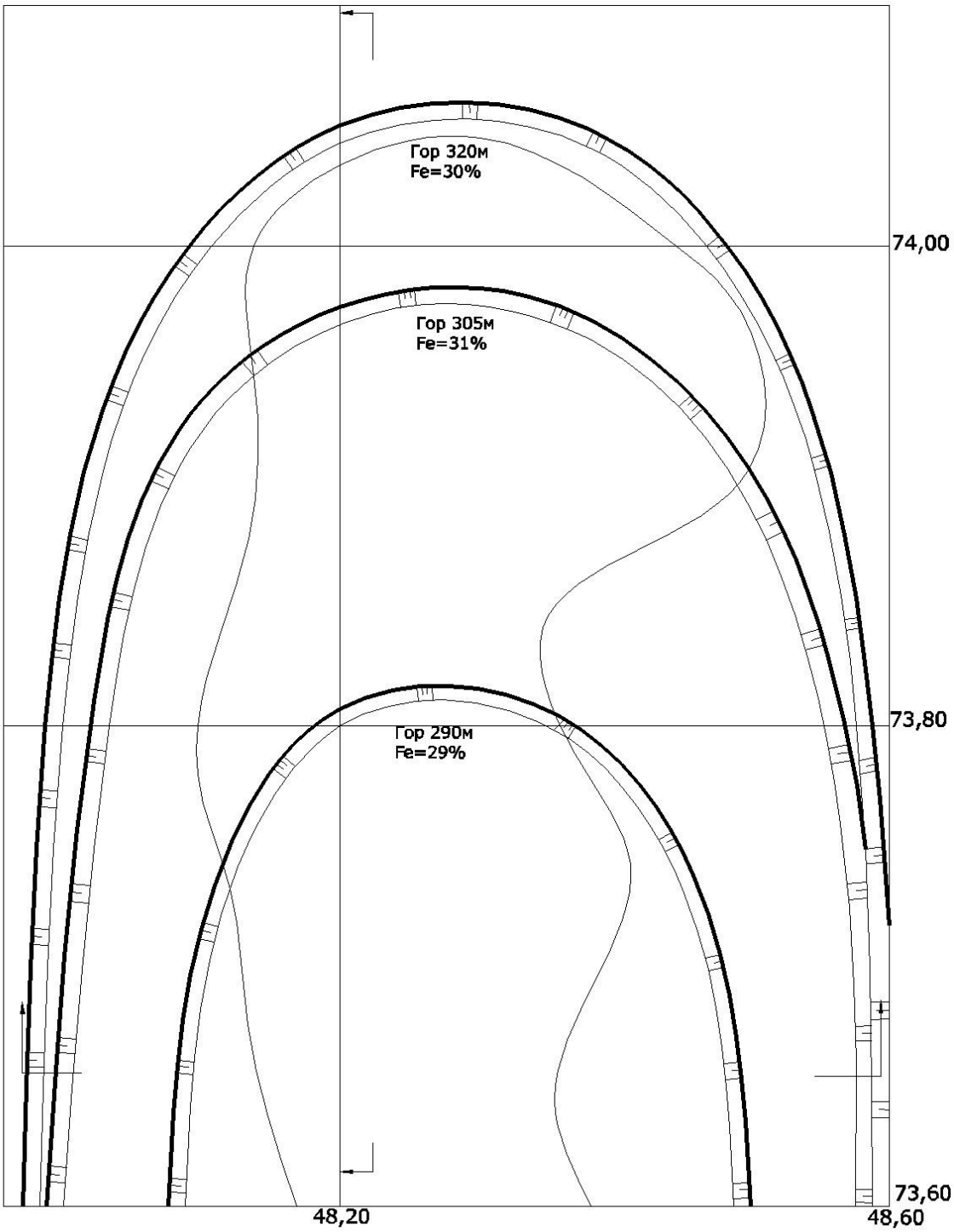


Рис. 3.4. Планирование горных работ на горизонте 320 м



Сводный план горных работ на 01.01.18г.

1:2000

Рис. 3.5. Состояние горных работ на конец планового периода

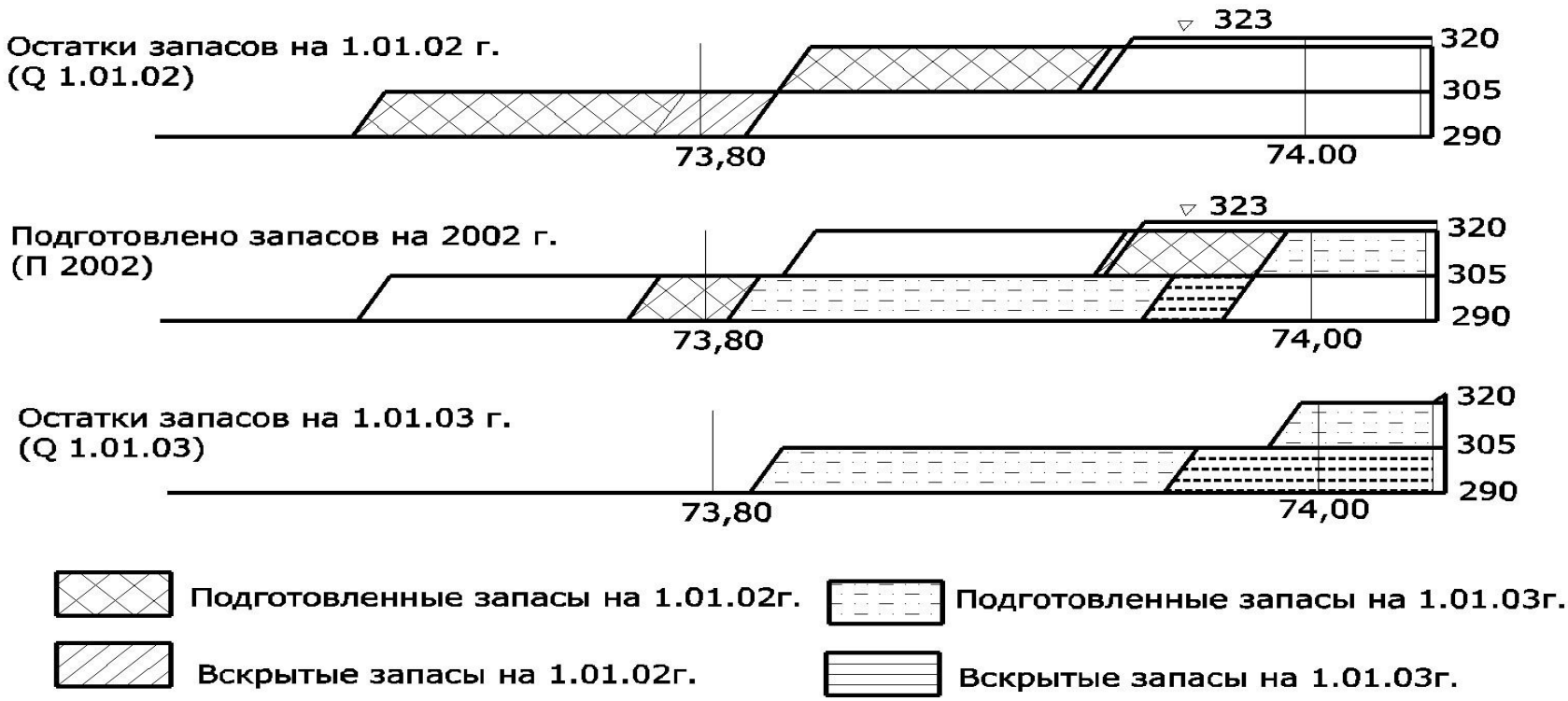


Рис. 3.6. Продольный разрез



Рис. 3.7. Поперечный разрез

3.6. Составление графика работы экскаваторов

Условиями для составления графиков работы экскаваторов являются:

– обеспечение ритмичной добычи руды и проведения горно-подготовительных работ по кварталам;

– выполнение квартальной и годовой производительности каждым экскаватором;

– выполнение запланированных объемов добычи руды и горно-подготовительных работ на каждом горизонте;

– минимальная перестановка экскаваторов по горизонтам и блокам.

Графики работы экскаваторов будут составлены правильно при условии обеспечения выполнения плановых объемов по кварталам, экскаваторам, горизонтам и блокам.

Пример графика работы экскаваторов представлен в табл. 3.2.

Объемы, выполняемые экскаваторами, выписываются на погоризонтных планах (см. рис. 3.2, 3.3, 3.4). После составления графика работы экскаваторов вычерчивается сводный план горных работ с контурами на конец планового периода (см. рис. 3.5) и продольный и поперечный разрезы (см. рис. 3.6, 3.7). Затем делается подсчет остатка балансовых, вскрытых и подготовительных запасов, обеспечивающих добычу руды в следующем году.

Таблица 3.2

График работы экскаваторов

Наименование блока	Горизонт	Номер экскаватора	Кварталы				Итого по экскаваторам		
			I	II	III	IV	РМ	ГПР	ГМ
Северный борт	320	2			[320] 320	[35] 35		355	355
Северо-западный борт	305	2	(215) [260] 475	(215) [290] 505		(205) [260] 465	635	810	1445
Северо-восточный борт	305	3	(120) [300] 420	(118) [310] 428	(309) [290] 599	(118) [300] 418	665	1200	1865
Северный борт	290	1	(240) [205] 445	(242) [170] 412	(266) [50] 316	(252) [165] 417	1000	590	1590
Итого по участку									
Рудная масса (РМ), тыс. т			575	575	575	575	2300		
Горно-подготовительные работы [ГПР], тыс. т			765	770	660	760		2955	
Горная масса (ГМ), тыс. т			1340	1345	1235	1335			5255

3.7. Движение запасов

Состояние горных работ, как на начало, так и на конец планового периода характеризуется наличием вскрытых и подготовленных запасов. Для этого от ожидаемых на конец планового периода контуров на погоризонтных планах отстраиваются предохранительные бермы и подсчитываются остатки вскрытых и подготовительных запасов на конец планируемого года.

Движение запасов наглядно видно из уравнения

$$О_к = О_н + П_г - D_г, \qquad (3.3)$$

где $О_к$, $О_н$ – остатки запасов на конец и начало плановых периодов;

$П_г$ – вскрытые или подготовленные запасы в течение планируемого года; $D_г$ – руда, запланированная к добыче в планируемом году.

Балансовые запасы определяются по результатам разведки и их пересчета

$$О_к = О_н - D_г. \qquad (3.4)$$

Величины подготавливаемых запасов в течение года можно замерить на планах или сосчитать по формуле

$$П_г = О_к + D_г - О_н. \qquad (3.5)$$

Расчет количества металла в блоках ведется по формуле

$$М = (РМ \cdot С)/100, \qquad (3.6)$$

где М – количество металла, тыс. т.; РМ – рудная масса, тыс. т.; С – содержание металла, %.

Среднее содержание металла на горизонте или участке определяется как среднее взвешенное значение, пропорциональное количеству добываемой руды. Все результаты подсчетов записываются в таблицу (табл. 3.3).

Запасы руды и металла считаются подсчитанными верно, если соблюдается условие формулы $О_к = О_н + П_г – D_г$.

3.8. Расчет величины плановых потерь и разубоживания

Нормативные показатели величин потерь и разубоживания руды устанавливаются на основе технико-экономических расчетов, возможных вариантов отработки участков месторождения. Например, нормы плановых потерь в приконтактной зоне установлены 110 т, разубоживания – 70 т на 1 пог. м контакта.

Величины потерь и разубоживания и их проценты определяются по формулам

$$П = N_n \cdot l; \quad (3.7)$$

$$R = N_p \cdot l, \quad (3.8)$$

где П – количество теряемой руды, т; R – разубоживающая порода, т; N_n, N_p – нормы потерь и разубоживания, т/пог. м контакта; l -длина контакта на горизонте в контурах отработки планируемого года, м.

Таблица 3.3

Движение запасов на Северном участке месторождения

Наименование блока	Горизонт, м	Остаток запасов на 01.01.02г.			Подготовлено за 2002г.			Добыто за 2002г.			Остаток запасов на 01.01.03г.		
		РМ	%	М	РМ	%	М	РМ	%	М	РМ	%	М
Балансовые запасы													
Северный участок	305	1725	31	535				1300	31	403	425	31	132
Северный участок	290	2798	29	811				1000	29	290	1798	29	521
Итого по залежи		4523	29,8	1346				2300	30,1	693	2223	29,4	653
Вскрытые запасы													
Северный участок	305	825	31	256	926	31	287	1300	31	403	451	31	140
Северный участок	290	1071	29	311	1297	29	376	1000	29	290	1368	29	397
Итого по залежи		1896	29,9	567	2223	29,8	663	2300	30,1	693	1819	29,5	537
Подготовленные запасы													
Северный участок	305	803	31	249	948	31	294	1300	31	403	451	31	140
Северный участок	290	744	29	216	1302	29	378	1000	29	290	1046	29	303
Итого по залежи		1547	30,0	465	2250	29,8	672	2300	30,1	693	1497	29,6	443

$$П = (П/РМ) \cdot 100\%; \quad (3.9)$$

$$R = [R/(РМ - П + R)]*100\% , \quad (3.10)$$

где РМ – количество добытой руды за планируемый период для каждого горизонта.

Результаты расчета величин плановых потерь и разубоживания оформляются в табличной форме (табл. 3.4).

Таблица 3.4.

Результаты расчета плановых потерь и разубоживания

Горизонт, м	Длина контакта, м	Потери, тыс. т	Разубоживание, тыс. т	Потери, %	Разубоживание, %
305	398	43,8	27,9	3,4	2,2
290	328	36,1	23,0	3,6	2,3
Итого по участку		79,9	50,9	3,5	2,2

В заключение приводятся следующие сведения:

1) состояние горных работ на начало планирования;

2) условия выполнения плана развития горных работ на планируемый год и их объемы;

3) горно-геологические особенности и состояние сырьевой базы на конец планируемого периода с анализом работы участка уже на последующий год.

Например.

На начало планового периода Северный участок обеспечен вскрытыми запасами на 10 месяцев, подготовленными – на 8 месяцев.

Плановым заданием установлены следующие объемы горных работ:

добыча рудной массы – 2300 тыс. т;

проведение горно-подготовительных работ – 2960 тыс. т.

Разработка участка месторождения ведется с использованием трех экскаваторов:

на горизонте 290 м – ЭКГ № 1, с производительностью 1600 тыс. т;

на горизонте 320 м – ЭКГ № 2, 3, с производительностью 1800 тыс. т.

В плановый период на горизонте 290 м будет добыто 1000 тыс. т рудной массы и выполнено горно-подготовительных работ в объеме 590 тыс. т; на горизонте 305 м соответственно 1300 тыс. т и 2010 тыс. т. На горизонте 320 метров будут проведены вскрышные работы в объеме 355 тыс. т.

При отработке приконтактной зоны плановые потери составят 3,47 %, а разубоживание – 2,24 %.

На конец планового периода остатки вскрытых запасов на Северном участке составят 1819 тыс.т.; подготовленных – 693 тыс. т.

Остатки вскрытых запасов обеспечат работу участку при плановой производительности в течение 8 месяцев, а подготовленных – в течение 6 месяцев.

Развитие горных работ соответствует направлениям, принятым в техническом проекте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой части учебного пособия приведены основные требования к составлению, согласованию и утверждению годовых планов развития горных работ. Вторая часть учебного пособия представляет собой методические указания по планированию горных работ на участке угольного месторождения, отрабатываемого подземным способом, и на участке железорудного месторождения, отрабатываемого открытым способом.

Планирование горных работ на различных месторождениях имеет определенные особенности, но можно выделить и общие методические основы составления годовых планов развития горных работ, к которым относятся:

- анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода;
- расчет плановых показателей, определение направления развития и объемов вскрышных, подготовительных, добычных и рекультивационных работ на основе планового задания по добыче полезного ископаемого и с учетом принятой технологии ведения работ;
- определение календарных сроков производства горных работ;
- определение плановых величин потерь и разубоживания полезного ископаемого;
- анализ ожидаемого состояния горных работ и обеспеченности запасами на конец планового периода.

Годовой план является важнейшей составляющей горного производства, т. к. он определяет направление развития горных работ, объемы добычи полезного ископаемого, объемы производства геологоразведочных, рекультивационных, вскрышных и горно-подготовительных работ, а также рассматривает мероприятия по охране недр, охране окружающей среды, рациональному и комплексному использованию полезного ископаемого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Маркшейдерская документация: Учебное пособие по курсу «Маркшейдерское дело» / Н. В. Кортев, А. Т. Леонтьев, А. В. Самарин; УГГГА. Екатеринбург, 2001.68с.

Омельченко А. Н. Справочник по маркшейдерскому делу. М.: «Недра»,1973. 487с.

Планирование горных работ при подземном способе разработки: Методические указания по курсу «Маркшейдерское дело» / И. И. Попов; Карагандинский политехнический институт. Караганда, 1980. 21с.

*Правила охраны недр (*ПБ 07 – 601 – 03).Серия 07. Выпуск 11. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. 64с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров
«_____»_____20_____г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.Б.1.29 ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Жабко А.В., доцент, д.т.н.

Одобрен на заседании кафедры
Маркшейдерского дела
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Жабко А.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 15 10.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета
Горно-технологического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург-2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа обучающихся (СРО) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРО, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и назва-

ния, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса обучающимся необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.
2. Свойства горных пород и массивов
3. Естественное напряженное состояние горного массива
4. Методы изучения горного давления
5. Математические модели горного массива
6. Методы решения задач механики сплошной среды
7. Управление горным давлением
8. Опорное давление
9. Расчет нагрузок на крепь
10. Динамические проявления горного давления
11. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Основы горной геомеханики» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-5]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если обучающийся предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.

1. Содержание и задачи дисциплины.
2. Теоретическое и практическое значение геомеханики для маркшейдеров и горняков.
3. Связь курса с другими дисциплинами.
4. Предмет, объекты изучения.
5. Задачи геомеханики.

Тема 2: Свойства горных пород и массивов

1. Классификация свойств горных пород.
2. Плотностные, прочностные и деформационные характеристики горных пород.
3. Роль трещиноватости в формировании свойств горных массивов.
4. Методы определения свойств горных массивов.
5. Коэффициент структурного ослабления.
6. Исходные физико-механические характеристики горных пород и массивов

Тема 3: Естественное напряженное состояние горного массива

1. Напряженное состояние нетронутого массива горных пород как упругой среды.
2. Напряженное состояние массива раздельно-зернистых пород.
3.Влияние тектонических сил при оценке напряженного состояния массивов горных пород.
4. Методы определения естественных напряжений на малых базах.
5. Методы определения естественных напряжений на больших базах.

Тема 4: Методы изучения горного давления

1. Общие сведения о методах изучения горного давления.
2. Методы измерений в натурных условиях.
3. Предметное моделирование.
4. Метод эквивалентных материалов.
5. Поляризационно-оптический метод.
6. Математическое моделирование.
7. Аналитические методы исследования напряженно-деформированного состояния и прочности горных пород.
8. Применение моделей сплошных и дискретных сред

Тема 5: Математические модели горного массива

1. Математические модели горного массива: упругая.
2. Математические модели горного массива упругопластическая.
3. Математические модели горного массива жесткопластическая.

Тема 6: Методы решения задач механики сплошной среды

1. Аналитические методы решения.
2. Задача Кирша, Буссинеска, Фламана.
3. Бигармоническое уравнение и его приложения.
4. Теорема Леви-Митчела.
5. Приближенные методы решения задач теории упругости.
6. Метод конечных элементов.
7. Метод граничных интегральных уравнений.

Тема 7: Управление горным давлением

1. Общие сведения об управлении горным давлением.
2. Способы, повышающие устойчивость выработок.
3. Параметры управления горным давлением, снижающие нагрузку.
4. Расчет опорных целиков.
5. Расчет закладочных смесей.

Тема 8: Опорное давление

1. Опорное давление.
2. Теории горного давления.

Тема 9: Расчет нагрузок на крепь

1. Общие сведения о расчете нагрузок на крепь.
2. Методы расчета нагрузок на крепь горизонтальных горных выработок.
3. Методы расчета нагрузок на крепь наклонных горных выработок
4. Методы расчета нагрузок на крепь вертикальных горных выработок.
5. Методы механики подземных сооружений.

Тема 10: Динамические проявления горного давления

1. Общие сведения о динамических проявлениях горного давления.
2. Классификация динамических явлений.
3. Причины возникновения и механизм горных ударов.
4. Условия возникновения внезапных выбросов и представление о их механизме.

Тема 11: Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

1. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.
2. Прогнозирование динамических проявлений горного давления на основе локального геофизического резонанса.
3. Опыт разработки удароопасных месторождений.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Основы горной геомеханики*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы горной геомеханики*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Туринцев Ю.И., Яковлев В.Н. Горная геомеханика ч. 2. Горное давление при подземной разработке месторождений: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2001. – 192 с..

2. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.

3. Зотеев О.В. Геомеханика: Учебное пособие. — Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. — 252 с.

4. Учебное пособие “Горная геомеханика. Ч.2. Горное давление при подземной разработке месторождений” по специальности 21.05.04 «Горное дело».

5. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине “Основы горной геомеханики”для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело» (МД), Сост.: В.Н.Яковлев, УГГУ, Екатеринбург, 2019. 63 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров
«_____»_____20_____г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.Б.2.03 МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Жабко А.В., доцент, д.т.н.

Одобрен на заседании кафедры
Маркшейдерского дела
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Жабко А.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 15 10.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета
Горно-технологического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург-2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обоб-

щение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок, карстогенеза и т.д.
2. Условия безопасной подработки зданий, сооружений и природных объектов.
3. Меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.
4. Построение предохранительных целиков.
5. Наблюдения за сдвижением горных пород, земной поверхностью и подработанными объектами (зданиями и сооружениями).
6. Проект наблюдательной станции. Горно-экологический мониторинг сдвижений на подрабатываемых территориях.
7. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности с применением моделей сплошных сред и традиционными методами.
8. Сдвижение горных пород при строительстве метрополитенов, особенности.
9. Опасные зоны
10. Особенности процесса сдвижения горных пород при разработке месторождений углеводородов. Геодинамические полигоны. Техногенные землетрясения.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-7]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям обучающемуся невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если обучающиеся предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок, карстогенеза и т.д

1. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок.
2. Термины, определения, основные понятия, цели и задачи науки (дисциплины).
3.. Параметры процесса сдвижения горных пород.
4. Влияние трещиноватости на угловые параметры процесса сдвижения.

Тема 2: Условия безопасной подработки зданий, сооружений и природных объектов.

1. Условия безопасной подработки зданий, сооружений.
2. Допустимые и предельные деформации земной поверхности подрабатываемых объектов.

Тема 3: Меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.

1. Горные меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.
2. Конструктивно-строительные меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.

Тема 4: Построение предохранительных целиков.

1. Способы построения предохранительных целиков.

Тема 5: Наблюдения за сдвижением горных пород, земной поверхностью и подработанными объектами (зданиями и сооружениями).

1. Наблюдения за сдвижением горных пород, земной поверхностью и подработанными объектами (зданиями и сооружениями).
2. Методы изучения сдвижения толщи горных пород.

Тема 6: Проект наблюдательной станции.

1. Проект наблюдательной станции.
2. Горно-экологический мониторинг сдвижений на подрабатываемых территориях.

Тема 7: Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности.

1. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности от отдельной очистной выработки.
2. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности от нескольких выработок.
3. Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций на рудных мемторождениях.

Тема 8: Сдвижение горных пород при строительстве метрополитенов, особенности.

1. Сдвижение горных пород при строительстве метрополитенов, особенности.

Тема 9: Опасные зоны.

1. Опасные зоны. Классификация.
2. Порядок ведения горных работ в опасных зонах.
3. Роль маркшейдерской службы предприятия в установлении, расчете, выносе границ опасных зон и разработке проектов ведения горных работ в опасных зонах.

Тема 10: Особенности процесса сдвижения горных пород.

1. Особенности процесса сдвижения горных пород при разработке месторождений углеводородов.
2. Геодинамические полигоны.
3. Техногенные землетрясения.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины *Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ*». Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с. (Минтопэнерго РФ РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ).

2. Туринцев Ю.И., Самарин В.П. Горная геомеханика ч. 1. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием подземных разработок: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2001. – 150 с.

3. Борщ-Компониец В.И., Батугина И.М., Варлашкин В.М., и др. Сдвижение горных пород и земной поверхности при подземных разработках. – М.: Недра, 1984. – 247 с.

4. Учебно-методическое пособие по дисциплине ” Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ ” для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело».

5. РД-07-113-96. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок (с изм. 1 - РДИ 07-471(113)-02). Госгортехнадзор России, 2002 г.

6. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. - М.: Недра, 1988. – 112 с. (Разраб. ВНИМИ, введ. 03.07.1986 г.).

7. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей. - СПб., 2008. – 95 с. (согл. Ростехнадзором 30.04.2008 г.).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Г. В. Земских, Н. В. Кортев

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Производство маркшейдерских работ связано с выполнением большого объема пространственных измерений.

Для обеспечения достаточной точности маркшейдерских измерений, наряду со строгим соблюдением положений инструкции по производству маркшейдерских работ, требуется и высокий уровень квалификации исполнителя. Не выявленные своевременно дефекты прибора или недостаточное знание особенностей его работы может привести к отрицательным результатам, а в отдельных случаях к значительному материальному ущербу. В этой связи основное внимание в пособии уделено процессам формирования инструментальных погрешностей и способам уменьшения их влияния на результаты измерений, теоретическим вопросам по цифровым методам измерений и обработки информации, а также рассмотрению устройства принципиальных схем и узлов, которые составляют основу современных маркшейдерских приборов.

Основное содержание пособия посвящено электронно-цифровым маркшейдерским приборам, которые уверенно вытесняют оптико-механические приборы из практической маркшейдерии. В то же время при выполнении маркшейдерских работ в определенных условиях открытых и подземных горных разработок продолжают эффективно применяться механические средства измерений, простейшие инструменты и оптико-механические приборы технической точности, которым также уделено достаточное внимание.

Авторы считают, что данное пособие будет полезно студентам, работникам маркшейдерских служб, работникам организаций, ведущих мониторинг геомеханических процессов, и геодезистам, эксплуатирующим маркшейдерско-геодезические приборы.

1. ПРОСТЕЙШИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ПРИБОРЫ

Многовековая история производства маркшейдерских съемок в горных выработках связана с применением разнообразных приборов для пространственных линейных и угловых измерений. Конструктивная сложность приборов и их функциональные возможности постепенно возрастали. Особенно стремительно этот процесс развивается в последние 30 лет. Механические и оптико-механические приборы в основном вытеснены из практической маркшейдерии электронно-оптическими приборами, приборами спутниковой геодезии и цифровой фотограмметрии.

В то же время при подземной разработке месторождений полезных ископаемых и при строительстве в подземном пространстве объектов различного назначения продолжается эффективное использование таких инструментов, как магнитная буссоль, висячий полукруг, длинномер, длинная шахтная лента, курвиметр, планиметр, отвесы шнуровые и оптические, шаблоны и др.

Магнитная подвесная буссоль для определения магнитных азимутов направлений в подземных горных (нарезных или очистных) выработках (рис. 1.1) имеет стандартный диаметр и цену деления лимба, позволяющие брать отсчет с точностью 30′. Подвесная буссоль (рис. 1.1) состоит из корпуса с магнитной стрелкой, подвешиваемого на шнур при помощи подвески, обеспечивающей горизонтальность корпуса при любом угле наклона шнура.

Натянутым шнуром закрепляется направление, например, между маркшейдерскими точками или по оси выработки, на который и подвешивается буссоль. Азимут направления измеряется при подвешивании буссоли вблизи двух концов шнура, и берется среднее из двух значений.



Рис. 1.1. Подвесная магнитная буссоль БК

Висячий полукруг (рис. 1.2) предназначен для измерения углов наклона тех же линий, азимут которых определяется с помощью подвесной буссоли.



Рис. 1.2. Висячий полукруг

Полукруг снабжен отвесом, по нити которого возможно взять отсчет, соответствующий углу наклона шнура с точностью 30′.

Рулетки предназначены, как правило, для измерения длин коротких (до 40 м) сторон полигонометрии в нарезных или очистных выработках с относительной точностью не выше 1:10000, для измерений в шурфах и других вертикальных горных выработок глубиной до 100 м, а также для разнообразных разбивочных и контрольных замеров.

Современные маркшейдерские рулетки представлены окрашенными металлическими лентами длиной 30 м, 40 м, 50 м и 100 м, градуированными делениями. Ленты рулеток могут быть помещены на вилке (РВ), на крестовине (РК) или в закрытом корпусе (рис. 1.3).



РК



РВ

Рис. 1.3. Рулетки

Длинная шахтная лента (*до 1000 м*) *и длинномеры* (*глубиномеры*) используются для передачи высотной отметки через вертикальные горные выработки (стволы, шурфы и др.) от пунктов высотных сетей на земной поверхности и на верхних горизонтах на пункты сетей нижерасположенных горных выработок.

Современные лазерные дальномеры, как правило, не способны измерить глубину ствола в 100 и более метров. Основной причиной

большей эффективности механических средств передачи высотных отметок в шахту является неоднородность атмосферной среды в стволах по температуре, влажности и прозрачности.

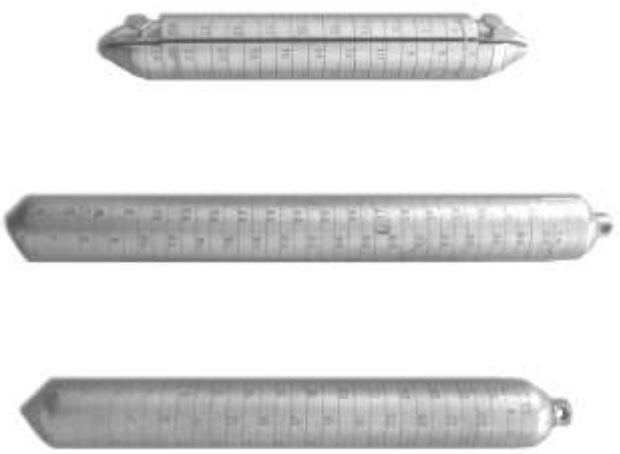


Рис. 1.4. Рейки длинномера ДА-2

Длинная шахтная лента – это цельное стальное полотно длиной до 1000 м, размещенное на барабане лебедки. Каждый метр на ленте отмечен отверстием и пронумерован. Сантиметры и миллиметры определяются по линейке, прикладываемой нулевым штрихом к младшему делению ленты на земной поверхности и на подземном горизонте.

Длинномер позволяет передавать высотные отметки на подземные горизонты путем определения длины стальной проволоки, опущенной в ствол практически любой глубины.

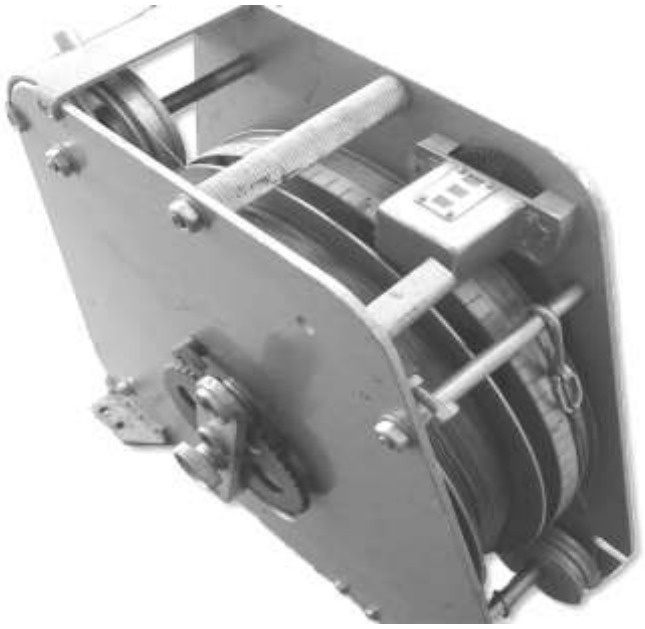


Рис. 1.5. Дальномер ДА-2

Длинномер снабжен мерным диском с длиной окружности 1 м и счетчиком его оборотов. На поверхности и на подземном горизонте отсчеты берутся нивелиром по рейкам цилиндрической формы, закрепленными на конце проволоки опускаемой в ствол (рис. 1.4).

Внешний вид наиболее распространенного длинномера ДА-2 приведен на рис. 1.5.

Курвиметр и планиметр используются при работе с масштабированными графическими документами (планами, профилями, раз-

резами и др.). Курвиметры и планиметры предлагаются пользователям в механическом и электронном вариантах.

На рис. 1.6 представлен механический курвиметр, предназначенный для измерения длин линий.



Рис. 1.6. Механический курвиметр

Основой данного инструмента является мерное колесико и счетчик его оборотов. Перед началом измерений проверяется коэффициент курвиметра. Колесико прокатывается по линии известной длины, и решением пропорции определяется коэффициент перевода количества и долей оборотов колеса в метрическую систему.

Планиметр, так же как и курвиметр, в своей конструктивной основе имеет мерное колесо, которое прокатывается по замкнутой линии, ограничивающей определяемую площадь (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Планиметр

Электронный планиметр, предназначенный для измерения площадей графических построений, представлен на рис. 1.8.

Одна из точек планиметра фиксируется вблизи определяемой площади, а мерное колесо прокатывается по линии, ограничивающей эту площадь.

Поскольку положение мерного колеса при обводе площади зависит от взаимного расположения рычагов планиметра, то его вращение может замедляться или даже менять направление.

Коэффициент планиметра (коэффициент перевода показаний счетчика оборотов мерного колеса в величину площади с размерностью – $м^2$) устанавливается в виде круглого числа (множителя) путем изменения длины рычагов планиметра.



Рис. 1.8. Электронный планиметр

Погрешность измерения площади зависит от ее конфигурации, и в случае, если угол между рычагами планиметра при обводе периметра не превышает 120°, составляет не более 0,5 %.

2. ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Геометрическая оптика как раздел физики посвящена вопросам, связанным с прохождением лучей света в оптических системах.

Оптические системы маркшейдерско-геодезических приборов, а именно визирные зрительные трубы, отсчетные микроскопы, оптические отвесы, опто-волоконные каналы лазерных приборов рассчитываются, конструируются и функционируют в соответствии с законами геометрической оптики.

Теория геометрической оптики основывается на следующих законах, установленных экспериментально:

закон прямолинейного распространения света в однородной среде;

закон независимого распространения света;

закон отражения света;

закон преломления лучей света на границе двух прозрачных сред.

Пользуясь принятым понятием светового луча и перечисленными законами распространения света, можно значительно проще, чем при помощи законов волновой теории представить принцип действия оптических систем. В этой связи геометрическая оптика имеет важное значение для маркшейдерско-геодезического инструментоведения.

Закон прямолинейного распространения света. В однородной среде свет от светящейся точки распространяется с одинаковой скоростью и прямолинейно по всем направлениям.

Закон независимого распространения света. В сложном световом потоке отдельные лучи не влияют друг на друга и распространяются так, как будто других лучей не существует.

Закон отражения света. Луч света *S* (рис. 2.1), падающий на полированную поверхность, нормаль O*N* к этой поверхности, в точке падения O и луч отраженный *S*′ находятся в одной плоскости, а угол падения *i* и угол отражения *i*' равны, но противоположны по знаку.

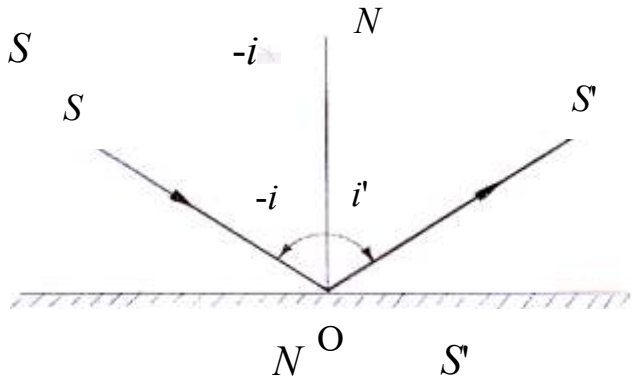


Рис. 2.1. Отражение светового луча

Закон преломления лучей света на границе двух прозрачных сред. Луч света *S* (рис. 2.2), падающий на поверхность, разделяющую две прозрачные среды, нормаль *NN*′ к этой поверхности в точке падения O и луч преломленный *S*′, находятся в одной плоскости, а углы падения *i* и преломления *i*′ для данных двух сред подчиняются условию: sin *i*/sin *i*′ = const.

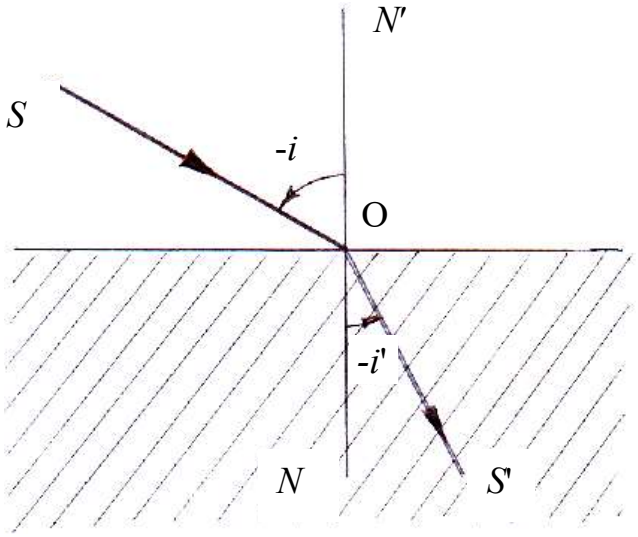


Рис. 2.2. Преломление светового луча

Световые лучи, переходящие из воздуха в другую прозрачную среду (тело), тем больше отклоняются от своего первоначального направления, чем более наклонно они падают на преломляющую поверхность. В точке перехода из одной среды в другую скорость распространения света скачкообразно падает (или, наоборот, возрастает).

Величина отношения скорости света в воздухе ($C_{\text{в}}$) к скорости света в другой среде ($C_{\text{с}}$) называется показателем преломления $n_{\text{в,с}}$ данного вещества по отношению к воздуху. Этот показатель равен частному от деления синуса угла падения (i) на синус угла преломления (i') и для данной пары веществ является величиной постоянной, т. е.

$$n_{\text{В,С}} = \frac{C_{\text{В}}}{C_C} = \frac{\sin i}{\sin i'} = \text{const}. \qquad (2.1)$$

Показатель преломления для среды по отношению к пустоте называется абсолютным показателем преломления. Абсолютный показатель преломления воздуха при +20 °С равен 1,00028. Оптическое стекло, используемое для изготовления деталей маркшейдерско-геодезических приборов, имеет показатели преломления в пределах 1,5…1,8 (для легкого крона этот показатель равен 1,5153, а для тяжелого флинта – 1,7515).

Оптически более плотной среде соответствует больший показатель преломления.

Из формулы (2.1) следует:

$$\frac{\sin i}{\sin i'} = \frac{1}{n}. \qquad (2.2)$$

Если начиная от нуля постепенно увеличивать угол падения, то при некотором его значении наступит такой момент, после которого лучи не будут проникать в оптически менее плотную среду, весь пучок отразится полностью.

На рис. 2.3 видно, что при угле $i_{\max}$ угол $i' = 90^0$ луч будет скользить по преломляющей поверхности; тогда

$$\sin i_{\max} = \frac{1}{n}, \qquad (2.3)$$

откуда

$$i_{\max} = \arcsin\frac{1}{n}.$$

Угол i_{max} называется *критическим углом падения*. При $i > i_{max}$ все лучи будут возвращаться в более плотную среду, отражаясь от разделительной поверхности. Это явление, открытое в 1604 г. Кеплером, получило название *явления полного внутреннего отражения*.

Явление полного внутреннего отражения используется в волоконной оптике и в рефрактометрии.

В маркшейдерско-геодезических приборах применяют разнообразные призмы полного внутреннего отражения. Для достижения большего эффекта отражающие грани таких призм покрывают слоем серебра или алюминия.

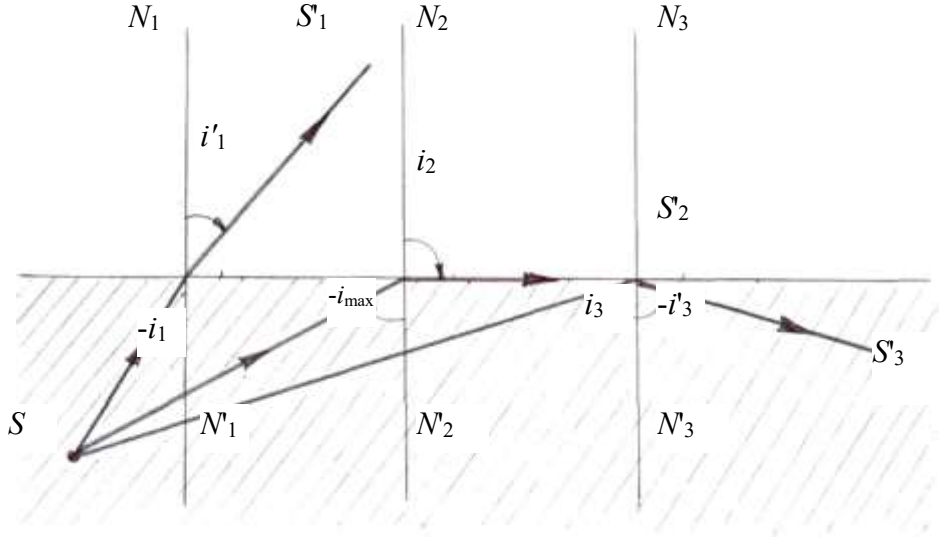


Рис. 2.3. Полное внутреннее отражение

В табл. 2.1 приведены показатели преломления и критические углы падения для некоторых прозрачных сред.

Таблица 2.1

Показатели преломления *n* и критические углы падения i_{max} для некоторых прозрачных сред

Прозрачная среда	*n*	i_{max}
Алмаз	2,47	23°53′
Стекло флинт	1,77	34°51′
Стекло крон	1,53	40°04′
Стекло оконное	1,50	42°
Вода	1,33	48°45′
Лед	1,31	49°46′
Воздух	1,00027	88°40′

Следует отметить, что для конструирования высококачественных оптических систем маркшейдерско-геодезических приборов гос-

ударственными стандартами регламентируется выпуск более десяти сортов оптических стекол с различными оптическими характеристиками, о необходимости которых будет упомянуто в данном пособии.

3. ОПТИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Плоское зеркало – тело, плоская полированная поверхность которого способна оптически отражать световые лучи в соответствии с законом отражения.

Чтобы построить изображенные точки в плоском зеркале, достаточно продлить отраженные лучи в пространство изображений до их пересечения (рис. 3.1).

Изображение в плоском зеркале является мнимым, равным предмету по размерам, одинаковым по форме, цвету и симметрично расположенным относительно зеркальной поверхности. Зеркальное изображение линий или тел является полуобращенным.

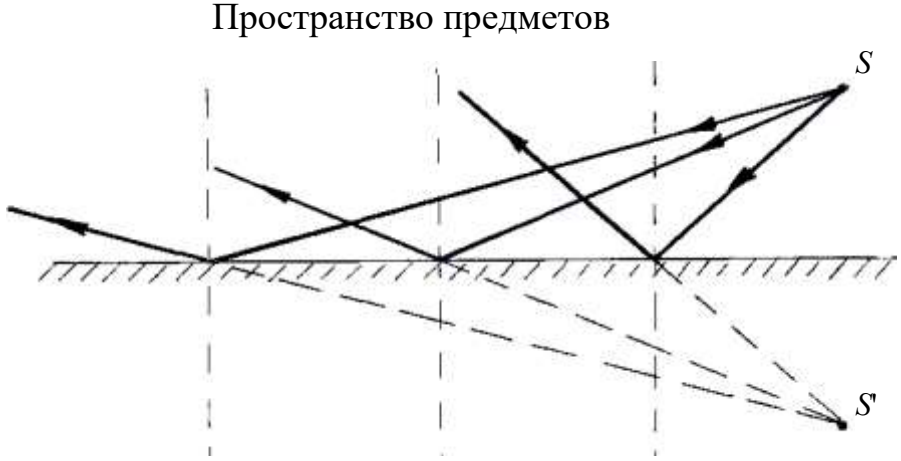


Рис. 3.1. Образование изображения в плоском зеркале

В маркшейдерско-геодезических приборах применяют отдельные плоские зеркала и системы зеркал для изменения направления луча, оборачивания изображения, параллельного смещения луча, для подсветки шкал, в компенсаторах наклона, для построения прямых и других углов.

На рис. 3.2…3.5 представлены случаи применения плоских зеркал.

Плоские зеркала имеют небольшой вес и не искажают изображения, в то же время их сравнительно трудно фиксировать в оптических системах приборов. Применение зеркал связано также с боль-

шими потерями света. Поверхность, амальгамированная алюминием, отражает до 95 % света, кроме того, металлические покрытия быстро тускнеют.

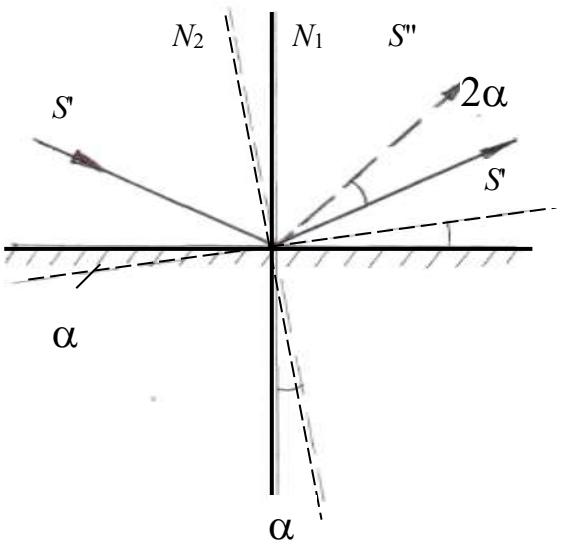


Рис. 3.2. Изменение направления луча при повороте отражающего зеркала

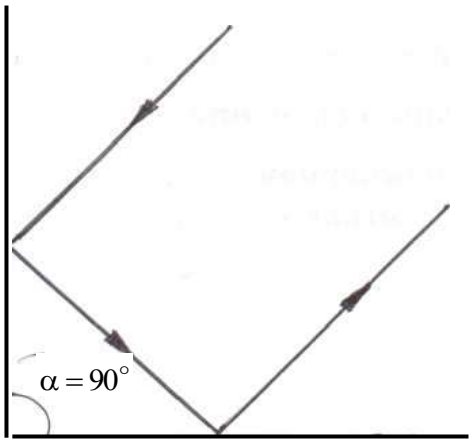


Рис. 3.3. Оборачивание луча системой двух зеркал

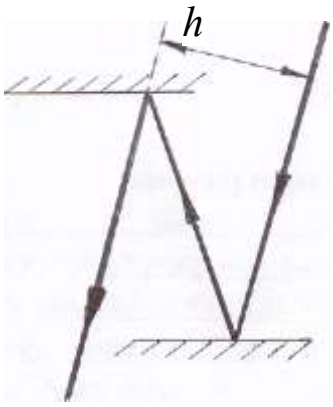


Рис. 3.4. Смещение луча двумя параллельными зеркалами

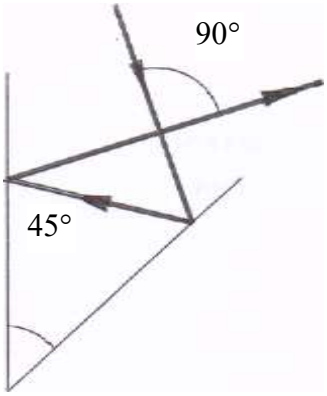


Рис. 3.5. Построение прямых углов эккером

Вследствие перечисленных факторов в оптических системах приборов чаще применяют призмы полного внутреннего отражения.

Плоскопараллельная пластинка – прозрачное тело, ограниченное двумя параллельными полированными гранями.

Луч света, падающий на грань, преломляется и идет к противоположной грани, после встречи с которой под углом падения преломляется в воздух, т. е. происходит параллельное перемещение луча на величину *y* и удлинение хода луча (рис. 3.6).

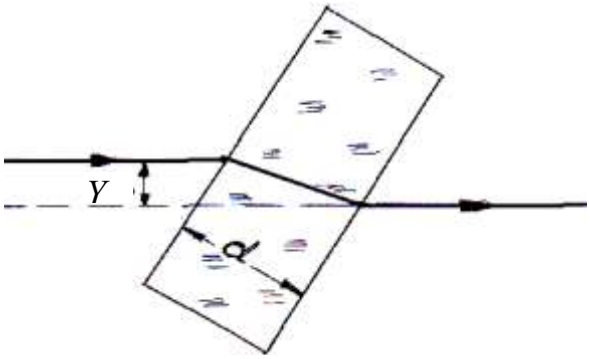


Рис. 3.6. Ход луча через плоскопараллельную пластину

Плоскопараллельные пластины применяют в микрометрах маркшейдерско-геодезических приборов для точного отсчитывания по шкалам, путем измерения малых интервалов. Плоскопараллельными пластинами являются лимбы приборов и различные защитные стекла.

Преломляющая призма – прозрачное тело с плоскими преломляющими гранями, расположенными под некоторым углом друг к другу.

В маркшейдерско-геодезических приборах используют призмы с малыми преломляющими углами ($\Theta < 6°$), называемые оптическими клиньями (рис. 3.7).

На рис. 3.7 видно, что оптический ахроматический клин состоит из двух склеенных призм (флинт и крон), имеющих разные показатели преломления.

Склейкой ахроматического клина из двух стекол добиваются уничтожения дисперсии (разложение белого цвета на составляющие цвета). Пучок лучей, выходящий из склеенного клина, будет снова белым, так как лучи, вышедшие из клина, параллельны (см. рис. 3.7).

Оптические клинья широко применяли в ранее выпускавшихся оптических дальномерах и дальномерных насадках, а в настоящее время используют в оптических микрометрах отсчетных микроскопов теодолитов.

Отражательные призмы имеют отражательные грани и отличаются от преломляющих тел тем, что угол падения любого луча на входную грань равен углу преломления этого луча на выходной грани.

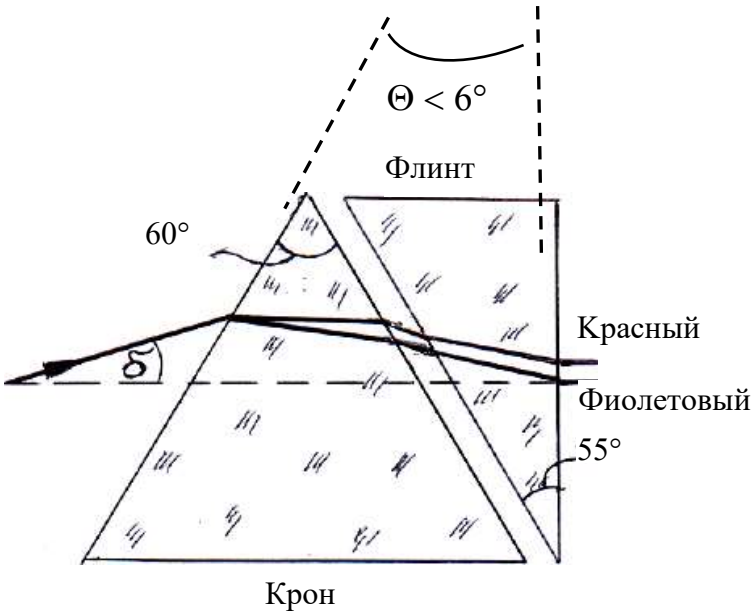


Рис. 3.7. Преломление луча оптическим ахроматическим клином

В маркшейдерско-геодезических приборах, как правило, используют призмы полного внутреннего отражения. Они предназначены для изменения направления светового луча и оборачивания изображения объекта, рассматриваемого через оптические системы приборов, удлинения габаритного хода луча, разделения пучков лучей.

По сравнению с плоскими зеркалами призмы обладают следующими преимуществами:

угол между отражающими гранями строго постоянен;

отражающие поверхности не соприкасаются с воздухом, поэтому не подвергаются порче;

изображения получаются ясными и четкими;

при помощи одной призмы можно получить многократное отражение луча;

призмы надежно устанавливаются и фиксируются в приборах;

в призмах отсутствует двоение изображения.

Существенным недостатком призм полного внутреннего отражения являются потери света в связи с частичным преломлением лучей на отражающих поверхностях. По этой причине отражательные грани, как правило, амальгамируются.

На рис. 3.8 представлены некоторые призмы с одной (*а, б*), двумя (*а*, *г*, *д*, *е*) и тремя (*ж*, *з*, *и*) отражающими гранями.

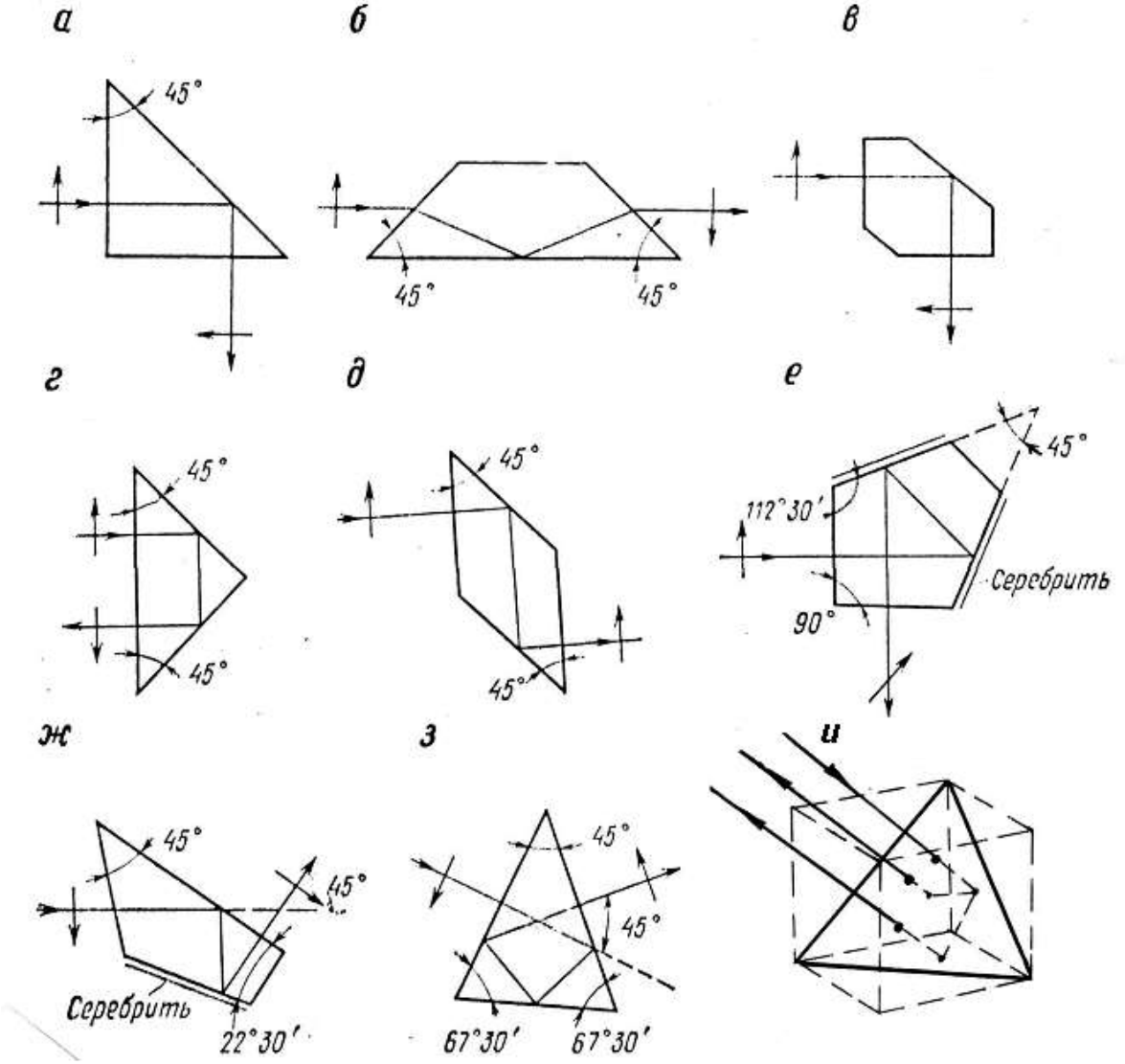


Рис. 3.8. Ход лучей в призмах полного внутреннего отражения

Стрелками на входящих лучах показано положение предмета, а на выходящих – положение его изображения. Призма, изображенная на рис. 3.8, и называется зеркальной триппель-призмой (тройное зеркало) и предназначена для использования в качестве отражателя электрооптических дальномеров.

На рис. 3.9 представлены составные призмы, дающие зеркальное (полуобращенное) изображение (*а* – куб-призма, *б* – призма Аббе). В зрительных трубах с прямым изображением, как правило, используется призма Аббе.

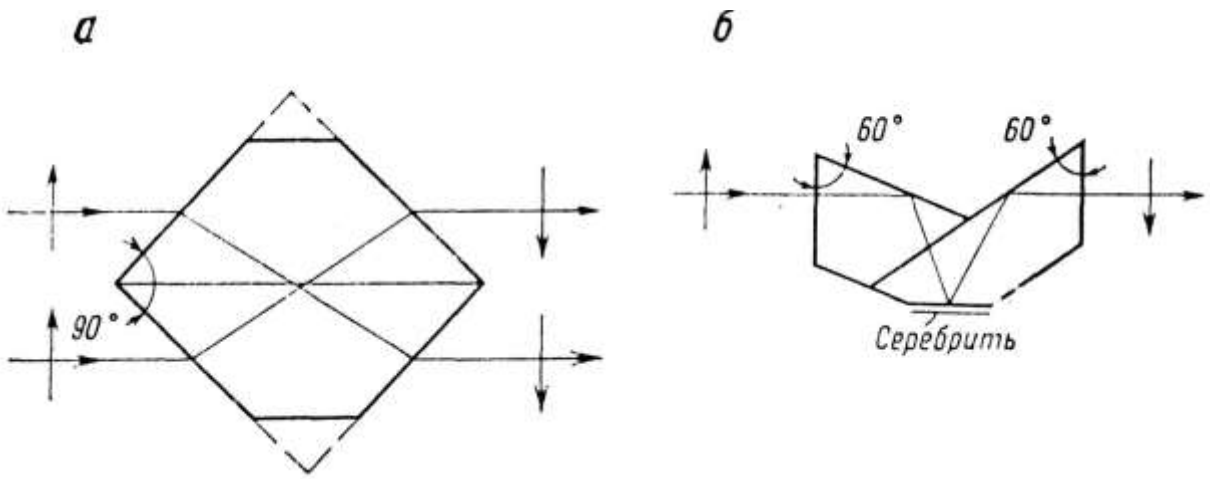


Рис. 3.9. Ход лучей в составных призмах

Наряду с оптическими деталями, ограниченными плоскими отражающими и преломляющими поверхностями, в маркшейдерско-геодезических приборах широко применяют детали со сферическими преломляющими поверхностями. Как правило, они объединены в центрированные оптические системы линз и призм. В оптической центрированной системе центры кривизны всех преломляющих поверхностей оптических деталей располагаются на одной прямой, называемой *оптической осью системы*.

Линза – прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими или одной сферической и одной плоской поверхностями. Линзы и системы линз, как правило, предназначены для построения увеличенных или уменьшенных изображений наблюдаемых предметов.

В зависимости от того, больше или меньше толщина линзы в ее середине, чем у ее края, различают линзы собирательные и рассеивающие. Типы линз и схемы построения изображений приведены на рис. 3.10.

Линия, соединяющая центры кривизны обеих ограничивающих линзу сферических поверхностей, называется *оптической осью линзы*.

После прохождения через собирательную линзу лучи, идущие до этого параллельно оптической оси на малом от нее расстоянии (*параксиальные лучи*), пересекаются в одной точке, называемой *фокусом*. Фокус пространства изображений (задний фокус) F' является изображением бесконечно удаленной предметной точки, лежащей на оптической оси.

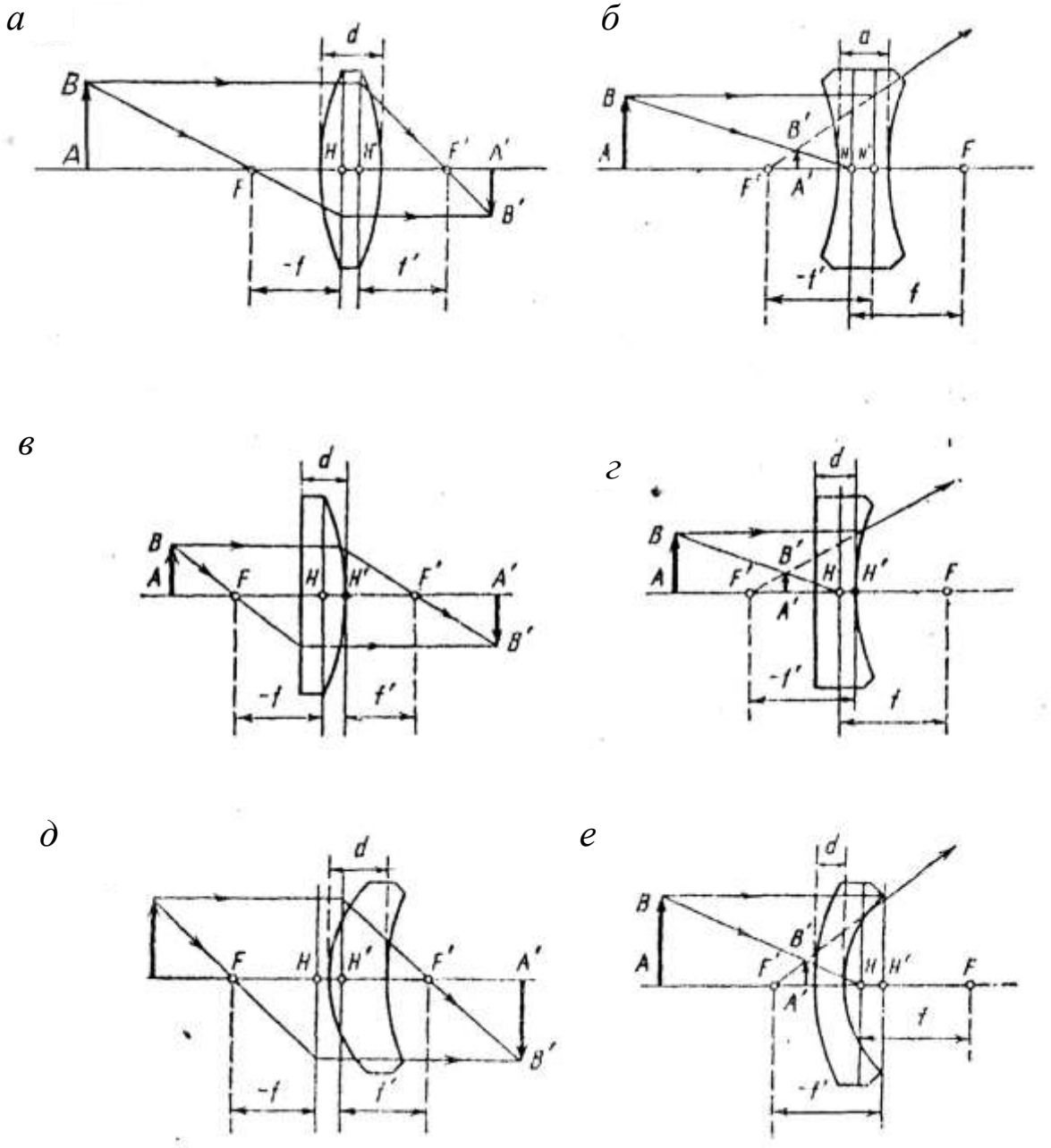


Рис. 3.10. Основные типы линз.
Ход лучей, построение изображений:
собирательные линзы: *а* – двояковыпуклая; *б* – плоско-выпуклая;
в – вогнуто-выпуклая (собирательный мениск);
рассеивающие линзы: *г* – двояковыпуклая; *д* – плоско-вогнутая;
е – выпукло-вогнутая.
F, F' – передний и задний фокусы; *AB*, *A'B'* – предмет и его изображение;
d – толщина линзы; *f, f'* – переднее и заднее фокусные расстояния

Расчеты конструктивных элементов оптических систем ведутся с линзами конечной толщины.

Применяя дважды формулу Аббе к первой и второй сферическим поверхностям линзы с радиусами r_1 и r_2 и учитывая толщину d линзы, получим формулу для линзы конечной толщины:

$$\Phi = \frac{1}{f'} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) + \frac{(n-1)^2}{n}\left(\frac{d}{r_1 r_2}\right), \qquad (3.1)$$

где Ф – оптическая сила линзы, диоптрии (1 диоптрия – оптическая сила собирательной линзы с задним фокусным расстоянием 1 м); n - показатель преломления стекла.

По формуле (3.1) можно вычислить оптическую силу, фокусные расстояния по заданным или выбранным радиусам кривизны поверхностей, показателю преломления оптического стекла и толщине линзы. При этом фокусные расстояния и радиусы поверхностей линзы принимались положительными для направления слева направо, т. е. из пространства предметов в пространство изображений.

Например, для двояковыпуклой линзы имеем: $r_1 > 0$; $r_2 < 0$.

$$\Phi = (n-1)\left(\frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|r_2|}\right) + \frac{(n-1)^2}{n}\left(\frac{d}{|r_1 r_2|}\right).$$

Оптическая сила двояковыпуклой линзы всегда больше нуля (Ф > 0), линза собирательная, поскольку второе слагаемое формулы (3.1) меньше первого (для тонких линз, применяемых в маркшейдерско-геодезических приборах) в 20-60 раз.

Двояковогнутая линза имеет: $r_1 < 0$; $r_2 > 0$.

$$\Phi = (n-1)\left(\frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|r_2|}\right) - \frac{(n-1)^2}{n}\left(\frac{d}{|r_1 r_2|}\right) < 0.$$

Оптическая сила линзы всегда отрицательная – линза рассеивающая.

В маркшейдерско-геодезических приборах, как правило, применяют системы из двух, трех линз и более, для которых рассчитывают суммарные (эквивалентные) фокусные расстояния и прочие параметры, характеризующие одиночную линзу.

4. ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

4.1. Недостатки (аберрации) оптических систем

Для реальных оптических систем узкий (параксиальный) пучок лучей дает недостаточную освещенность изображения, поэтому на практике имеют дело с преломлением достаточно широких пучков лучей, в результате чего возникают различного рода искажения изображений, называемые *аберрациями*. Для систем маркшейдерско-геодезических приборов наиболее опасными являются сферическая и хроматическая аберрации, искажающие изображение объектов по всему полю зрения, в том числе в параксиальной области.

Сферическая аберрация. Опытным путем установлено, что при прохождении через линзу широкого пучка лучей внешние и центральные лучи пересекаются не в одной и той же точке на оптической оси. Точка пересечения (фокус) внешних лучей находится ближе к положительной линзе, чем соответствующая точка для параксиальных лучей. Для отрицательной призмы ближе к ней расположен задний фокус параксиальных лучей. Благодаря этому каждая точка рассматриваемого объекта изображается не в виде точки, а в виде кружка рассеяния, а изображение предмета получается расплывчатым. Этот вид искажения изображения называется сферической аберрацией.

Для уменьшения сферической аберрации чаще применяют комбинации положительных и отрицательных линз.

Наименьшая сферическая аберрация у положительной двояковыпуклой линзы с соотношением радиусов кривизны преломляющих поверхностей

$$\frac{|r_1|}{|r_2|} = 6.$$

Такая линза называется стеклом наилучшего вида (рис. 4.1):

$$|r_1| = 6|r_2|.$$

Параметрам стекла наилучшего вида приблизительно соответствуют параметры хрусталика человеческого глаза.

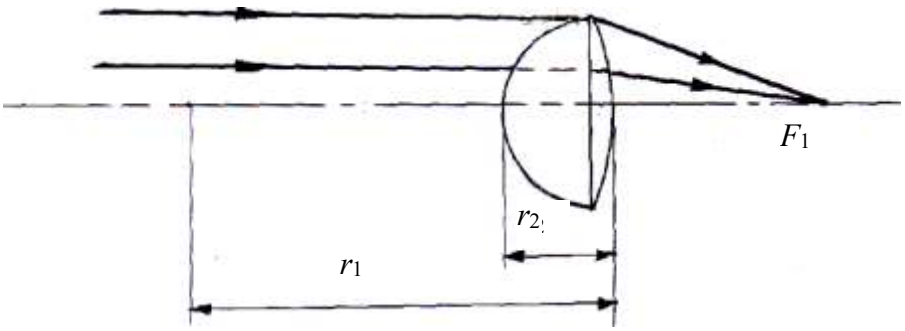


Рис. 4.1. Стекло наилучшего вида

Хроматическая аберрация (окрашивание изображения). Белый солнечный свет представляет собой сложное электромагнитное излучение, состоящее из волн различной длины, и после прохождения через призму луч света расходится веерообразно, образуя цветную полосу, называемую *спектром*. Аналогичное явление (хроматическая аберрация) имеет место при прохождении лучей белого света через оптические системы, состоящие из линз и призм.

Например, обыкновенная линза имеет большую оптическую силу (меньшее фокусное расстояние) для синих лучей, чем для красных, т. е. в силу указанного свойства сложный белый свет дает размытое и окрашенное по краям изображение.

Использование различных сортов стекла в сочетании с определенными фокусными расстояниями (кривизной преломляющих поверхностей) линз позволяет создать систему линз, называемую *ахроматом* (рис. 4.2).

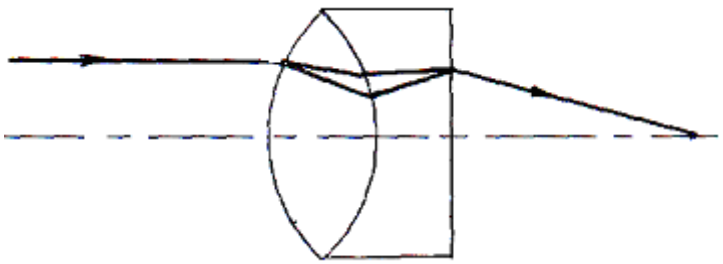


Рис. 4.2. Система линз с ослабленной хроматической аберрацией

Полное устранение хроматической аберрации практически возможно только для двух спектральных цветов, например красного и голубого. Для остальных цветов образуется так называемый вторичный спектр. Системы линз с уменьшенной интенсивностью вторичного спектра называются *апохроматическими системами* (*апо-*

хроматами). Апохроматами являются оптические системы зрительных труб теодолитов и тахеометров с погрешностью измерения углов менее 3″.

Астигматизм (неточечность) и ***кома*** – это аберрации, которые обусловливают изображение точки, лежащей вне оптической оси, в виде овального пятна рассеяния. Данные виды оптических искажений практически несущественны, поскольку визирные системы маркшейдерско-геодезических приборов работают в области, близкой к параксиальной.

Дисторсия – это называется нарушение геометрического подобия между изображением и предметом. Причиной появления дисторсии является непостоянство поперечного увеличения по полю зрения. Изображение квадратной сетки получается искаженным в виде «подушки» (положительная дисторсия) или в виде «бочки» (отрицательная дисторсия) (рис. 4.3).

Дисторсия определяется в процентах по формуле

$$\Delta Y = \frac{Y - Y_0}{Y} \cdot 100\%, \qquad (4.1)$$

где Y и Y_0 – величины изображений предмета соответственно на краю и в центре поля зрения системы.

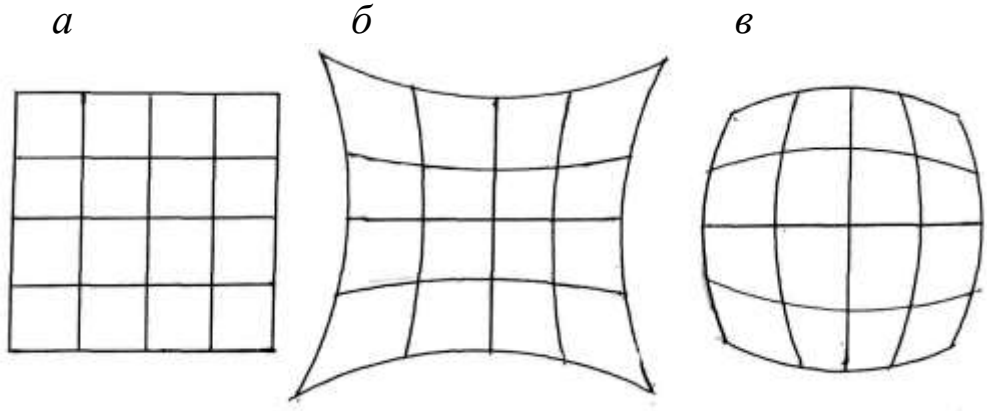


Рис. 4.3. Оптическое искажение, вызванное дисторсией:
а – свободное от дисторсии изображение;
б – положительная дисторсия; *в* – отрицательная дисторсия

Системы, свободные от дисторсии, называют *ортоскопическими*. К ортоскопическим системам относятся объективы фотограмметрических камер ($Y \leq 0{,}01$ %). Для объективов визирных зрительных труб маркшейдерско-геодезических приборов дисторсия не должка превышать 2 %, для окуляров – 10 %.

Качество изображения, ухудшаемое влиянием аберраций, исследуется при рассмотрении правильных геометрических фигур, изображенных на белом фоне и окрашенных черной тушью, либо таблицы штрихов («*миры*»).

Искажения формы фигур свидетельствуют о наличии в оптической системе трубы астигматизма или дисторсии. Окраска краев или всей площади фигуры в красноватый цвет свидетельствует о хроматической аберрации, а расплывчатость краев фигуры – о сферической аберрации.

Результирующее влияние аберрации на качество изображения характеризуется *разрешающей способностью* зрительных труб. Известно, что раздельное наблюдение двух близлежащих точек глазом или другой оптической системой возможно под углом не менее критерия Рэлея:

$$\psi'' = \frac{\rho'' \cdot 1{,}22\lambda}{D_{\text{вх}}}, \qquad (4.2)$$

где $\rho'' = 206255''$; λ – длина световой волны (0,00055 мм); $D_{\text{вх}}$ – диаметр зрачка входа системы (внутренний диаметр оправы объектива).

Таким образом, предел разрешающей способности идеальной оптической системы составляет 3,5" при D = 40 мм.

Разрешающая способность зрительных труб (предел разрешения) определяется по формуле

$$\text{Пр}'' = k\ 120\ / D_{\text{вх}}, \qquad (4.3)$$

где k – коэффициент, равный 1,4 – для труб прямого изображения.

Разрешающая способность, вычисленная по данной формуле, должна быть близка к определенной из результатов наблюдения «миры» по всему полю зрения зрительной трубы. В этом случае влияние аберраций расценивается как допустимое. Уменьшения аберраций добиваются повышением качества обработки преломляющих поверхностей, подбором линз с различными геометрическими и физико-химическими параметрами и применением различных диафрагм, ограничивающих периферийные лучи, поскольку максимум искажений дают края линз.

Обобщая положения, изложенные в данном разделе, следует отметить, что в реальных визуальных оптических системах допускаются аберрации, если они соответствуют назначению системы и условиям ее применения, т. е. должна быть обеспечена необходимая точность визирования на цели в нормальных атмосферных условиях;

при этом желательно, чтобы аберрации системы были ничтожны по сравнению с аберрациями нормального глаза.

4.2. Потери света в оптических системах

При прохождении света через оптическую систему имеют место *потери* за счет отражения при преломлении, поглощения световой энергии массой стекла и светорассеяния.

В оптической системе потери света за счет отражения зависят от марок оптических стекол линз и призм, а также от количества преломляющих поверхностей в системе.

Для оптического стекла «легкий крон» (ЛК-3) потери света, падающего на преломляющую поверхность параллельно оптической оси, составляет 5,8 %, для «тяжелого флинта» (ТФ-10) – 8,3 %. Уменьшение потерь света за счет отражения при преломлении в 3-5 раз достигается *просветлением оптики*. На преломляющую поверхность методом напыления наносят пленку из материала с показателем преломления:

$$n_{\text{пл}} = \sqrt{n_{\text{ср}} n_{\text{ст}}},$$

где $n_{\text{ср}}$ и $n_{\text{ст}}$ – соответственно показатели преломления среды и стекла толщиной $d = k\lambda/4$; k – целое нечетное число; λ – длина световой волны (0,00055 мм).

Потери света за счет поглощения энергии толщиной стекла (для современных сортов оптического стекла) составляют 1 % на 1 см хода луча. *Светопоглощение* обусловлено наличием в стекле непрозрачных частиц.

Светорассеяние – вредное воздействие на изображение отраженных при преломлении или рассеянных толщей стекла пучков лучей. Рассеяние света вызывает блики и снижает контрастность изображения.

Суммарные потери света в трубах современных маркшейдерско-геодезических приборов не должны превышать 55 %.

4.3. Оптические системы

Лупа – короткофокусная положительная линза, предназначенная для рассматривания с увеличением близко расположенных предметов. В маркшейдерско-геодезических приборах с помощью луп рассматривают штрихи шкал, лимбов, контактные уровни и т. д.

Построение мнимого увеличенного изображения предмета, даваемого лупой, показано на рис. 4.4.

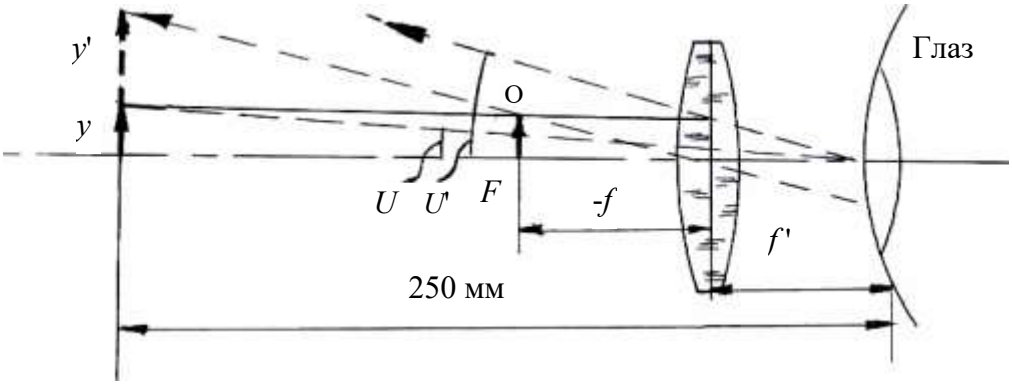


Рис. 4.4. Лупа. Построение изображения

Наблюдатель устанавливает глаз вблизи заднего фокуса F', а предмет S – между передним фокусом и линзой так, чтобы расстояние до мнимого изображения S' было около 250 мм (расстояние наилучшего зрения нормального человеческого глаза). Видимое (угловое) увеличение лупы определяется по формуле

$$V = \mathrm{tg}\, U / \mathrm{tg} U', \qquad (4.4)$$

где $\mathrm{tg}\, U = S / 250$ мм; $\mathrm{tg}\, U' = S / f'$.

Таким образом,

$$V = 250 / f',$$

где f' – заднее фокусное расстояние лупы.

Увеличение лупы беспредельно повышать нельзя, так как при $V = 20^{x}$ фокусное расстояние составит лишь 12,5 мм. Таким образом, однолинзовые лупы дают качественное изображение при увеличении $4...6^{x}$. Для улучшения качества изображений применяют многолинзовые лупы, увеличение которых достигает 20^{x}.

Микроскоп – оптическая система, предназначенная для рассматривания мелких предметов, в частности, делений шкал маркшейдерско-геодезических приборов.

Микроскоп как увеличительная оптическая система может действовать на порядок эффективнее луп.

Оптическая схема микроскопа и ход лучей в нем показаны на рис. 4.5.

Микроскоп состоит из двух собирательных систем (объектива и окуляра).

Рассматриваемый объект помещают между передним фокусом объектива $F_{об}$ и двойным фокусным расстоянием $2f_{об}$ объектива, который дает действительное обратное и увеличенное изображение, расположенное за двойным задним фокусным расстоянием объектива $2f'_{об}$ вблизи переднего фокуса окуляра $F_{ок}$. При использовании микроскопа в качестве отсчетного устройства в этой же плоскости помещают измерительную шкалу, которую затем рассматривают совместно с изображением штрихов лимба.

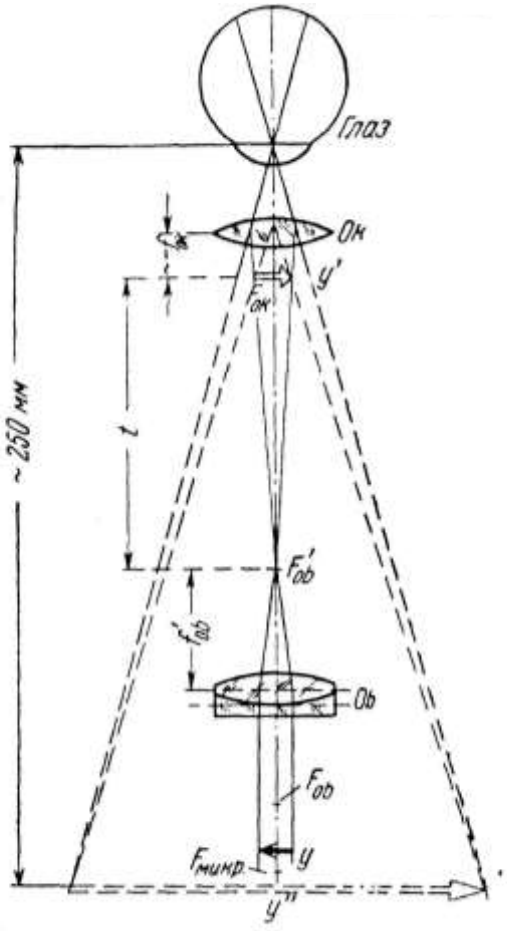


Рис. 4.5. Микроскоп

Окуляр микроскопа работает как лупа, при этом видимое изображение, даваемое микроскопом, в целом получится увеличенным, мнимым и обратным на расстоянии наилучшего зрения (250 мм) от глаза.

Отсчетные микроскопы применяют в современных приборах для того, чтобы иметь возможность различать весьма малые интервалы шкал, ширина которых измеряется десятыми и сотыми долями микрометра. По сравнению с лупой они обладают, кроме того, тем

преимуществом, что расстояние до рассматриваемого при их помощи лимба может быть значительно больше, поэтому окуляр отсчетного приспособления можно расположить рядом с окуляром зрительной трубы, а на пути оптического луча от лимба до окуляра микроскопа установить шкалу либо призмы оптического микрометра, а также призмы компенсатора индекса вертикального круга.

В современных оптических теодолитах отсчетные приспособления устанавливают внутри полых осей и стоек, поддерживающих зрительную трубу.

Отсчетные приспособления, главной частью которых является микроскоп:

для освещения шкал;

для сведения в поле зрения микроскопа изображений шкал обоих лимбов (по одному или по два отсчетных участка на горизонтальном и вертикальном кругах, с поочередным или одновременным их наблюдением);

для получения совмещенных изображений отдельных участков лимбов и шкал отсчетных приспособлений для взятия отсчетов.

Штриховой микроскоп (микроскоп-оценщик) –простейший отсчетный микроскоп с одним штрихом, нанесенным на сетке в качестве индекса, при помощи которого десятые доли интервалов шкал лимба определяют путем оценки на глаз (рис. 4.6).

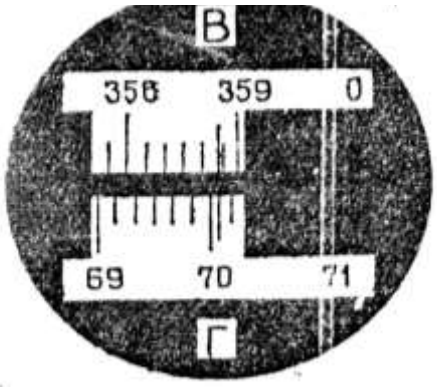


Рис. 4.6. Поле зрения штрихового микроскопа теодолита Т-30

Точность отсчитывания при таком способе сравнительно невысока, как правило, около 1'. При юстировке штрихового микроскопа добиваются резкого изображения шкал лимбов в плоскости штрихов сетки микроскопа. Штриховые микроскопы применяли в теодолитах малой точности (Т3О), а также иногда в нивелирах, снабженных горизонтальным кругом для отсчитывания по лимбу.

Шкаловый микроскоп. У шкалового микроскопа на сетке наносят шкалу, длина которой, при надлежащей юстировке, должна соответствовать расстоянию между изображениями соседних штрихов лимба. Оцифровка этой шкалы направлена навстречу оцифровке шкалы лимба.

Шкаловыми микроскопами, как правило, оснащают точные теодолиты со средней квадратической ошибкой измерения горизонтального угла m_β = 5"... 20". Поле зрения отсчетных микроскопов теодолитов 4Т5КП и 4Т3ОП показано на рис. 4.7, *а, б* соответственно.

а *б*

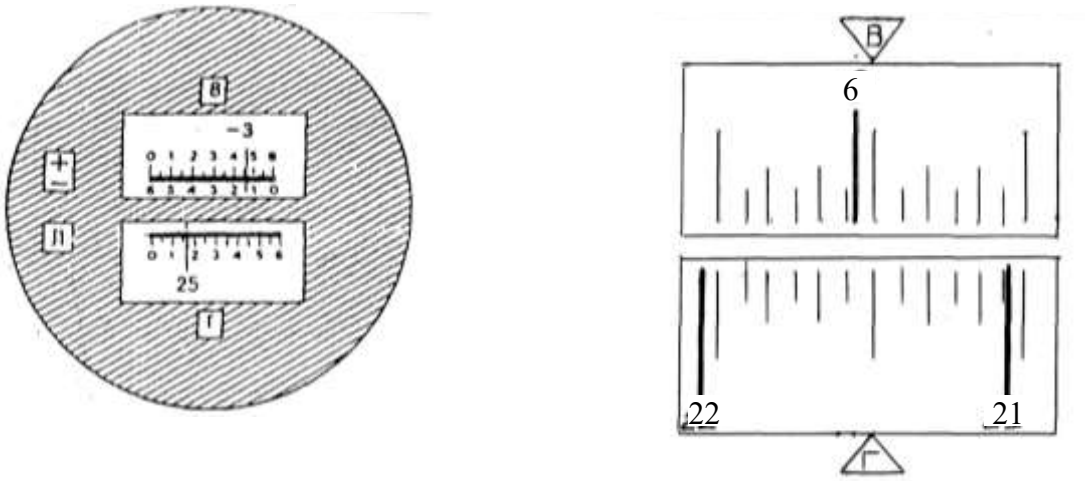


Рис. 4.7. Поле зрения микроскопа теодолитов:
а – 4Т5КП (отсчет по вертикальному кругу – 3°45'9";
отсчет по горизонтальному кругу – 25°17'1");
б – 4Т30П (отсчет по ВК – 6°26'00"; отсчет по ГК – 21°55'30")

Отсчетные микроскопы с оптическими микрометрами – наиболее точные отсчетные приспособления, широко применяемые в оптических приборах (теодолитах, нивелирах).

Схемы действия оптических микрометров отсчетных систем теодолитов и изображения поля зрения микроскопа представлены на рис. 4.8...4.11.

Основной частью оптических микрометров является оптическая система, содержащая, по меньшей мере, один подвижный отклоняющий элемент и снабженная шкалой для определения величины его перемещения. Подвижные детали оптического микрометра в поле зрения отсчетного микроскопа перемещают изображение участка (участков) шкалы лимбов. Поскольку шкалу микрометра наносят на

стекле, то ее изображение может быть воспроизведено в поле микроскопа рядом с изображением шкалы лимба.

В качестве подвижного отклоняющего элемента оптической системы отсчетного микроскопа могут служить:

плоскопараллельная пластинка, поворачивающаяся относительно некоторой неподвижной оси;

подвижный оптический клин, перемещающийся поступательно;

вращающийся оптический клин;

длиннофокусная линза, перемещающаяся перпендикулярно оптической оси.

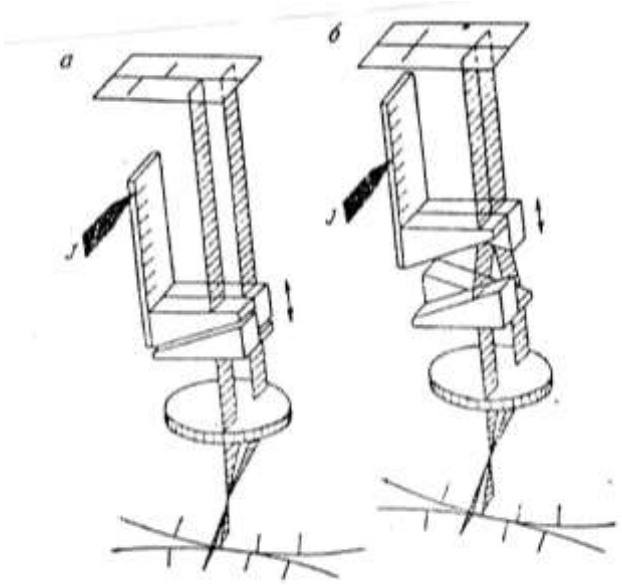


Рис. 4.8. Схема действия двухстороннего клинового оптического микрометра теодолитов 3Т2КП (Россия), Theo 010B (Германия), Wild T2 (Швейцария):
а – положение, соответствующее нулевому отсчету по шкале микрометра (изображения штрихов обеих шкал не совпадают);
б – положение, соответствующее рабочему отсчету по шкале микрометра (изображения штрихов обеих шкал лимба совмещены путем перемещения пары клиньев)

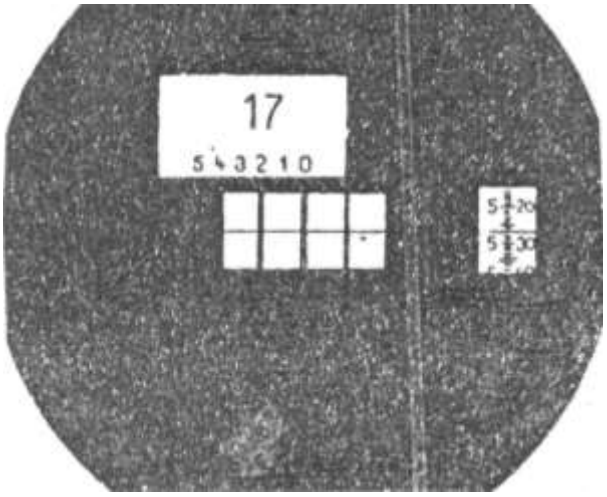


Рис. 4.9. Поле зрения отсчетного приспособления теодолита 3Т2КП. Отсчет по лимбу горизонтального круга равен 17°25'27"

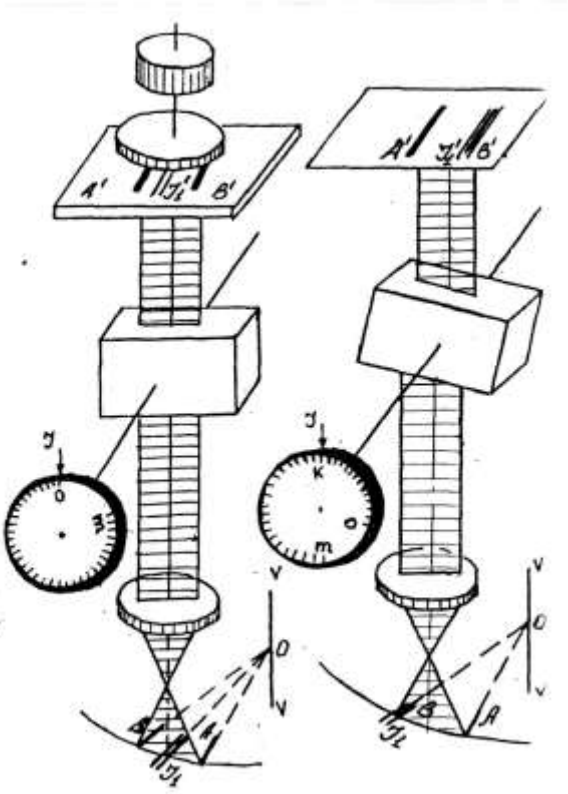


Рис. 4.10. Схема действия одностороннего оптического микрометра с плоскопараллельной пластинкой теодолитов ТТ-4 (Россия), Theo 015 B (Германия), Wild T1 (Швейцария)

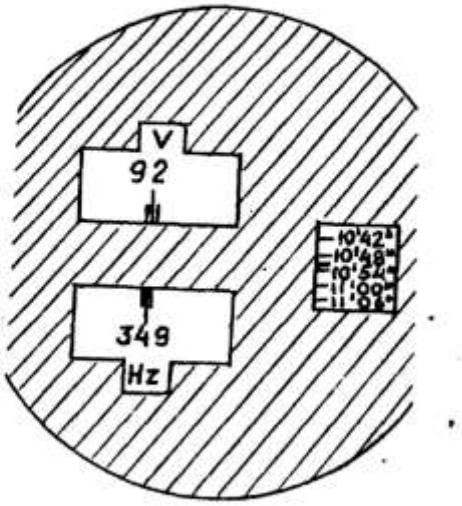


Рис. 4.11. Поле зрения одностороннего отсчетного приспособления теодолита Theo 015 B:
отсчет по ГК=349°10'52";
отсчет по ВК=92°10'52"

Если отсчетная система двухсторонняя (двухканальная), т. е. отсчеты берутся одновременно на двух диаметрально противоположных участках лимба, то применяют две пары подвижных **элементов**. В отсчетных микроскопах оптических теодолитов чаще всего используют микрометры с подвижным клином (клиньями) или плоскопараллельной пластинкой (пластинками).

При исследовании и юстировке отсчетных приспособлений определяют и устраняют "рен" (несоответствие длины шкалы отсчетного приспособления длине деления лимба), а также добиваются резкого изображения шкал в поле зрения отсчетного микроскопа.

Визирные зрительные трубы в маркшейдерско-геодезических приборах служат для рассматривания удаленных предметов и визирования на цели, а также для отсчитывания по шкалам реек.

Схема принципиального устройства оптической системы зрительной трубы представлена на рис. 4.12.

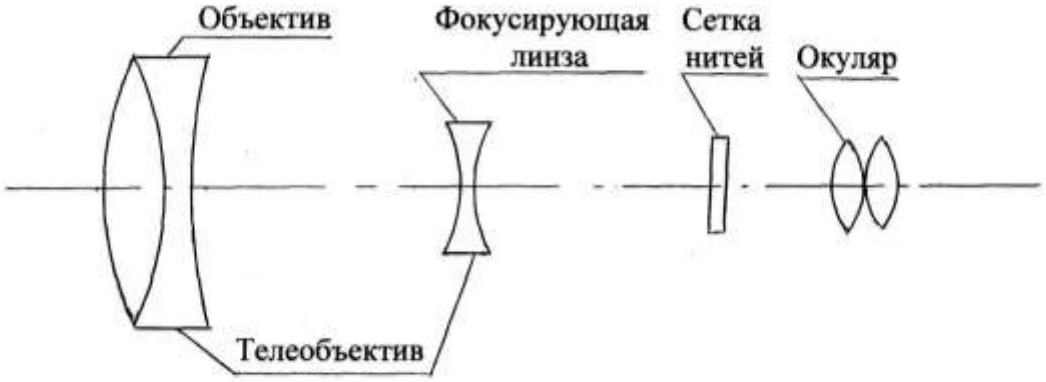


Рис. 4.12. Принципиальное устройство оптической системы зрительной трубы

Фокусировка трубы заключается в совмещении изображения наблюдаемого объекта, даваемого объективом, с плоскостью сетки нитей.

Сетка нитей – плоскопараллельная пластинка с нанесенным на ней перекрестием и другими штрихами.

В трубе с внутренней фокусировкой (см. рис. 4.12) сетка нитей закреплена на постоянном расстоянии от объектива в кольцевой оправе, играющей роль диафрагмы поля зрения трубы. Совмещение изображения предмета, даваемого объективом, с плоскостью сетки нитей достигается перемещением фокусирующей линзы, расположенной между объективом и сеткой нитей.

В современных трубах в качестве фокусирующей линзы, как правило, служит отрицательная линза.

Объектив трубы – многолинзовая оптическая система, дающая действительное обратное и уменьшенное изображение, которое рассматривается через окуляр.

Окуляр – многолинзовая положительная оптическая система, которая выполняет функцию лупы при рассматривании изображения, даваемого объективом.

Оправа объектива обычно является апертурной (световой) диафрагмой и *зрачком входа* трубы.

Изображение оправы объектива, видимое через окуляр, называется *зрачком выхода*.

К основным оптическим характеристикам трубы относятся: увеличение (*V)*, угол поля зрения α, разрешающая способность (ψ) при установке трубы на бесконечность, коэффициент нитяного дальномера (при наличии дальномерных штрихов на сетке нитей).

Увеличение зрительной трубы показывает, во сколько раз увеличиваются видимые размеры предмета, рассматриваемого в трубу, по сравнению с размерами того же предмета, видимого невооруженным глазом.

Наиболее удобно определять увеличение зрительных труб из соотношения диаметров входного $D_{вх}$ и $D_{вых}$ выходного зрачков:

$$V = \frac{D_{вх}}{D_{вых}}. \qquad (4.5)$$

В геодезических приборах технической точности применяют зрительные трубы с увеличением порядка 15... 20^x. В приборах точных и высокоточных увеличение зрительных труб составляет 25…60^x

Полем зрения зрительной трубы называется ограниченное конической поверхностью пространство, обозреваемое через трубу, установленную на «бесконечность».

Крайние лучи конической поверхности, вершина которой находится в центре объектива (входного зрачка), а основание ограничено оправой сетки нитей, образуют *угол поля зрения*. Угол действительного поля зрения маркшейдерско-геодезических приборов составляет 1...2°.

Понятие *разрешающей способности* труб описано в разделе 4.1 настоящего пособия, посвященном недостаткам оптических систем.

Величину *коэффициента дальномера k* конструкторы стремятся сделать равной какому-либо круглому числу, обычно 100; при этом длину зрительной трубы и расстояние между ее линзами подбирают с таким расчетом, чтобы эквивалентное фокусное расстояние f'_∞ трубы с внутренним фокусированием в точности равнялось *kp*, где *p* – расстояние между дальномерными штрихами сетки нитей. Точность заводской установки коэффициента дальномера, как правило, составляет от 0,5 до 1 %.

Конструкции различных типов зрительных труб современных маркшейдерско-геодезических приборов представлены на рис. 4.13 ... 4.16.

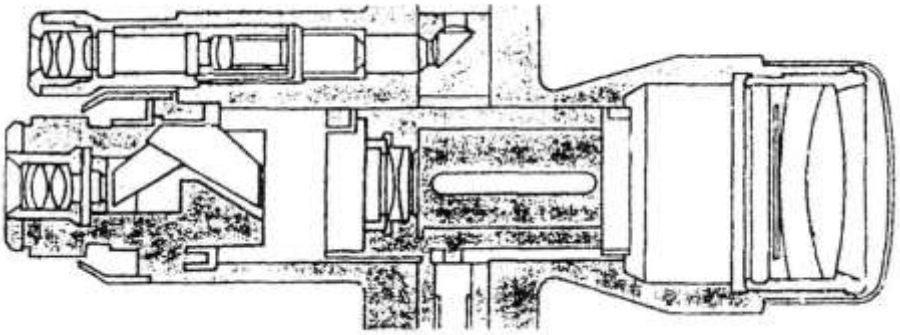


Рис. 4.13. Труба теодолита 4Т30П

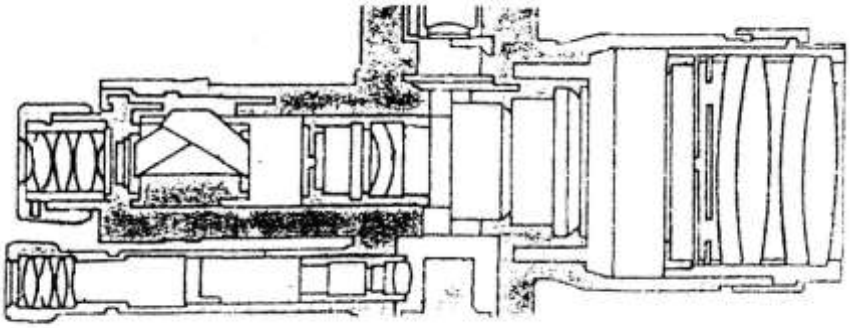


Рис 4.14. Труба теодолита 3Т5КП

а *б*

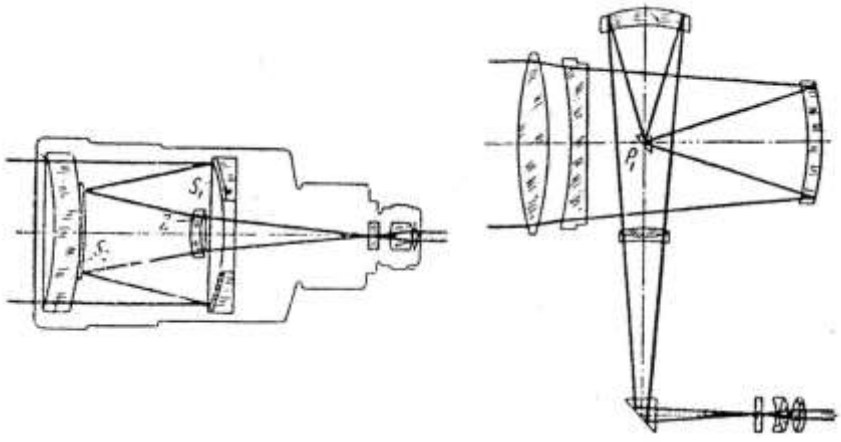


Рис. 4.15. Зеркально-линзовые зрительные трубы:
а – теодолит Theo-010 (Германия); *б* – теодолит DKM (Швейцария)

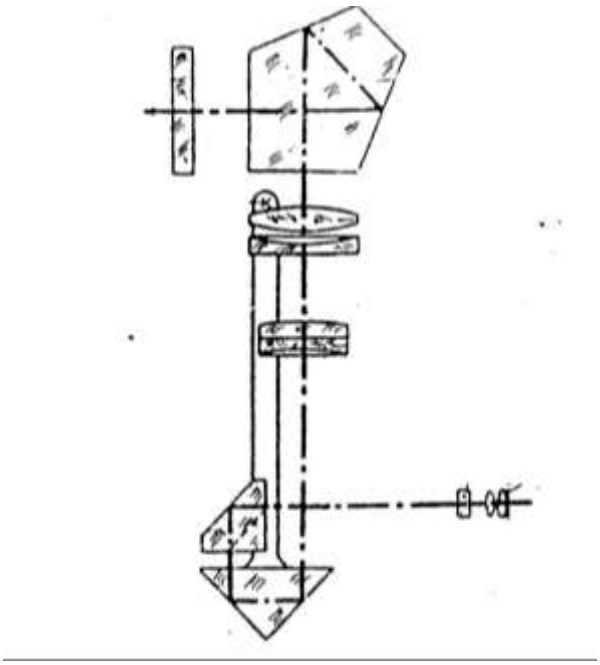


Рис. 4.16. Ломаная зрительная труба нивелира Ni-007

В процессе исследования трубы определяют описанные выше параметры и качество изображения, а также погрешность хода фокусирующей линзы.

Помимо отсчетного приспособления и зрительной трубы все современные теодолиты и тахеометры с точностью измерения горизонтального угла более 30" оснащены еще одной оптической системой – оптическим отвесом.

Оптический отвес – это ломаная зрительная труба с небольшим увеличением (3...5^{x}), встроенная в нижнюю часть теодолита (тахеометра). Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с вертикальной осью вращения теодолита.

5. ОСИ ВРАЩЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

5.1. Вертикальные осевые системы теодолитов и электронных тахеометров

При рассмотрении конструкций осей вращения маркшейдерско-геодезических приборов любой теодолит условно можно разделить на четыре части: верхнюю (с алидадой), среднюю (с лимбом), нижнюю и трегер. Упомянутые части связаны между собой посред-

ством системы вертикальных осей таким образом, что верхняя и средняя части могут поворачиваться раздельно либо вместе. Раздельный либо совместный поворот лимбовой и алидадной частей теодолита вокруг вертикальной оси (главной оси теодолита) обеспечивается с помощью микрометренных (наводящих) и зажимных (закрепительных) винтов. Микрометренные винты через рычажные механизмы позволяют медленно вращать лимб и алидаду в пределах 2...3°.

Теодолиты, имеющие два микрометренных и два зажимных винта на вертикальной осевой системе, называются *повторительными*. Лимбовый закрепительный винт может быть заменен защелкой, скрепляющей лимб и верхнюю часть теодолита (алидаду), в этом случае также возможно измерение углов способом повторения.

Наряду с повторительными теодолитами, пригодными для измерения углов способами повторений и приемов, выпускаются приборы с *поворотным лимбом*, оснащенные винтом, предназначенным для вращения лимба. Для таких приборов совместное вращение лимба и алидады невозможно, т. е. для измерения углов может быть использован только более производительный «*способ приемов*», но при этом есть возможность в разных приемах использовать различные участки лимба.

Для обеспечения стабильности системы при необходимой легкости хода оси изготовляются достаточно длинными (их длина обычно в 3-4 раза больше диаметра) и должны вставляться во втулки не плотно, а с небольшим зазором, порядка 0,5 мкм. Оси делают цилиндрическими, с кольцевыми выступами, воспринимающими осевую нагрузку.

Несколько десятков лет тому назад пользовались преимущественно *коническими осями*. Коническая форма позволяла легко осуществлять точную подгонку оси к втулке и получать осевые системы высокого качества (с малыми люфтами), несмотря на низкий технический уровень приборостроения того времени.

Изготовление цилиндрических осей стало возможно только тогда, когда была получена высокосортная сталь, обладающая большой поверхностной твердостью, и разработаны техника и технология ее обработки.

При цилиндрических осях вся нагрузка от массы верхней части теодолита воспринимается, как правило, через шарикоподшипник торцевой частью заплечника оси (рис. 5.1, *б*) или ее концом (рис. 5.1, *б*).

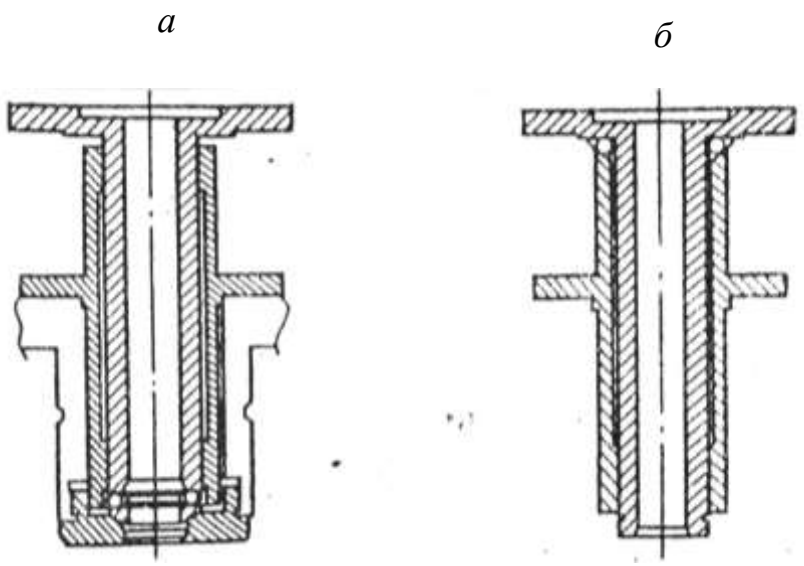


Рис. 5.1. Принципиальные схемы осей теодолитов:
2Т5КП (*а*), Theo 010B, 015B, 4Т5КП (*б*)

Наиболее распространенной в настоящее время является конструкция системы вертикальных осей, приведенная на рис. 5.1, *б*.

Для теодолитов технической точности (m_β > 20") применяют упрощенную конструкцию вертикальных осей (рис. 5.2).

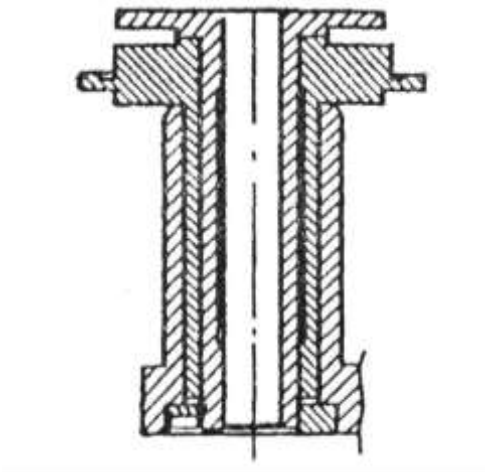


Рис. 5.2. Конструкция осей теодолитов технической точности (4Т3ОП)

Поскольку масса алидадной части теодолита технической точности сравнительно мала, то в качестве опоры могут быть использованы плоскости торцов осей и втулок.

5.2. Ось вращения визирной зрительной трубы

Основное требование, предъявляемое к оси вращения трубы, – неизменность, стабильность ее положения при вращении как по ходу, так и против хода часовой стрелки.

Достаточная стабильность оси вращения обеспечивается в основном конструкцией лагер (втулок). Например, в нижней части лагер делают выборки глубиной 0,1-0,15 мм (рис. 5.3), ограниченные центральным углом 90°.

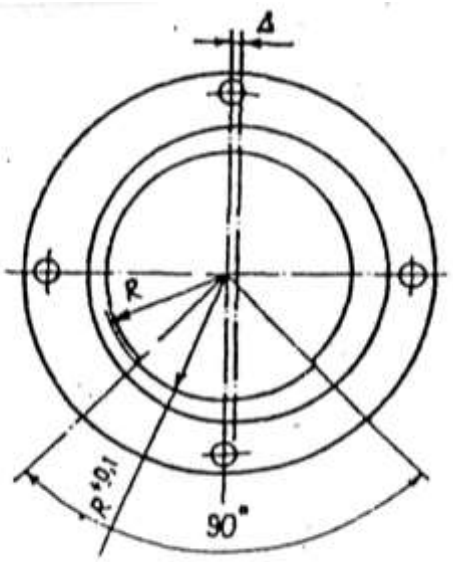


Рис. 5.3. Конструкция лагеры вращения трубы теодолита (4Т5КП)

В этом случае цапфа горизонтальной оси лежит устойчиво на двух точках касания, а не на одной, если бы этой выборки не было.

Ось посадочного отверстия лагеры делают смещенной относительно наружного диаметра (Δ), что дает возможность изменять наклон горизонтальной оси и устанавливать ее перпендикулярно к вертикальной оси прибора путем поворота лагеры.

Если для изготовления оси применена бронза, то с целью устранения возможности заклинивания при малых зазорах одну из деталей (чаще цапфу) изготавливают из твердой бронзы, а вторую (лагеру) – из отпущенной менее твердой.

Если детали горизонтальной осевой системы изготовлены из легких сплавов (2Т30П, 4Т30П), то их трущиеся поверхности (или хотя бы одна из поверхностей) покрываются твердой оксидной пленкой.

Конструкции осевых систем нивелиров сравнительно просты. Они, как правило, не являются причиной погрешностей определения превышений и поэтому в данном учебном пособии не рассматриваются.

6. УРОВНИ И САМОУСТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ КОМПЕНСАТОРЫ

Уровни предназначены для установки вертикальных (горизонтальных) осей приборов относительно отвесной линии.

Основными конструктивными частями уровней являются ампулы с легкоподвижной жидкостью и оправа.

Все маркшейдерско-геодезические приборы оснащаются, как правило, двумя типами уровней – *круглым* (установочным) и *цилиндрическим* (точным).

Круглый уровень состоит из заключенного в оправу стеклянного сосуда, верхняя часть которого отшлифована по сферической поверхности (рис. 6.1).

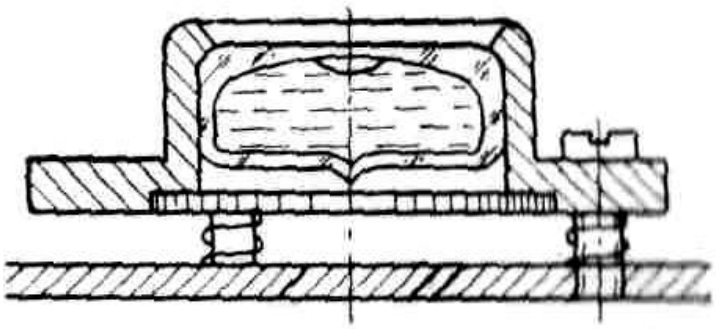


Рис. 6.1. Круглый уровень

Для установки пузырька уровня на верхней внешней поверхности ампулы наносят одну или несколько (с интервалом 2 мм) концентрических окружностей.

Юстировка круглого уровня выполняется с помощью специальных винтов и заключается в установлении нормали, пересекающей сферическую поверхность ампулы в центре концентрических окружностей, в отвесное положение, а пузырек уровня в этом случае при вращении прибора вокруг вертикальной оси будет всегда находиться в центре окружностей (нуль-пункте). Цена деления круглых уровней составляет 5' – 7'.

Цилиндрический уровень состоит из стеклянной трубки, внутренняя поверхность которой отшлифована в виде бочкообразного тела вращения, установленной в металлическом корпусе. Ампулы цилиндрических уровней изготавливаются из твердого молибденито-

вого стекла и заполняются, как правило, этиловым спиртом, испаряющимся при температуре выше 50 °С.

Для того чтобы можно было наблюдать за перемещением пузырька и определять его положение, на наружную поверхность трубки с интервалом 2 мм наносят деления.

Касательная к внутренней поверхности трубки уровня, проведенная через среднюю точку шкалы в направлении его длины, называется *осью цилиндрического уровня*. Если середина пузырька уровня совпадает с серединой шкалы, это означает, что ось уровня горизонтальна.

Конструктивно цилиндрические ампулы делят на простые АЦП (рис. 6.2, *а*), камерные АЦР (рис. 6.2, *в*) и компенсированные АЦК (рис. 6.2, *б*).

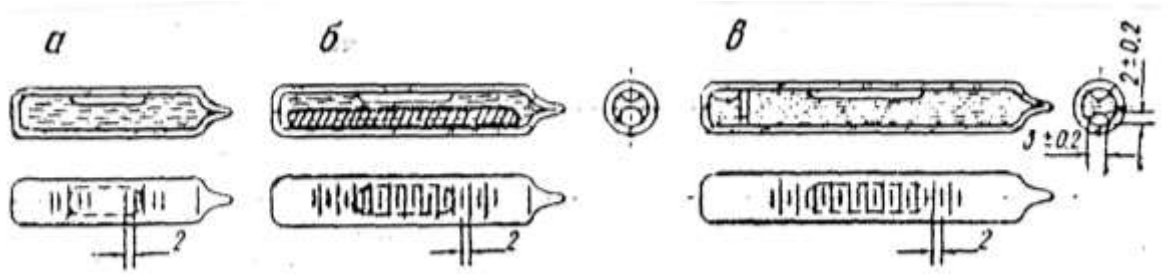


Рис. 6.2. Ампулы уровней

Изменение длины пузырька, связанное с температурным расширением жидкости, приводит к заметному изменению чувствительности уровня. В этой связи для ампул точных уровней (20" и менее) предпринимаются меры по стабилизации длины пузырька путем уменьшения количества жидкости в ампуле компенсированного уровня (внутрь ампулы помещается стеклянный стержень) либо перемещением излишней части пузырька за перегородку в камерном уровне (в настоящее время не применяется).

В маркшейдерско-геодезических приборах уровни устанавливаются различным образом и служат для различных целей:

– уровни для установки вертикальной оси прибора в отвесное положение (горизонтирование прибора), укрепляемые в корпусе прибора параллельно оси вращения трубы (4Т5КП, 3Т2КП) электронные тахеометры или перпендикулярно к ней (4Т30П);

– уровни вертикального круга для контроля положения индекса вертикального круга относительно отвесного направления (2Т5, 2Т2);

– уровни при зрительной трубе, жестко связанные с нею; они служат для приведения визирной оси в горизонтальное положение, а также для нивелирования при помощи теодолита (4Т30П);

– нивелирные контактные уровни, укрепляемые на зрительной трубе параллельно ее визирной оси, предназначены для приведения этой оси в горизонтальное положение (нивелир 3Н5Л).

Для нивелиров и вертикальных кругов теодолитов используют так называемые «*контактные уровни*», в которых приведение пузырька на середину производится путем совмещения изображений его концов в специальном оптическом устройстве. Точность установки таких уровней примерно вчетверо выше, чем у уровней обычного типа, а при условии применения оптических устройств, увеличивающих изображения пузырька, она может быть еще повышена в 2-3 раза.

Погрешности шлифовки внутренней поверхности уровня выявляются при определении фактической цены деления правой и левой частей шкалы уровня и при исследовании его чувствительности. Практически отклонения цены деления уровней от их паспортного значения встречаются редко, но возможны. В связи с этим для точных цилиндрических уровней с ценой деления 20" и менее следует рекомендовать исследование их качества.

В современных точных и высокоточных теодолитах уровень при вертикальном круге заменен самоустанавливающимся маятниковым компенсатором. Погрешность компенсации составляет 1-2".

Особенно эффективным явилось использование компенсаторов наклона визирной оси в нивелирах. Зарубежные и отечественные оптико-механические заводы уж более сорока лет выпускают нивелиры различной точности с самоустанавливающейся осью визирования.

Для оптических компенсаторов маркшейдерско-геодезических приборов характерно конструктивное разнообразие, прецизионность монтажа, которая не позволяет выполнять их регулировку и тем более ремонт маркшейдеру, не имеющему специальной подготовки. Маркшейдеру, эксплуатирующему теодолит или нивелир, надлежит контролировать работоспособность компенсатора и симметричность диапазона его работы относительно положения при отвесной установке вертикальной оси прибора.

7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ

Даже при самом тщательном измерении углов результаты всегда содержат погрешности, причинами которых могут быть несовершенство инструмента (инструментальные погрешности), недостатки зрения наблюдателя (личные погрешности наблюдателя) или неблагоприятное состояние атмосферы (физическое состояние воздуха) в пространстве между инструментом и точкой визирования.

Причина инструментальных погрешностей может заключаться в том, что при изготовлении прибора не были строго соблюдены те или иные параметры конструкции, также упомянутые параметры могут изменяться в процессе эксплуатации прибора. Погрешности, обусловленные неправильным взаимным расположением геометрических элементов прибора (в частности, погрешности от неправильного расположения осей и погрешности от влияния эксцентриситетов в осевых системах), а также погрешности, вызванные неточностью нанесения делений на шкалах лимбов и отсчетных приспособлений, неправильным увеличением этих шкал в поле зрения отсчетного микроскопа, могут быть исключены или юстировкой прибора, или соответствующей методикой выполнения измерений.

Погрешности, обусловленные личными ошибками наблюдателя, возникают при наведении зрительной трубы на цель (визировании) и при взятии отсчетов по лимбам (отсчитывании).

Труднее всего учесть влияние погрешностей, вызванных физическим состоянием атмосферы (прежде всего ошибок за счет рефракции и неравномерной освещенности визирной цели). Поэтому при выполнении высокоточных работ следует выбирать благоприятные погодные условия. Таким образом, при достаточной квалификации наблюдателя, работающего с прибором на земной поверхности или в подземной горной выработке, в условиях отчетливой видимости визирных целей, основной причиной неточности измерений являются инструментальные погрешности.

Как было отмечено выше, влияние некоторых инструментальных погрешностей на результаты угловых измерений может быть исключено либо уменьшено при использовании специальных методик измерения. Большинство инструментальных погрешностей не влияют на точность результатов при измерении углов *полным приемом*.

Для электронных тахеометров данное утверждение справедливо не в полной мере. Измерения углов на каждой точке стояния электронного тахеометра следует начинать с фиксации «места зенита» (*MZ*) и «коллимации» (*C*) в памяти прибора для начального направления (измерения проводятся полным приемом). В последующие направления, которые, как правило рекомендуется измерять при одном положении вертикального круга (основное табло обращено к измерителю), зафиксированные значения *MZ* и *C* вводятся автоматически. В этом случае влияние ряда инструментальных погрешностей, которые рассмотрены в следующем разделе, будет ухудшать паспортную точность прибора, так как *MZ* и *C* для различных точек визирования могут отличаться от их значений, зафиксированных в памяти тахеометра для начального направления.

Влияние прочих погрешностей может быть уменьшено многократным отсчитыванием по лимбам (реализовано для всех типов электронных тахеометров) либо введением соответствующих поправок в результаты угловых измерений.

7.1. Инструментальные погрешности, исключаемые из результатов при измерении углов полным приемом

Данную группу инструментальных погрешностей объединяет то, что их величина может быть определена наличием и характером изменчивости *коллимации*.

Коллимационная погрешность – это погрешность от неперпендикулярности визирной оси (*ZZ*) к оси вращения трубы (*HH*) (рис. 7.1).

Коллимационная погрешность вычисляется по формуле (7.1) из отсчетов по горизонтальному лимбу теодолита (тахеометра) при вертикальном круге справа (КП) и слева (КЛ). *Наведение производится на одну и ту же визирную цель, находящуюся на горизонте теодолита*:

$$C = \frac{\text{КЛ} - \text{КП}}{2}. \qquad (7.1)$$

Устранение коллимационной погрешности для большинства приборов производится смещением сетки нитей в горизонтальном направлении, т. е. путем разворота визирной оси относительно оси вращения трубы. Значительное изменение положения визирной оси

относительно заводской установки может вызвать ее нестабильность при перефокусировке, поэтому иногда теодолиты оснащаются фиксированной сеткой нитей (2Т5К), в последних модификациях теодолитов (4Т5КП, 3Т2КП) операция разворота визирной оси может быть выполнена как смещением сетки нитей, так и поворотом клинового кольца, расположенного между объективом и осью вращения трубы.

Рассмотрим влияние коллимационной погрешности на точность угловых измерений.

Обозначим через ε проекцию коллимационной погрешности *C* на плоскость лимба – отсчеты по лимбу будут в двух разных местах: m_1 (КЛ) и m_2 (КП) (рис. 7.2).

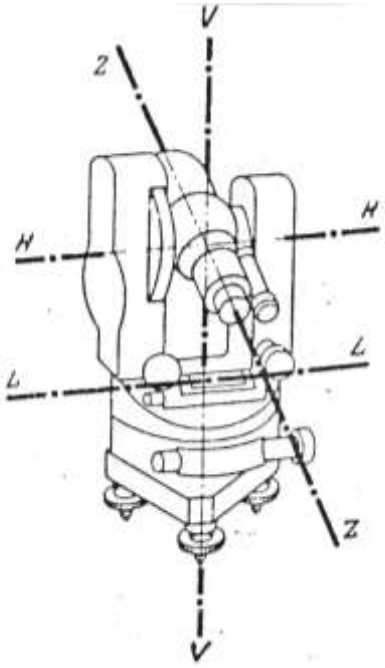


Рис. 7.1. Схема осей угломерного прибора:
VV – вертикальная ось;
LL – ось цилиндрического уровня;
HH – ось вращения трубы;
ZZ – визирная ось трубы

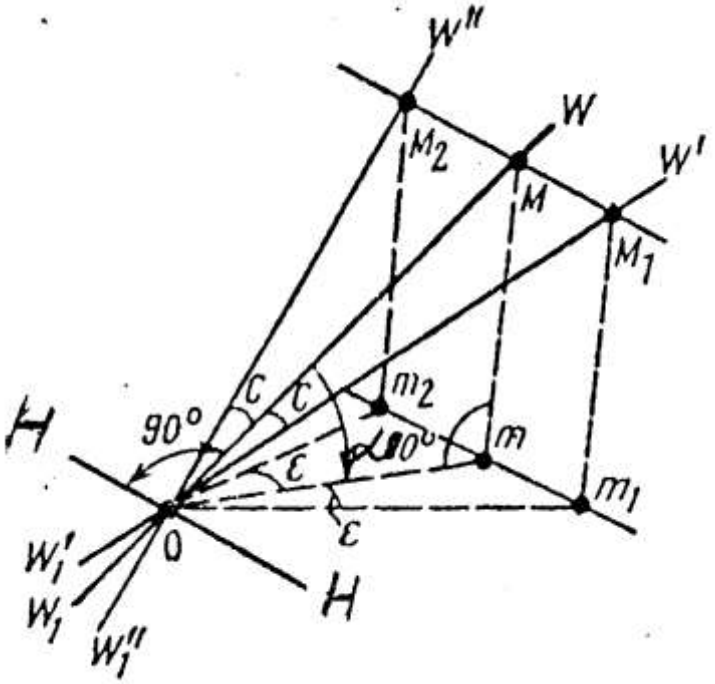


Рис. 7.2. Влияние коллимационной погрешности на отсчет по лимбу

Из треугольников OMM_1 и Omm_1:

$$\operatorname{tg}C = \frac{MM_2}{OM};\ \operatorname{tg}\varepsilon = \frac{mm_2}{Om}. \tag{7.2}$$

По построению $MM_2 = mm_2$, тогда

$$\frac{\operatorname{tg}C}{\operatorname{tg}\varepsilon} = \frac{Om}{OM} \approx \frac{C}{\varepsilon}, \tag{7.3}$$

где ε – погрешность в отсчете по лимбу за счет коллимации.

Из треугольника OMm:

$$\cos\alpha = \frac{Om}{OM},$$

где α – угол наклона визирной оси.

Следовательно,

$$\varepsilon = \frac{C}{\cos\alpha}. \tag{7.4}$$

Ошибка в угле, измеренном при одном положении круга:

$$\Delta C = C\left(\frac{1}{\cos\alpha_1} - \frac{1}{\cos\alpha_2}\right). \tag{7.5}$$

Таким образом, при $\alpha_1 \approx \alpha_2$, когда точки визирования находятся приблизительно под одним углом к горизонту, $\Delta C \approx 0$.

Если $\alpha_1 \neq \alpha_2$, то значение C, полученное при другом круге, будет иметь противоположный знак, поэтому среднее значение угла, измеренного при двух кругах, будет свободно от влияния коллимационной погрешности, пока C будет постоянной. Положение визирной оси, а следовательно, и коллимация могут изменяться при перефокусировке трубы, поэтому при измерении углов стремятся обеспечить равенство сторон, чтобы сохранить C = const.

Погрешность хода фокусирующей линзы возникает в связи с колебаниями фокусирующей линзы при ее перемещении по направляющим в зрительных трубах и обусловливает изменение направления визирной оси, особенно при визировании внутри нескольких первых десятков метров, когда фокусирующая линза перемещается на значительную величину. Поэтому погрешность хода фокусирующей линзы оценивают по изменению значения коллимационной погрешности C и места зенита Z (места нуля $M0$) при перефокусировке трубы. Изменения значений определяют по следующим формулам:

$$\Delta C_i = C_i - C_\infty;\ \ \Delta MZ = MZ_i - MZ_\infty,$$

где индексы при *C* и *MZ* относятся к конечному расстоянию (*i*) до визирной цели и к "бесконечности" (более 100 м).

Для определения *C* и *MZ* используют расстояния, указанные ниже:

Типы теодолитов…	Т2, Т5	Т15, Т30
Расстояние, м	…5; 10; ∞;	1,5; 5; 10; ∞.

Погрешность хода фокусирующей линзы не оказывает влияния на результаты угловых измерений, если наведения выполнялись при двух положениях вертикального круга КЛ и КП, т. е. при выполнении полного приема.

Погрешность от наклона оси вращения зрительной трубы (*HH*) возникает вследствие ее неперпендикулярности к вертикальной оси вращения теодолита (*VV*) (неравенство подставок) и погрешности установки последней в отвесное положение (негоризонтальность оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга).

Если ось вращения трубы (*HH*) не перпендикулярна к вертикальной оси теодолита (неравенство подставок), то при отвесном положении последней коллимационная плоскость будет наклонена, и в отсчете по лимбу при визировании на точку *M* появится погрешность ε_1 (рис. 7.3).

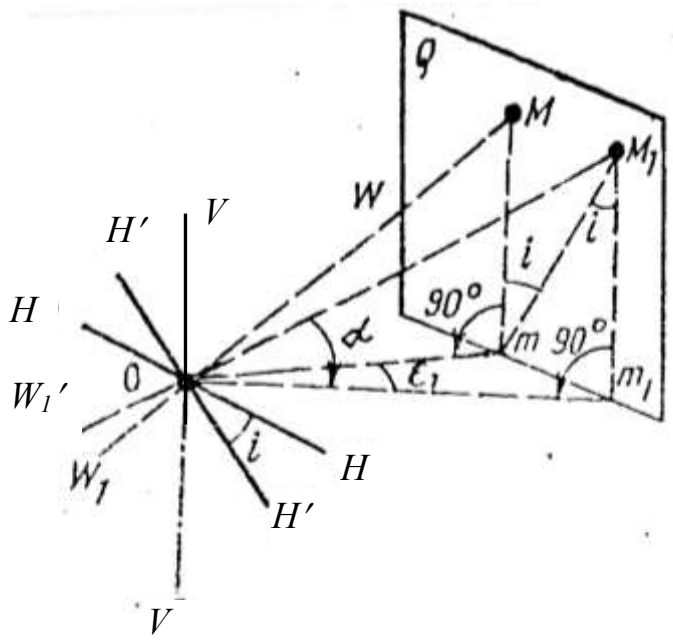


Рис. 7.3. Влияние наклона оси вращения трубы на отсчет по лимбу

На рис. 7.3 *HH* и *H'H'* – горизонтальное и наклонное положения оси вращения трубы соответственно.

При горизонтальном положении оси *HH* и угле наклона α визирная ось будет направлена на точку *M*, а точка *m* является ее горизонтальной проекцией на плоскость лимба. При наклонном положении *H'H'* труба будет наведена на точку M_1, горизонтальной проекцией которой будет точка m_1.

Из прямоугольных треугольников Omm_1 и M_1mm_1 найдем:

$$\sin \varepsilon_1 = mm_1 / Om.$$

$\mathrm{tg}i = mm_1/M_1m$, откуда $\sin\varepsilon_1 / \mathrm{tg}\, i = M_1m_1 / Om_1$.

Из треугольника OM_1m_1 $\mathrm{tg}\alpha = M_1m_1 / Om_1$. Так как ε_1 и i малы, можно записать:

$$\varepsilon_1 = i\, \mathrm{tg}\alpha. \qquad (7.6)$$

Погрешность в измерении угла Δi

$$\Delta i = i\,(\mathrm{tg}\alpha_1 - \mathrm{tg}\alpha_2). \qquad (7.7)$$

Если $\alpha_1 = \alpha_2$, то $\Delta i = 0$; при $\alpha_1 = -\alpha_2$ $\Delta i = 2i\,\mathrm{tg}\alpha$.

Если ось вращения теодолита *VV* отвесна, то среднее значение угла, полученного из двух полуприемов, будет свободно от этой погрешности.

Наличие наклона оси вращения трубы (неравенство подставок) определяется после устранения коллимационной погрешности проектированием высокорасположенной точки на шкалу линейки в горизонтальной плоскости при двух положениях круга. Разность отсчетов по линейке свидетельствует о наличии неравенства подставок. Ликвидация неравенства подставок производится только в условиях специализированной мастерской.

Конструкция и технология сборки современных теодолитов и тахеометров, как правило, гарантируют достаточно высокую точность и стабильность взаимного расположения оси вращения трубы и вертикальной оси прибора во время эксплуатации.

Эксцентриситет алидады – это несовпадение оси вращения алидады (*VV*) с точкой пересечения продолженных штрихов лимба.

Для определения эксцентриситета алидады теодолитов с односторонним отсчетом анализируют изменение коллимации при визировании на точки, расположенные через 30° по окружности вокруг теодолита, и на равных от него расстояниях 30-50 м (лимб неподвижен). При отсутствии эксцентриситета коллимация будет постоянной, а при его наличии график изменения величины коллимации будет иметь вид синусоиды.

В случае пользования теодолитами с односторонней отсчетной системой влияние эксцентриситета алидады можно исключить, вы-

числив среднее из отсчетов, взятых при двух положениях вертикального круга.

Двухсторонние оптические микрометры значительно снижают влияние эксцентриситета, т. е. каждый отсчет является средним из двух диаметрально противоположных отсчетов на лимбе.

Рассмотренные выше инструментальные погрешности теодолитов являются причиной определенных значений коллимации, которые могут носить переменный характер.

Величины отклонений значений коллимации и «места зенита», полученные при измерении углов, от их максимальных значений, определенных при исследовании инструментальных погрешностей теодолита, для качественных результатов измерения углов не должны превышать двойную точность (СКП измерения углов) прибора.

7.2. Погрешность от наклона оси вращения трубы (из-за невертикальности прибора)

Погрешность от наклона оси вращения трубы за счет невертикальности главной оси прибора (*VV*) – это погрешность, обусловленная неправильной установкой прибора по уровню при алидаде горизонтального круга.

При производстве угловых измерений на карьерах и в подземных горных выработках наклон линий визирования часто бывает значительным (5° и более). Именно в таких условиях погрешность в отсчетах по горизонтальному кругу за счет неотвесного положения оси *VV* теодолита (см. рис. 7.1) становится существенной, поскольку ее величина рассчитывается по формуле, аналогичной выражению (7.8):

$$\varepsilon_2 = i' \operatorname{tg}\alpha, \qquad (7.8)$$

где ε_2 – поправка в отсчет по горизонтальному кругу за счет невертикальности прибора (с); i' – негоризонтальность оси цилиндрического уровня (с); α – угол наклона линии визирования.

Влияние наклона вертикальной оси прибора на точность угловых измерений, в отличие от рассмотренных выше инструментальных погрешностей, не может быть исключено наблюдением при двух положениях трубы, так как этот наклон при неизменном положении трегера (подставки) и визировании на любые точки остается неизменным.

7.3. Погрешность измерения углов за счет эксцентриситета лимба

Эксцентриситет лимба – это результат несовпадения центра вращения лимба с точкой пересечения продолженных штрихов лимба.

Уменьшение влияния эксцентриситета лимба достигается одновременным взятием диаметрально противоположных отсчетов по лимбу (двустороннее отсчетное приспособление) или работой на разных участках лимба в разных приемах (перестановка лимба для односторонних и двусторонних отсчетных приспособлений).

При исследовании эксцентриситета горизонтального круга положение алидады остается неизменным, а круг (лимб) переставляется через 30° или 45°. Наведения выполняются на две марки, расположенные по обе стороны от теодолита (через 180°) при одном положении вертикального круга.

Используя полученные измерения значений угла, составляют разности для каждой установки круга:

$$v_1 = \varphi_i - 180°, \qquad (7.9)$$

где φ_i – величина измеренного угла.

Изменение разностей v_1, в зависимости от установки лимба, свидетельствует о наличии эксцентриситета горизонтального круга.

Все теодолиты имеют большую или меньшую погрешность центрирования вертикальной осевой системы. Поэтому отсчитанные по лимбу значения искажены влиянием практически всех элементов эксцентриситета, включая влияние качки вертикальной оси, из-за которой алидада может смещаться относительно центра деления лимба. В то же время в современных теодолитах эксцентриситеты, как правило, имеют незначительную величину.

7.4. Рен отсчетных приспособлений теодолитов

Несоответствие длины деления лимба длине шкалы микроскопа или микроскопа-микрометра называется *реном отсчетной системы*, величина которого зависит от увеличения микроскопа и эксцентриситетов алидады и круга. При исследовании рена производится сопоставление шкалы отсчетного приспособления с делениями лимбов, расположенными через 30°. Постоянная величина рена свидетельствует о недостаточном или избыточном увеличении микроскопа, которое может быть отрегулировано в специализированной мастер-

ской. Изменяющийся рен – следствие эксцентриситета, превышающего допустимую величину (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Некоторые нормативные метрологические характеристики теодолитов

Характеристика	Тип теодолита			
	Т2	Т5	Т15	Т30
Коллимационная погрешность, с	5	15	30	60
Погрешность хода фокусирующей линзы, с	2	3	6	20
Место зенита (место нуля) вертикального круга, с	10	15	60	120
Угловой эксцент алидады, с	30	30	30	30

Из вышеизложенного следует, что устранение рена отсчетной системы – достаточно сложная операция, не выполнимая в полевых условиях. Однако, если обстоятельства вынуждают использовать прибор, имеющий рены, то следует вводить поправки в отсчеты или иметь в виду, что точность измерения углов снизится приблизительно на величину рена.

На этом завершим рассмотрение основных инструментальных погрешностей теодолитов.

За пределами данного обзора осталась большая группа возможных неисправностей теодолитов, которые также ухудшают точность измерения углов либо делают прибор полностью непригодным к измерениям, например, разрушение или смещение деталей оптических систем, неисправности микрометренно-зажимных механизмов и т. д. Влияние такого рода неисправностей на точность измерения углов не может быть устранено методикой измерений, т. е. необходим ремонт прибора.

7.5. Инструментальные погрешности нивелиров

Гарантией безошибочного определения превышения между двумя точками с помощью оптико-механических нивелиров (в пределах паспортной точности) является горизонтальность визирной оси трубы и постоянство высоты прибора во время отсчитывания по рейкам.

Горизонтальность визирной оси обеспечивается при выполнении следующих технических требований, предъявляемых к нивелирам:

угол *i* нивелира (проекция на отвесную плоскость угла между визирной осью зрительной трубы и горизонтальной линией) должен быть не более 10" при температуре 20° +2 °С;

при изменении температуры на 1°С изменение угла *i* нивелира должно быть не более 0",5 – для высокоточных, 0",8 – для точных и 1" – для технических нивелиров;

у нивелиров с компенсаторами характеристики компенсатора должны соответствовать указанным в табл. 7.2.

Исправление (юстировка) угла *i* выполняют путем изменения угла наклона ампулы уровня либо перемещением сетки нитей по вертикали (для нивелиров с компенсатором). Следует также помнить, что при соблюдении условия равенства расстояний от нивелира до реек (равноплечие) негоризонтальность визирной оси не влияет на точность определения превышения. Поэтому при выполнении высокоточного нивелирования (I, II, III классы) регламентируется строгое соблюдение условия равноплечия.

Таблица 7.2

Нормативные характеристики компенсаторов нивелиров (для приборов производства России)

Характеристика	Группа нивелиров		
	высокоточные	точные	технические
Диапазон работы компенсатора, не менее	± 8′	± 15′	± 30′
Систематическая погрешность работы компенсатора на 1′ наклона оси нивелира (погрешность недокомпенсации), не более	+ 0″,05	+ 0″,3	+ 0″,5
Время затухания колебаний подвесной системы, с, не более	2	2	2

Исправление (юстировка) угла *i* выполняют путем изменения угла наклона ампулы уровня либо перемещением сетки нитей по вертикали (для нивелиров с компенсатором). Следует также помнить, что при соблюдении условия равенства расстояний от нивелира до реек (равноплечие) негоризонтальность визирной оси не влияет на точность определения превышения. Поэтому при выполнении высокоточного нивелирования (I, II, III классы) регламентируется строгое соблюдение условия равноплечия.

Основные характеристики наиболее распространенных на маркшейдерских работах оптико-механических приборов приведены в табл. 7.3 – 7.4.

Таблица 7.3

Основные технические характеристики теодолитов

Тип прибора	Фирма-изготовитель	Увеличение трубы, крат	СКП гориз. углы / верт. углы	Тип отсчетного приспособления, (ОП)	Цена деления шкалы, ОП	Цена деления уровня при алидаде, с	Масса без футляра, кг
4Т30П	УОМЗ, Россия	20	20/30	Шкаловый микроскоп	5′	45	2,2
4Т15П	То же	20	15/30	Оптический микрометр	10″	45	2,4
3Т5КП	– // –	30	5/5	Шкаловый микроскоп	1′	30	4,3
3Т2КП	– // –	30	2/2,4	Оптический микрометр (двухстор.)	1″	15	4,7
Theo 080	Карл Цейс, Германия	18	20/25	Штриховой микроскоп	5′	45″	2
Theo 020B	То же	30	3/3	Шкаловый микроскоп	1′	30″	4,5
Theo 015B	– // –	30	2,5/2,5	Оптический микрометр (одностор.)	6″	30″	4,8
Theo 010B	– // –	30	1/1	Оптический микрометр (двухстор.)	1″	15″	4,8
TM 20H	Sokkia, Япония	–	20/25	Шкаловый микроскоп	5′	–	3
TM6	То же	–	6/6	Оптический микрометр (одностор.)	–	–	4,6
TM1A	– // –	–	1/1	Оптический микрометр (двухстор.)	1″	–	5,0
Ada Prof X2/X6	Китай	30	2/6	Оптический микрометр (двухсторон)	1″	30″	4,3
Ada Prof X15	Китай	28	15/15	Шкаловый микрометр	1′	30″	3

Таблица 7.4

Основные технические характеристики нивелиров

Тип нивелира	Фирма-изготовитель	Увеличение трубы, крат	СКП на 1 км двойного хода, мм	Диапазон, чувствительность компенсатора, мин, с	Масса нивелира, кг
2Н-10КЛ	УОМЗ, Россия	22	5	±30, 1	1,4
3Н-5Л	То же	20	5	Уровень	1,2
3Н-3КЛ	– // –	22	3	±15/0,5	1,3
4Н-2КЛ	– // –	30	1,5	±15/0,5	1,8
Н-05	Россия	42	0,5	Уровень	6
FG-040	Германия	25	2,5	±30/1	1,6
FG-L100	– // –	32	1	±10/0,5	2,0
FG-007	– // –	32	0,5	±10/0,5	2,2
FG-005	– // –	35	0,7	±10/0,3	2,2
L232	Trimble Германия	32	1	±10/0,3	1,6
C410	Sokkia, Япония	20	2,5	±15/0,5	1,0
C320	То же	24	2,0	±10/0,5	1,8
C300	– // –	28	2,0	±10/0,5	1,8
B200	– // –	32	0,8	±15/0,3	1,85

Стоимость оптико–механических приборов, как правило, ниже их электронных аналогов, поэтому их производство продолжается, и при небольших объемах полевых работ оптико-механические приборы остаются актуальными и в современных условиях.

8. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ТАХЕОМЕТРЫ

Для тахеометрической съемки открытых горных разработок могут быть использованы теодолиты, сетки нитей которых имеют дальномерные штрихи, электронные тахеометры либо номограммные тахеометры.

В настоящее время номограммные тахеометры не производятся, но информация об этих приборах для основных маркшейдерских измерений при открытой разработке месторождений полезных ископаемых может представлять определенный интерес.

Номограммные тахеометры отличаются от теодолитов тем, что позволяют отсчитывать по рейке горизонтальные проложения и превышения. Непосредственное определение горизонтальных расстояний и превышений обусловлено автоматически и закономерно изменяющимся расстоянием между дальномерными и высотомерными штрихами при вращении зрительной трубы.

Расстояния между штрихами можно изменять различными путями, например, с помощью специальных кулачков, кинематически связанных с осью вращения трубы (RTa 4 «Оптон» Германия). Наибольшее распространение получили устройства в виде дополнительного вертикального круга с номограммными кривыми, неподвижно закрепленного в подставке зрительной трубы. Изображение номограммных кривых, коэффициентов дальномера и высотомера передается в поле зрения трубы (рис. 8.1).

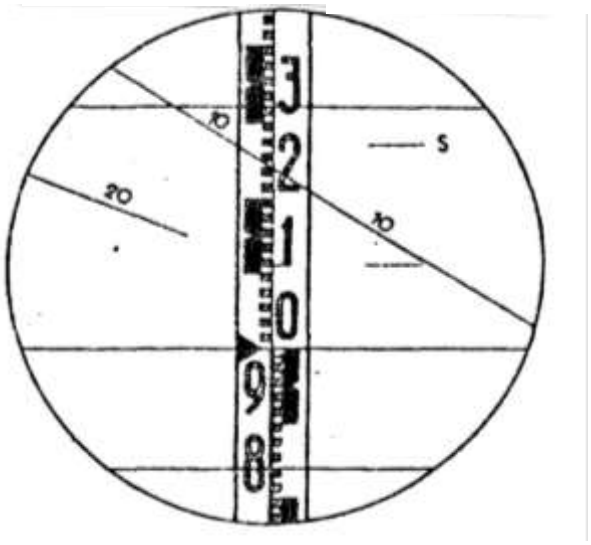


Рис. 8.1. Поле зрения зрительной трубы тахеометра ТаН

Маркшейдерские службы многих горнодобывающих предприятий России оснащены номограммными тахеометрами германского и отечественного производства, принципиальное устройство и точностные характеристики которых близки: 2ТН, ТаН (Уральский оптико-механический завод); Dalta O1OA, Dalta 010B (Германия).

Отечественные тахеометры 2ТН и ТаН разработаны на базе теодолита 2Т5К. Средняя квадратическая погрешность измерения расстояний и превышений во многом зависит от используемого коэффициента номограмм и составляет:

для расстояния, равного 100 м при использовании коэффициента K_S = 100 – 0,1 м (1:1000), K_S = 200 – 0,25 м (1:400);

для превышения точки, удаленной на 100 м, при

K_h = 10 – 0,03 м (α = 0°…9°), K_h = 20 – 0,06 (α = 5°…11°),

K_h = 50 – 0,12 м (α = 11°…26°), K_h = 100 – 0,2 м (26°…45°).

В тахеометре ТаН кривые горизонтальных проложений (100 и 200) расположены по обе стороны от основной окружности. Кривая с K_S = 200 расположена у нижнего края поля зрения (рис. 8.2).

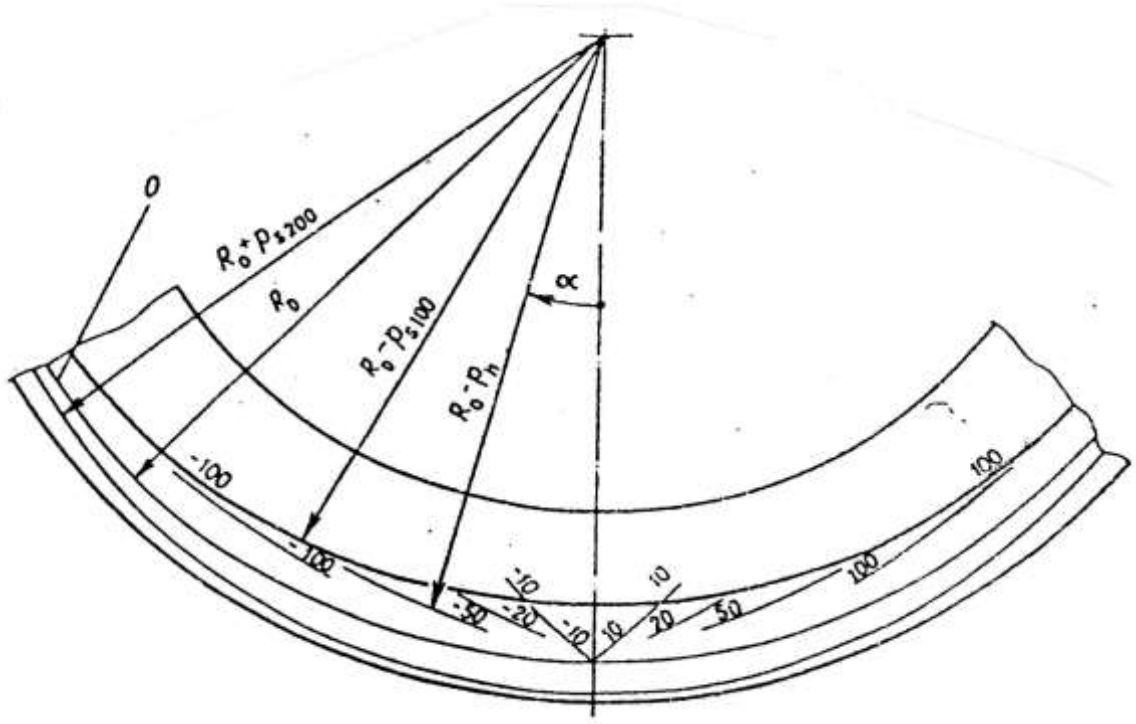


Рис. 8.2. Номограммный круг (ТаН)

Кривые превышений подписаны соответствующей цифрой значения коэффициента как для положительных, так и для отрицательных углов наклона.

При измерении горизонтального проложения или превышения сначала совмещают основную окружность с нулевой меткой рейки (высотой инструмента), после чего берут отсчет по рейке, используя ту или иную номограммную кривую.

Результатом измерения является произведение отсчета на коэффициент данной кривой.

Подготовка номограммных приборов заключается в следующем:

Определяют коэффициенты кривых по формулам:

$$K_S = K_{S_0}\frac{S_0}{S}; \quad K_h = K_{h_0}\frac{h_0}{h}, \tag{8.1}$$

где K_{S_0} = 100 и 200 – номинальные значения коэффициентов кривых горизонтальных проложений; K_{h_0} = + 10; + 50; + 100 – номинальные значения коэффициентов кривых превышений; S_0 и h_0 – точные (эта-

лонные) значения горизонтального проложения и превышения, определенные с погрешностями m_S/S = 1/3000; m_h = 3 мм; S и h – значения, измеренные по номограмме.

Базисы выбираются так, чтобы S = 60... 100 м; $\alpha \geq 3...5$.

Относительные погрешности определения K_S и K_h не должны превышать 0,1 %.

Таблица 8.1

Основные технические характеристики номограммных тахеометров

Тип тахеометра	Фирма-изготовитель, страна	Увеличение трубы, крат	СКП гор. проложения	СКП превышения при $\alpha<10°$	Отсчеты приспособления, ОП	Цена деления шкалы ОП, с	Цена деления уровня на 2 мм, с	Диапазон и погрешность компенсатора	Масса без футляра, кг
ТаН	УОМЗ, Россия	27	100 мм на 100 м	50 мм на 100 м	Шкаловый микроскоп	60	30	3'/2"	4
Dhalta 010B	Карл Цейсс, Германия	25	То же	50 мм на 100 м	То же	60	30	4'/1"	4,9

Электронные тахеометры, сканеры и спутниковые системы являются более производительными средствами измерений, чем номограммные тахеометры и теодолиты, поэтому более широко применяются, в том числе маркшейдерами на современных горных предприятиях, несмотря на их сравнительно высокую стоимость.

9. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ГИРОТЕОДОЛИТЫ

9.1. Принцип работы гиротеодолитов

Гироскопические теодолиты служат для автономного определения азимутов направлений на земной поверхности и в подземных горных выработках. Конструктивно гиротеодолит является угломерным прибором, в котором объединены гироскоп как датчик направления меридиана и теодолит.

Большинство моделей гиротеодолитов, применяемых при геодезических и маркшейдерских работах, оснащены трехстепенными

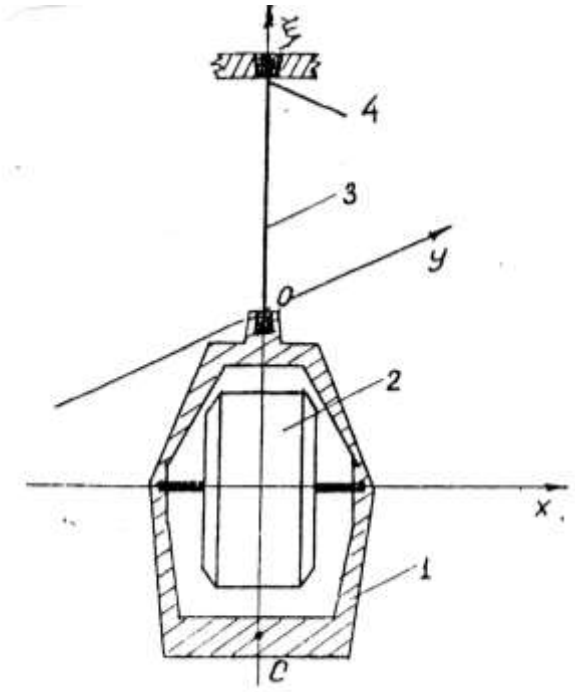


Рис. 9.1. Маятниковый гироскоп с торсионным подвесом чувствительного элемента (ЧЭ):
1 – ротор (гиромотор); *2* – вакуумированная гирокамера; *3* – торсион (металлическая лента); *4* – верхний зажим торсиона (вращающийся)

маятниковыми гироскопами. При современном уровне развития приборостроения лишь эта схема допускает создание гиротеодолитов высокой точности.

Все без исключения модели гиротеодолитов, получившие практическое применение, имеют в своем составе механические гироскопы. Под механическим гироскопом с тремя степенями свободы понимают массивное быстро вращающееся вокруг центральной оси симметрии (главной оси *X*) тело (ротор), которое обладает возможностью одновременно поворачиваться вокруг двух других осей – оси чувствительности (*У*) и оси прецессии (ξ) (рис. 9.1). Все три оси гироскопа располагаются взаимно перпендикулярно.

Ротором механического гироскопа в современных гиротеодолитах, как правило, служит ротор специального электрического двигателя переменного или постоянного тока (гиромотор).

Технические устройства, обеспечивающие свободу вращения ротора вокруг осей прецессии и чувствительности, составляют систему подвеса гироскопа. В гироскопах могут быть применены разнообразные по конструкции подвесы (например, карданов, жидкостный, электромагнитный, торсионный). Наибольшее распространение получил торсионный подвес гироскопа. Гирокамера *1* (см. рис. 9.1) с жестко укрепленным внутри нее гиромотором *2* подвешена на тонкой металлической ленточке *3* (торсионе), совмещенной при рабочем положении инструмента с вертикальной осью вращения угломерной части.

Точкой подвеса, вокруг которой происходит вращение гироскопа под действием внешних сил, является точка 0 закрепления нижнего конца торсионной ленты в теле гирокамеры.

Центр тяжести чувствительного элемента в трехстепенных гирокомпасах, снабженных торсионным подвесом, располагается ниже точки подвеса, в результате чего главная ось гироскопа (*X*) приобретает постоянное стремление занимать горизонтальное положение. Такие гироскопы называются маятниковыми.

Будучи установленным на поверхности Земли, маятниковый гироскоп работает в режиме гироскопического компаса, главная ось которого независимо от своего первоначального положения начинает двигаться в сторону плоскости меридиана и, стремясь совместиться с этой плоскостью, совершает относительно ее колебания.

В основе действия гироскопических приборов лежат свойства трехстепенного гироскопа, которые заключаются в его способности сохранять неизменным направление своей главной оси в мировом пространстве и поворачиваться (прецессировать) под действием внешних сил вокруг точки подвеса в направлении, определенном суммарным вектором внешних сил, повернутым на 90° в сторону собственного вращения ротора. *Установленный на поверхности Земли маятниковый гироскоп, реагируя на суточное вращение плоскости горизонта в мировом пространстве, совершает азимутальное прецессионное движение, направленное в начальный момент в сторону плоскости меридиана.* Для наблюдателя, также участвующего в суточном вращении Земли, это прецессионное движение гироскопа будет суммироваться с суточным вращением плоскостей меридиана к горизонту, в результате чего видимое движение конца главной оси гироскопа будет происходить по эллипсу, малая ось которого совмещена с плоскостью меридиана, а большая расположена в плоскости, наклоненной к плоскости горизонта на некоторый малый угол $\beta_{комп}$, называемый компенсирующим углом (угол наклона главной оси, при котором прецессия маятникового гироскопа по азимуту равна скорости суточного вращения плоскости меридиана).

Ось симметрии вынужденных колебаний, которые совершает в своем видимом движении гироскоп с быстро вращающимся ротором, определяет положение динамического равновесия главной оси гироскопа *X*, совпадающее с плоскостью меридиана.

Если соединить в одном инструменте маятниковый гироскоп и теодолит, то, проецируя каким-либо образом на горизонтальный круг теодолита крайние точки 1 и 2 вынужденных колебаний главной оси (точки реверсии), можно определить отсчет *N*, соответствующий

проекции положения динамического равновесия главной оси гироскопа на горизонтальный круг (рис. 9.2).

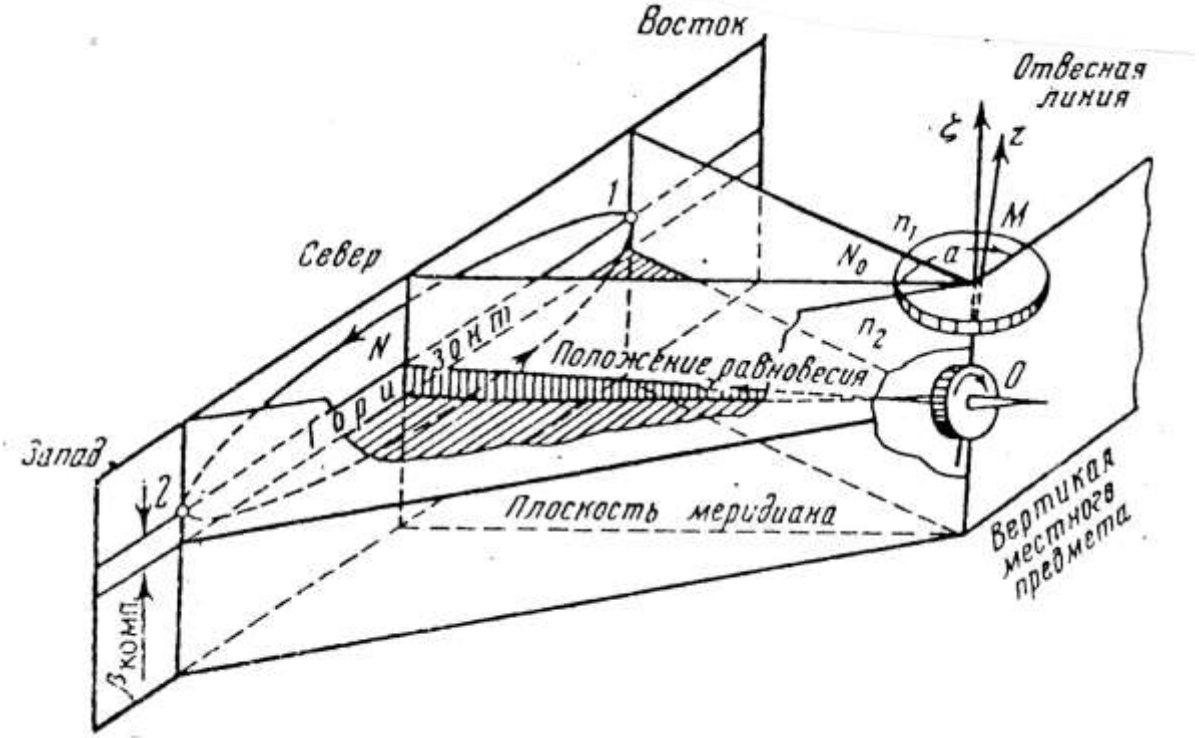


Рис. 9.2. Схема определения положения динамического равновесия главной оси гироскопа

Из наблюдений гиротеодолитом получают астрономический азимут, отнесенный к поверхности Земли, так как в основе действия такого прибора лежат суточное вращение плоскости горизонта, положение которой определяется направлением отвесной линии к точке наблюдений, и момент силы тяжести.

9.2. Принципиальная схема устройства гиротеодолита с маятниковым гироскопом

В комплект гироскопического теодолита, как правило, входят:

– съемный гироблок – чувствительный элемент (гироскоп) с системами подвеса, центрирования, токопровода, слежения, арретирования, магнитной защиты и кожуха взрывобезопасной защиты;

– угломерная часть с элементами следящей системы;

– блок питания с системами преобразования электроэнергии;

– штатив и соединительные кабели.

На рис. 9.3 показана принципиальная схема устройства гиротеодолитов МВТ2, МВТ4, Ги-Б2, Giroma + 300.

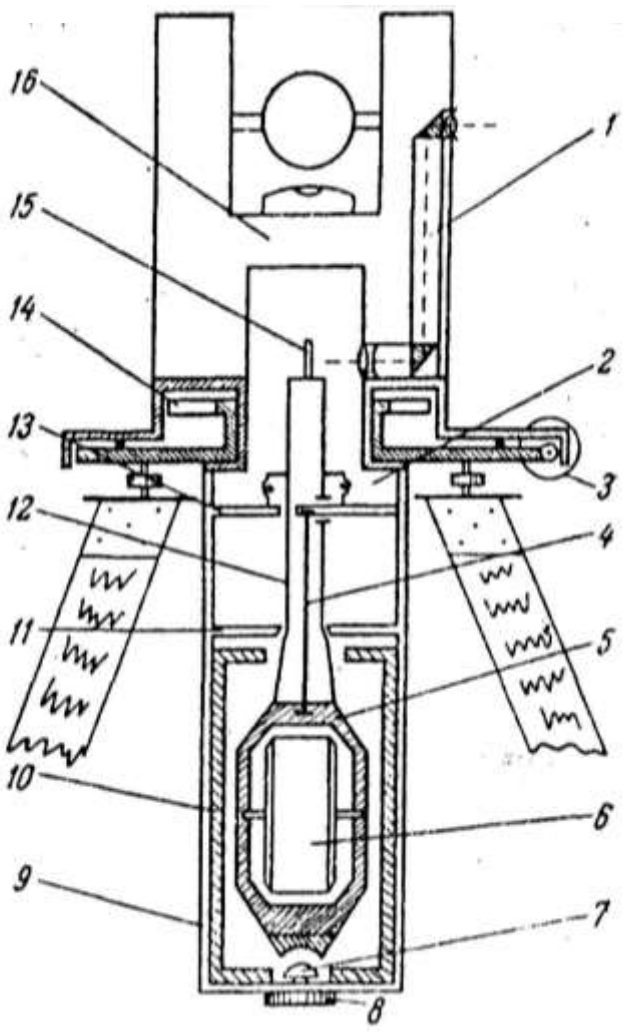


Рис. 9.3. Принципиальная схема устройства гиротеодолита
с маятниковым гироскопом

Для подвеса ЧЭ *5* и его центрирования относительно вертикальной оси вращения алидады угломерной части *16* прибора используется торсионная лента *4*. Подвод трехфазного тока к гиромотору 6 производится по двум источникам токопровода *2* и торсиону. Для наблюдения за движением чувствительного элемента и проектирования на горизонтальный круг *14* реверсионных точек его вынужденных колебаний служит следящая система, которая включает: автоколлиматор *1* и зеркало *15*, прочно укрепленное на штанге ЧЭ. ЧЭ размещен внутри гироблока, корпус *9* которого крепится винтами к корпусу алидады угломерной части. В прилив *13* корпуса гиробло-

ка вмонтированы концы ленточных токопроводов и верхний конец торсионной ленты.

Как и всякий гироскопический прибор, гиротеодолит должен иметь арретирующее устройство. Это устройство необходимо для скрепления ЧЭ с корпусом гироблока после окончания наблюдений. В схеме, изображенной на рис. 9.3, арретир имеет маховик *8* и шток *7* с грибообразной головкой. При вращении маховика шток арретира поднимается вверх ЧЭ, приподнимает его к опорному кольцу *11* корпуса гироблока.

Если во время вынужденных азимутальных колебаний ЧЭ алидада прибора будет оставаться неподвижной, то эти колебания будут сопровождаться закручиванием торсионной ленты и ленточных токопроводов, что исказит показания гиротеодолита и может неблагоприятно отразиться на механической прочности торсиона и токопроводов. Поэтому оператор, наблюдая через окуляр автоколлиматора отраженные от зеркала чувствительного элемента изображения штрихов шкалы автоколлиматора, синхронно с азимутальным движением ЧЭ поворачивает с помощью редуктора червячной передачи алидаду угломерной части, а вместе с ней корпус гироблока. Вместе с корпусом гироблока будут поворачиваться связанные с ним концы токопроводов и верхний зажим торсионной ленты, предотвращая тем самым их закручивание при вращении ЧЭ. При гироскопическом ориентировании (определении азимута стороны маркшейдерского опорного обоснования) отсчитывают по горизонтальному кругу положение проекции *n* 1 и *n* 2 на горизонтальный круг точек 1 и 2 (см. рис. 9.2) реверсий ЧЭ. По ним вычисляют отсчет N_O положения динамического равновесия ЧЭ, соответствующего направлению меридиана.



Рис. 9.4 Gyromat-3000 (Германия)

Современные модели гиротеодолитов имеют специальную систему сопровождения, автоматически поворачивающую зажимы торсионной ленты и токопроводов синхронно с азимутальным движением ЧЭ. Для большинства современных зарубежных гиротеодолитов предусмотрена сравнительно точная (не более 2º...4°) предварительная

установка основной оси гироскопа в северном направлении. При этом определение положения динамического равновесия ЧЭ производится автоматически, например, фиксированием точки, которой соответствует максимальная скорость прецессии ЧЭ.

В России для маркшейдерских работ на шахтах и объектах подземного строительства наибольшее применение нашли венгерские теодолиты ГИ-Б2, ГИ-БЗ и отечественные маркшейдерские гиротеодолиты во взрывоопасном исполнении МВТ2, МВТ4, МВБ4, Меридиан 1М, основные технические характеристики которых приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Основные технические характеристики гиротеодолитов

Характеристики	МВТ2 (1966)	МВТ4 (1974)	Меридиан 1М (1986)	НГВ-2 (насадка) (1995)	GPJ-2A Sokkia (2001)	Gyromat-3000 (2011)
Средняя квад. ошибка измерения определения гироскопического азимута 1-м пуском (4 точки реверсии) на широте 60º, секунда	30	30	20	30	20	3
Продолжительность пуска, мин	15…20	10...15	10…15	10…15	8	10…2
Масса комплекта в рабочем состоянии, кг	33	27,5	25	17 (с теодолитом)	13,8 (без теодолита)	11.5 (без теодолита)

Современные полностью автоматизированные гиротеодолиты для маркшейдерских работ представлены ограниченным количеством модификаций приборов. Среди них Gyromat-2000, Gyromat-3000 (Германия (рис. 9.4)), GPJ-2A (Sokkia, Япония).

Отечественные маркшейдерские гиротеодолиты конструировались в лабораториях института ВНИМИ (С.- Петербург) и выпускались на его опытном заводе.

10. ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ

Применяемые для маркшейдерско-геодезических измерений светодальномеры, радиодальномеры, акустические дальномеры относятся к типу электронных средств измерений. В данном разделе рассмотрены общие теоретические вопросы, устройство и принцип действия отдельных дальномеров, наиболее удовлетворяющих требованиям маркшейдерских измерений. Значительное место уделено теории импульсных сигналов, которые применяются в современных электронных дальномерных приборах. Приведены примеры структурного построения дальномеров с непериодическим и периодическим режимом излучения сигнала. Проанализированы основные причины образования ряда систематических и случайных погрешностей измерений.

10.1. Измерительные сигналы дальномеров

Для измерений дальности в маркшейдерских и геодезических приборах используется свойство некоторых видов энергии распространяться в однородной среде с относительно постоянной скоростью и отражаться от встречных объектов. К таким видам энергии относят электромагнитные и акустические волны. В технической литературе данный метод измерений принято называть локационным (location – местонахождение).

К локационным средствам измерений могут быть отнесены и глобальные позиционные спутниковые системы (GPS) (Приложение 1). В данном пособии их устройство и технические возможности подробно не рассматриваются.

При локационном методе измерения дальность определяется по времени запаздывания (задержки) отраженного сигнала относительно излучаемого (опорного) сигнала.

Сигналом в общем понимании этого определения называют материальный носитель информации, представляющий собой некоторый физический процесс, один из параметров которого функционально связан с измеряемой физической величиной. Такой параметр называют информативным.

Измерительный сигнал – это сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине. Сигналом в дальномерных приборах может служить любой вид энергии,

имеющей свойство распространяться в пространстве, временные параметры которой известны или изменяются во времени по известному закону и могут быть использованы для измерения времени распространения данной энергии в пространстве. Измерительные сигналы делят на аналоговые, дискретные и цифровые. Аналоговые и дискретные сигналы широко используют в дальномерных приборах – цифровые в кодовых угломерных устройствах, в электронных уровнях электронных тахеометров.

Аналоговый сигнал – это сигнал, описываемый непрерывной или кусочно-непрерывной функцией, причём её аргумент t может принимать любое значение на заданном интервале от $t_{\min}$ до $t_{\max}$. Примером может служить кривая зависимости пройденного пути $L(t) = V_{\text{р}} \cdot t$ за время t равномерно движущимся телом (излучаемой энергией) с постоянной скоростью распространения $V_{\text{р}}$ (рис. 10.1).

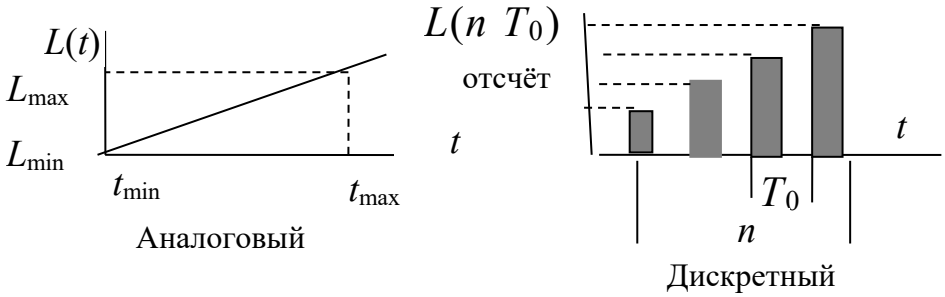


Рис. 10.1. Виды сигналов

Дискретный сигнал – это сигнал, дискретно изменяющийся во времени. Он может принимать в дискретные моменты времени $n \cdot T_0$, где $T_0 = \text{const}$ – интервал (период) дискретизации, $n = 0; 1; 2,\ldots$ целое, любые значения $L(n\,T_0)$, называемые ***отсчётами* (*выборками*)**.

Следует заметить, что в технической литературе приборы, в которых применяют дискретные сигналы, часто для отличия их от аналоговых называют цифровыми.

Переменный сигнал – это сигнал, параметры которого изменяются во времени. Переменные сигналы могут быть непрерывными во времени и импульсными.

Самым распространенным видом переменного сигнала является гармоническое (синусоидальное) колебание $U(t) = U_m\,(\sin\omega t + \varphi_0)$, которое при постоянном значении круговой (угловой) частоты $\omega = \text{const}$ приобретает свойство периодического сигнала.

Импульсный сигнал – это сигнал конечной энергии, существенно отличный от нуля в течение ограниченного интервала времени длительности импульса $\tau_и$ (рис. 10.2).

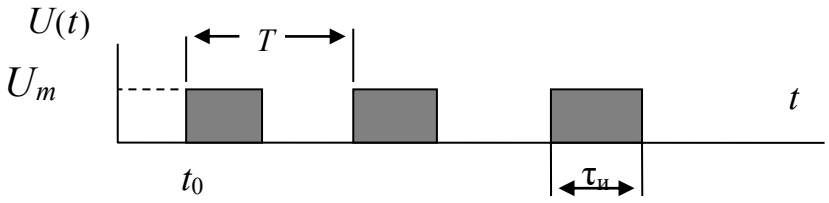


Рис. 10.2. Импульсный периодический сигнал

Идеальный прямоугольный импульс сигнала описывается уравнением

$$U(t) = U_m\,[1(t - t_0) - 1(t - t_0 - \tau_и)].$$

Импульсный периодический сигнал есть сумма одиночных прямоугольных импульсов:

$$U(t) = \sum_{k=0}^{\infty} U_m\,[1(t - nT) - 1(t - nT - \tau_и)],$$

мгновенные значения которых повторяются через постоянный интервал времени (период $T = \text{const}$).

Непериодический (апериодический) **сигнал** – сигнал с ненормированным значением периода (период $T \neq \text{const}$).

10.2. Измерение дальности

Отличие термина «дальность» от термина «расстояние» состоит в том, что расстояние – это длина между условной точкой дальномера, принятой за начало отсчёта, и объектом измерения. Для перехода от дальности к расстоянию необходимо в результат измерений внести поправки за систематические погрешности, геометрические параметры, зависящие от конструкции конкретного прибора. В общей теории, рассматривающей теоретические вопросы измерения расстояний, чаще используют термин «дальность».

В дальномерах основным параметром для определения дальности является время задержки сигнала $\tau_з = t_к - t_0$, затраченное на прохождение его по трассе измерения (рис. 10.3).

Время задержки с учетом двойного пути прохождения сигнала до объекта съемки и обратно

$$\tau_3 = \frac{2L}{V_\text{р}} = t_\text{к} - t_0, \qquad (10.1)$$

где $V_\text{р}$ – скорость распространения сигнала; L – длина пути, пройденная сигналом; t_0 – время регистрации момента начала излучения сигнала передатчиком; $t_\text{к}$ – время регистрации момента возврата в приемник отраженного сигнала от объекта измерения. Измерение временных моментов $t_\text{к}$ и t_0 относится к основным операциям измерений в дальномерах.

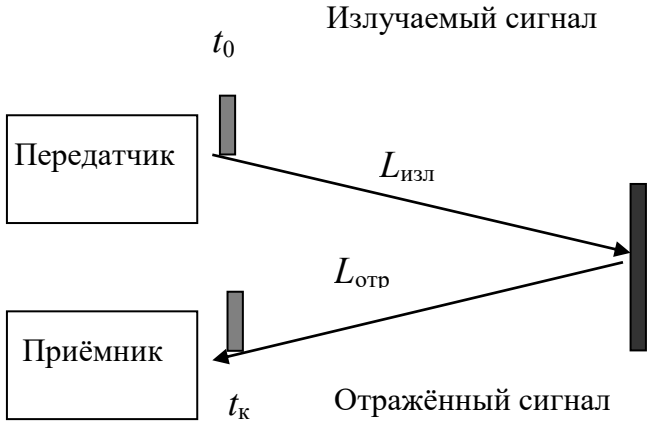


Рис. 10.3. Структурная схема локационного дальномера

Интервалу $\tau_з = t_к - t_0$ на основании (10.1) однозначно соответствует дальность:

$$L = 0{,}5 V_\text{р} \tau_3 . \qquad (10.2)$$

Скорость распространения сигнала в пространстве $V_\text{р}$ зависит от типа носителя («несущей»), то есть от вида применяемой энергии. Электромагнитные волны распространяются со скоростью $V_\text{р} = V_\text{с} \approx 299792458$ м/с. Скорость распространения акустических (звуковых, ультразвуковых) волн в воздушной среде $V_\text{р} = V_\text{ак} \approx$ ≈ 331 м/с.

По виду применяемой энергии дальномеры делят на светодальномеры (лазерные дальномеры), радиодальномеры, акустические дальномеры (эхолокаторы, эхолоты).

10.3. Светодальномеры и общие положения

Светодальномером стали называть первый дальномер с ламповым источником света академика А. А. Лебедева (1926), который имел точность порядка 2…3 м при дальности 3,5 км. В качестве источника света использовалась лампочка накаливания мощностью 4 Вт. Первоначально он предназначался для определения скорости света путём измерений известных длин. Идея измерения длин неизвестной величины с помощью света была очевидной. Однако внимание геодезистов из-за недостаточной точности данный светодальномер не привлёк. Первым светодальномером, с которого началась практическая реализация светодальномерных геодезических измерений, принято считать шведский геодиметр NASM-2 Э. Бергстранда (1949) с погрешностью измерений ± 2 см и дальностью до 40 км. Вскоре подобные приборы стали разрабатываться многими другими иностранными фирмами, отечественными предприятиями и институтами.

В 1968 г. Уральский оптико-механический завод (УОМЗ) приступил к серийному выпуску первых светодальномеров с полупроводниковым источником излучения КДГ-3, что расшифровывалось: «квантовый дальномер геодезический», открыв практически эпоху первых серийных отечественных **лазерных дальномеров** [1]. Одним из первых **цифровых дальномеров** можно назвать светодальномер 2СМ2 (1970) того же Уральского оптико-механического завода.

Название «цифровые» подчёркивало, что для измерений расстояний используется цифровая логика, цифровой метод обработки сигналов. Это было началом компьютеризации средств измерений расстояний. Развитие новой техники было столь стремительным, что возник определённый пробел в технической литературе по вопросам теории дальномерных систем. С поспешностью приспосабливалась теория фазовых методов измерений к лазерным дальномерам с импульсным режимом излучения, появились новые термины, определения: лазерные дальномеры, импульсные дальномеры, электронно-оптические, квантовые, инфракрасные, фазовые, безотражательные, диффузные, импульсно-фазовые, время-импульсные и т. д. – вот далеко не полный перечень наименований светодальномеров. В связи с возникшей неопределённостью в классификации данных средств

измерений, в данном учебном пособии за основу принята классификация из теории сигналов.

Теория сигналов [2] **делит все сигналы на два основных вида – непериодические (апериодические) и периодические.** Соответственно, и дальномеры по типу сигналов целесообразно разделить на два вида: **дальномеры с непериодическим сигналом** и **дальномеры с периодическим сигналом**.

10.4. Светодальномеры с непериодическим сигналом

Простейшим и самым распространенным видом такого сигнала является короткий одиночный световой импульс, излучаемый в течение короткого отрезка времени $\tau_и$. Дальномеры с данным видом сигнала называют **импульсными**.

Однако название **«импульсные»** не в достаточной мере отражает временные характеристики дальномеров данного класса. Более корректным будет название «моноимпульсные». «Моно» – в переводе с греческого – единственный. Необходимость замены термина «**импульсный»** на термин «**моноимпульсный»** заключается в том, что все современные светодальномеры с полупроводниковым источником излучения являются импульсными, включая и **фазовые.**

Отличаются они шкалой времени: в моноимпульсных дальномерах она является абсолютной, в импульсных с периодической последовательностью импульсов – периодической.

Принцип измерения дальности при моноимпульсном режиме излучения приведён на рис. 10.4.

Передатчик имеет лазерный (полупроводниковый) источник излучения, на который в момент t_0 подаётся электрический импульс $e(t)$, вызывающий генерацию (излучение) светового импульса $\Phi(t)_0$.

Отражённый от объекта измерения световой импульс $\Phi(t)_к$ поступает на фоточувствительный приёмник, где преобразуется в электрический импульс с временным моментом $t_к = t_0 + \tau_з$.

В дальномерном блоке последовательно фиксируются временные моменты t_0 и $t_к$, через которые определяется время задержки импульса $\tau_з = t_к - t_0$.

Основным принципом измерения дальности моноимпульсным дальномером (см. рис. 10.4, *а*) является однократное ручное включение передатчика в момент t_0 оператором. Повторное включение производится только после регистрации результата измерения.

В ряде дальномеров применяют режим периодического повторного включения $T_п >> \tau_м$, что уменьшает погрешность измерений путём вычисления среднего значения результатов измерений дальности и облегчает процесс измерений до движущегося объекта. В дальномерах с таким режимом измерений $T_п$ относится к управляющим, а не к измерительным сигналам.

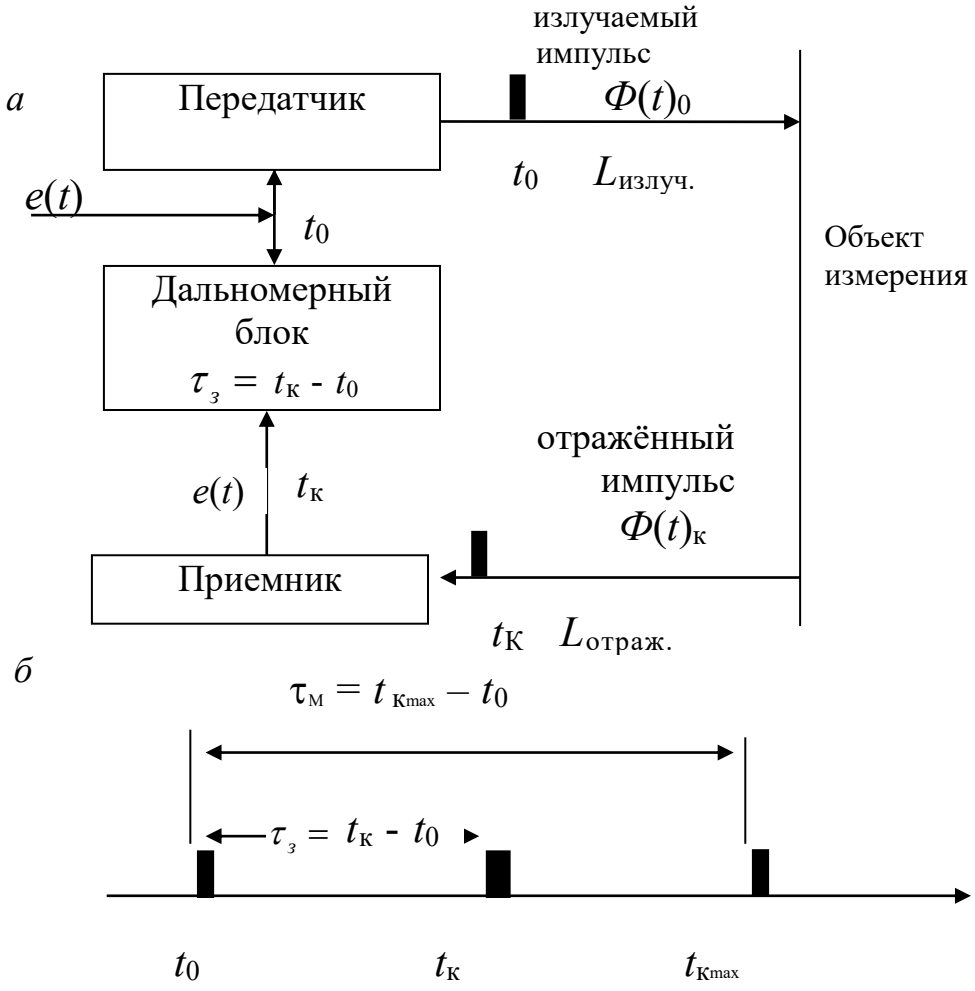


Рис. 10.4. Временное положение импульсов:
а – блок-схема дальномера; *б* – график зависимости времени задержки

Моноимпульсный дальномер является дальномером с абсолютной однозначностью результата измерения.

При моноимпульсном режиме измерения на оси времени t имеются только две точки временных моментов t_0 и t_K. Местоположение точки t_0 определяется моментом включения передатчика, излучающего импульс.

Положение точки $t_к$ зависит от степени удаленности объекта измерения от источника излучения.

В дальномерах предельная граница положения точки $t_{к\max}$ (см. рис. 10.4, *б*) определяется физической границей, за которой приемник не в состоянии обнаружить отраженный сигнал при имеющейся мощности излучения энергии передатчиком и чувствительности приемника.

Максимальной величине времени задержки $\tau_м = t_{к\max} - t_0$ соответствует максимальная дальность действия дальномера:

$$L_м = 0{,}5V \sum c\tau_м . \qquad (10.3)$$

Графическое изображение уравнения (10.3) есть прямая линия с углом наклона $\alpha = \operatorname{arctg} 0{,}5V_с$, проходящая через начало координат (рис. 10.5).

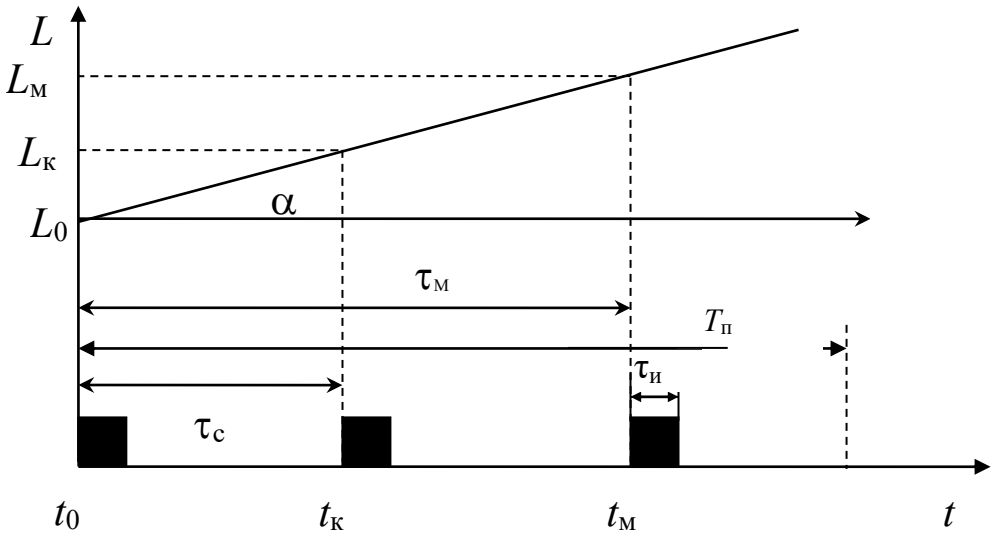


Рис. 10.5. Зависимость дальности от времени задержки

Дальномеры с апериодическим сигналом, как правило, имеют импульсную форму сигнала с длительностью импульса $\tau_и$ порядка $1\cdot10^{-9}$ с…$1\cdot10^{-10}$ с.

При импульсной форме сигнала (рис. 10.6) средняя мощность излучения

$$P_{ср} = \frac{1}{T_п}\int_0^{\tau_и} P_и\, dt = P_и \frac{\tau_и}{T_п}, \qquad (10.4)$$

где $\tau_и$ – длительность импульса; $P_и$ – импульсная (максимальная) мощность излучения; $T_п$ – период повторного излучения импульса.

При заданных значениях $T_п = 1$с, $P_{ср} = 1$ мВт (средняя мощность лазерных диодов) и $\tau_и = 1\cdot10^{-10}$ с импульсная мощность излучения

$$P_{и} = P_{ср} \cdot 10^{10} = 10^{7} \text{ Вт.}$$

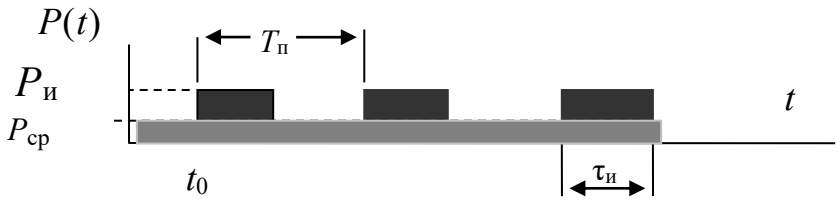


Рис. 10.6. Зависимость средней мощности импульсного сигнала от $\tau_{и}$ и $T_{п}$

Высокое значение импульсной мощности сигнала $P_{и}$ при малом значении $P_{ср}$ определяет основное назначение дальномеров с апериодическим сигналом – измерение расстояний большой дальности в безотражательном режиме до так называемых диффузных (естественных) поверхностей, имеющих малый коэффициент отражения по сравнению с призменными отражателями. Дальность действия дальномера зависит от мощности источника излучения. В грубом приближении дальность измерений до диффузных поверхностей $L_{м} \approx \sqrt[4]{P_{и}}\ k$ [3], где k – параметры, характеризующие оптическую систему, условия прохождения и отражения сигнала. Для увеличения дальности действия дальномера в 2 раза мощность должна быть увеличена в 16 раз.

Соответственно, малому значению средней мощности импульсного излучения соответствует малое значение средней мощности потребления передатчиком электрической энергии за счет снижения среднего значения потребляемого тока ($I_{ср} = I_{макс} \frac{\tau_{и}}{T_{п}}$), что важно для полевого прибора.

Выделим основное свойство дальномера с апериодическим сигналом: **моноимпульсный дальномер с апериодическим сигналом является дальномером однозначного измерения дальности в интервале от 0 до его максимальной дальности действия $L_{м}$.**

Конструктивно передатчик и приёмник сигнала располагают в одном корпусе, а оптическую схему разделяют на передающий и приёмный каналы.

Основное назначение **передающего канала** – формирование направленного излучения на измеряемый объект. В качестве источника излучения в современных светодальномерах применяют лазерный диод.

Лазерный диод является источником оптического излучения в диапазоне от $\lambda_{лаз} = 0{,}4$ мкм до $\lambda_{лаз} = 0{,}9$ мкм и выполняет роль носителя информации о временных параметрах измерительного сигнала.

В чистом полупроводнике количество свободных электронов и дырок одинаково. Однако концентрация их в чистом полупроводнике относительно небольшая. Отсутствуют при этом и неравновесные условия, так как число частиц на верхнем энергетическом уровне не может быть больше, чем на нижнем. Поэтому для создания неравновесных условий в полупроводник добавляют специальные примеси, которые обладают электронной или дырочной проводимостью. Эти примеси, добавленные в различные части полупроводника, образуют области проводимости, одна из которых называется ***областью электронной проводимости (n-область),*** а другая **– *областью дырочной проводимости* (*p*-область)**. Граница раздела (рис. 10.7) между двумя областями *p* и *n* называется «излучательным *p*-*n*-переходом».

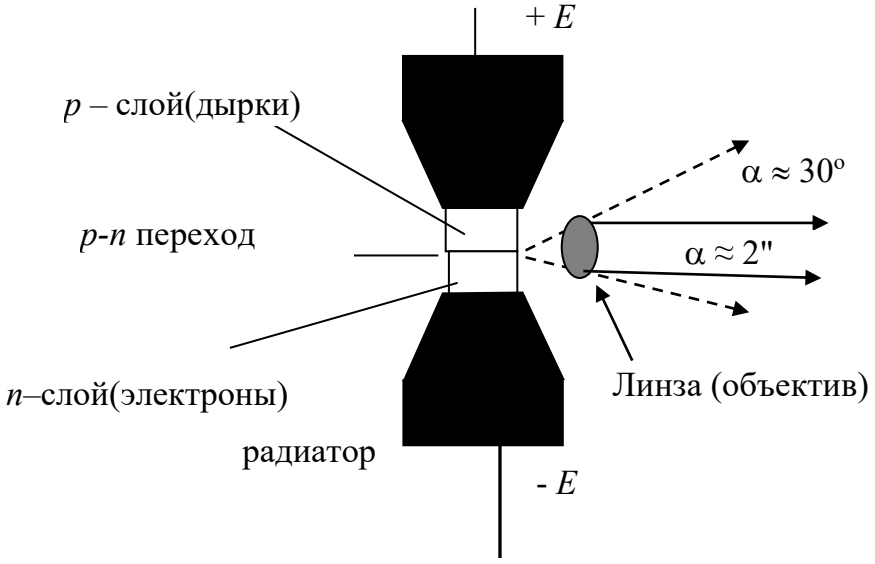


Рис. 10.7. Устройство лазерного диода с коллимирующей линзой

Толщина области перехода составляет единицы микрометров, что позволяет отнести полупроводниковый лазер к точечному источнику света. При пропускании через такой полупроводник электрического тока электроны и дырки двигаются навстречу друг другу. В области *p*-*n*-перехода они рекомбинируют, а освобождающаяся при этом энергия выделяется в виде квантов света.

При малом токе возбуждения (светодиоды) рекомбинирует небольшая часть носителей; этот процесс происходит хаотично, и излучение является некогерентным и немонохроматическим. При увели-

чении плотности тока до некоторого значения, при котором число фотонов, возникающих при рекомбинации, превышает число фотонов, которые поглощаются в веществе диода, излучение становится когерентным, ширина спектра излучения сужается и возрастает интенсивность. В качестве оптического резонатора, обеспечивающего лазерный режим излучения, используют отполированные грани *p-n*-перехода. При больших плотностях тока возникает опасность перегрева диода, в результате чего на лазерный диод подают короткие импульсы тока $e(t)$ (см. рис. 10.4), среднее значение которого не превышает порог допустимого уровня. Это позволяет увеличить импульсную мощность светового потока, которая определяет не только дальность действия дальномера, но и точность измерений. Основным недостатком лазерного диода является большой угол расходимости луча α, который устраняется применением коллимирующей линзы.

На рис. 10.8 представлена наиболее распространённая электрическая **схема формирования мощного импульсного излучения** лазерного диода, за счёт накопления электрического потенциала на конденсаторе *C*.

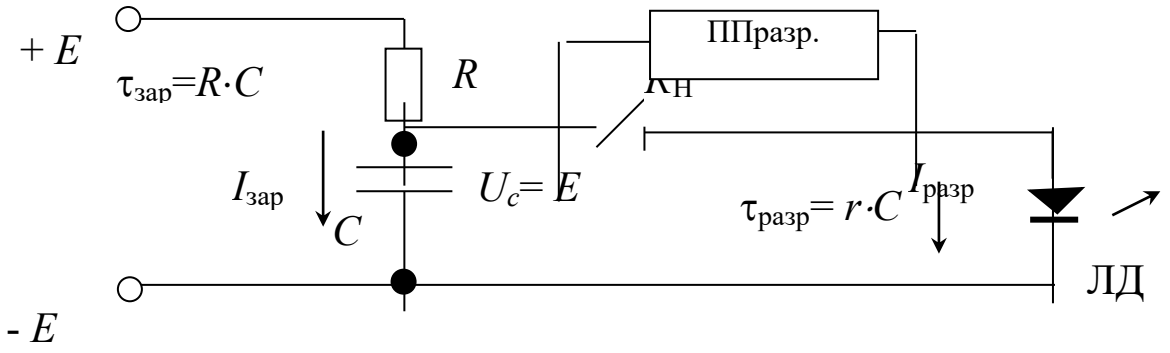


Рис. 10.8. Схема формирования импульсного излучения лазерного диода

Блок питания лазера состоит из источника ЭДС *E*, сопротивления *R* и конденсатора *C*. Сопротивление *R* и конденсатор *C* образуют времязарядную цепь с постоянной времени заряда $\tau_{зар} = R \cdot C$. Для упрощения временных диаграмм на рис. 10.9 не показаны направления токов.

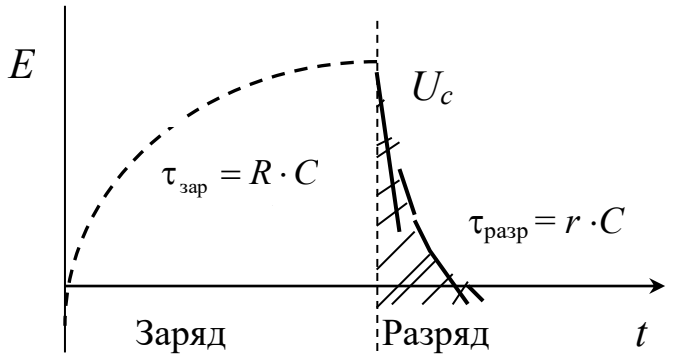


Рис. 10.9. Временная диаграмма формирования мощных импульсов тока

При достижении величины напряжения на конденсаторе C $U_c = E$ заряд прекращается. Нажатием кнопки $K_н$ (или автоматическим включением полупроводникового разрядника $ПП_{разр.}$) конденсатор C разряжается через внутреннее сопротивление лазерного диода r за время разряда $\tau_{разр} = r \cdot C$. Внутреннее сопротивление лазерного диода $r \approx 1$ Ом. При $C = 0{,}01$ мкф $\tau_{разр} = 10^{-8}$ с. Время заряда конденсатора C $\tau_{зар} = R \cdot C$, при $C = 0{,}01$ мкф и $R = 100$ кОм $\tau_{зар} = 10^{-3}$ с. При протекании через лазерный диод со средней мощностью $P_{ср} = 100$ мВт мощного импульса тока разряда $I_{разр} = Uc/r = 100$ В/1 Ом $= 100$ А, импульсная мощность излучения

$$P_и = P_{ср} \frac{\tau_{зар}}{\tau_{разр}} = P_{ср} \cdot 10^5.$$

Лазерные диоды с излучением в красной области оптического диапазона ($\lambda_{лаз} \approx 0{,}6$ мкм) имеют среднюю мощность излучения $P_{ср} \approx$ $\approx 10^{-3}$ Вт, соответственно, импульсная величина мощности излучения $P_и = 100$ Вт. Именно поэтому на всех лазерных дальномерах с мощностью излучения $P_{ср} \approx 10^{-3}$ Вт нанесена **предупреждающая надпись об опасности для глаз (класс II), при которой облучение глаза должно длиться не более четверти секунды.**

Кроме увеличения импульсной мощности, выигрыш по дальности в лазерных дальномерах получают за счёт увеличения яркости отражённого луча.

Для увеличения яркости точки отражения в лазерном передающем устройстве стремятся уменьшить площадь сечения луча по сравнению с обычными светодальномерами, где $S_{ср} \approx 1000$ мм^2 до

$S_л$ = 1 мм^2. Освещенность облучённой диффузной поверхности $E = Ф/S_о$ зависит от силы светового потока $Ф$ и площади $S_о$ светового пятна, которая повышается пропорционально уменьшению площади светового пятна. Это позволяет увеличить яркость точки отражения, восполняя тем самым потери за счет малого коэффициента отражения диффузных поверхностей ($k_д \approx 0{,}02…0{,}03$). Коэффициент отражения призменных отражателей $k_{пр} \approx 0{,}9$.

Лазерный диод из-за малого размера излучательного *p-n* перехода можно отнести к точечным источникам излучения.

На рис. 10.10 приведена оптическая схема передающего канала лазерного дальномера.

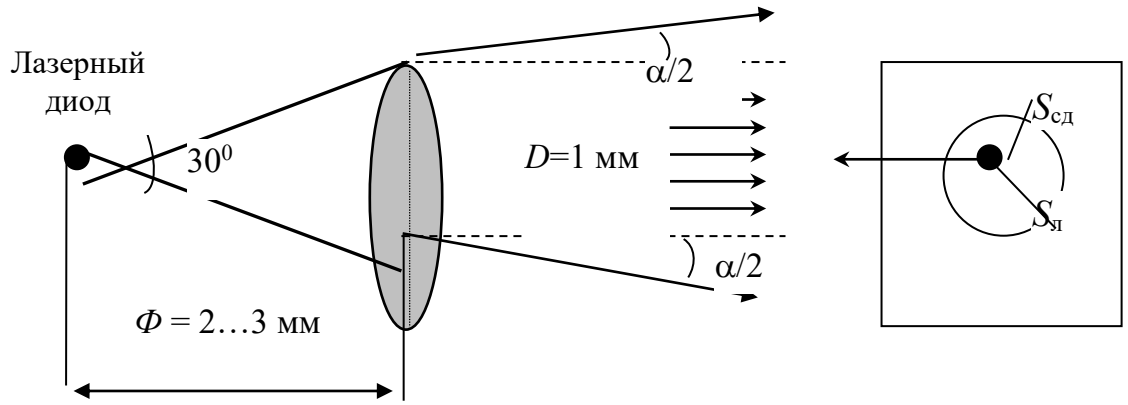


Рис. 10.10. Оптическая схема передающего канала

Точечный источник излучения, помещенный в точку фокуса положительной короткофокусной линзы (объектива), позволяет получить на выходе линзы почти параллельный пучок излучения с незначительной расходимостью $\alpha \approx (1…2)$" и малой площадью сечения луча (1…2) мм. Это обеспечивает достаточную мощность отраженного излучения от объекта измерения для его обнаружения светочувствительным фотоприемником.

В качестве фотоприемника в приёмных каналах современных лазерных дальномеров применяют фотодиоды.

Фотодиод представляет собой полупроводниковый диод с безизлучательным *p-n*-переходом. При поглощении фотонов падающего излучения в зоне *p-n*-перехода может происходить процесс, обратный рекомбинационному излучению, – образование электронно-дырочных пар (свободных электронов и носителей положительного заряда – дырок). Инерционность фотодиодов удается довести до долей нано-

секунды, поэтому приемники с такими фотодиодами можно применять для приема даже очень коротких лазерных импульсов.

От внешнего источника питания на фотодиод подается напряжение, полярность которого препятствует протеканию тока через *p-n*-переход (в отличие от случая, когда полупроводниковый диод используется для генерации оптического излучения). Поэтому при отсутствии облучения текущий через фотодиод ток (так называемый темновой ток) достаточно мал. При попадании в область *p-n*-перехода фотонов оптического излучения за счет генерации электронно-дырочных пар ток через диод возрастает и на сопротивлении нагрузки появляется напряжение, повторяющее форму светового импульса. Таким образом, фотодиод является всего лишь преобразователем светового импульса в электрический. Чувствительность фотодиодов на основе полупроводников (Si, Ga, As) в оптимальном для них диапазоне волн (для широко распространенных кремниевых диодов этот диапазон соответствует 0,6 – 0,9 мкм) достигает 0,4 – 0,5 А/Вт. Для повышения чувствительности приёмного канала *p-n*-переход фотодиода, площадь которого не более 1 мм^2, устанавливают в фокальной плоскости объектива, тем самым увеличивая силу светового потока (рис. 10.11). В оптоэлектронных системах это принято называть коэффициентом усиления $k = \Delta\Phi'/\Delta\Phi$, который определяется отношением потока $\Delta\Phi'$, на чувствительной площадке фотодиода к световому потоку $\Delta\Phi$, который попал бы на неё без объектива или без учёта потерь в оптике, $k = S_{об} / S_{фд}$, где S – площади входных зрачков. Исходя из данных зависимостей, среднее значение диаметра приёмного объектива в малогабаритных дальномерах выбирают равным 30…40 мм.

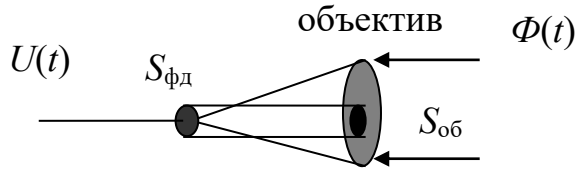


Рис. 10.11. Увеличение входного зрачка фотодиода

При $S_{об} \approx 1000$ мм^2 и $S_{фд} \approx 1$ мм^2 $k \approx 1000$. Это указывает на то, что приёмный объектив является одним из важнейших элементов оптической схемы светодальномера.

Структурная схема цифрового дальномера с апериодическим сигналом показана на рис. 10.12.

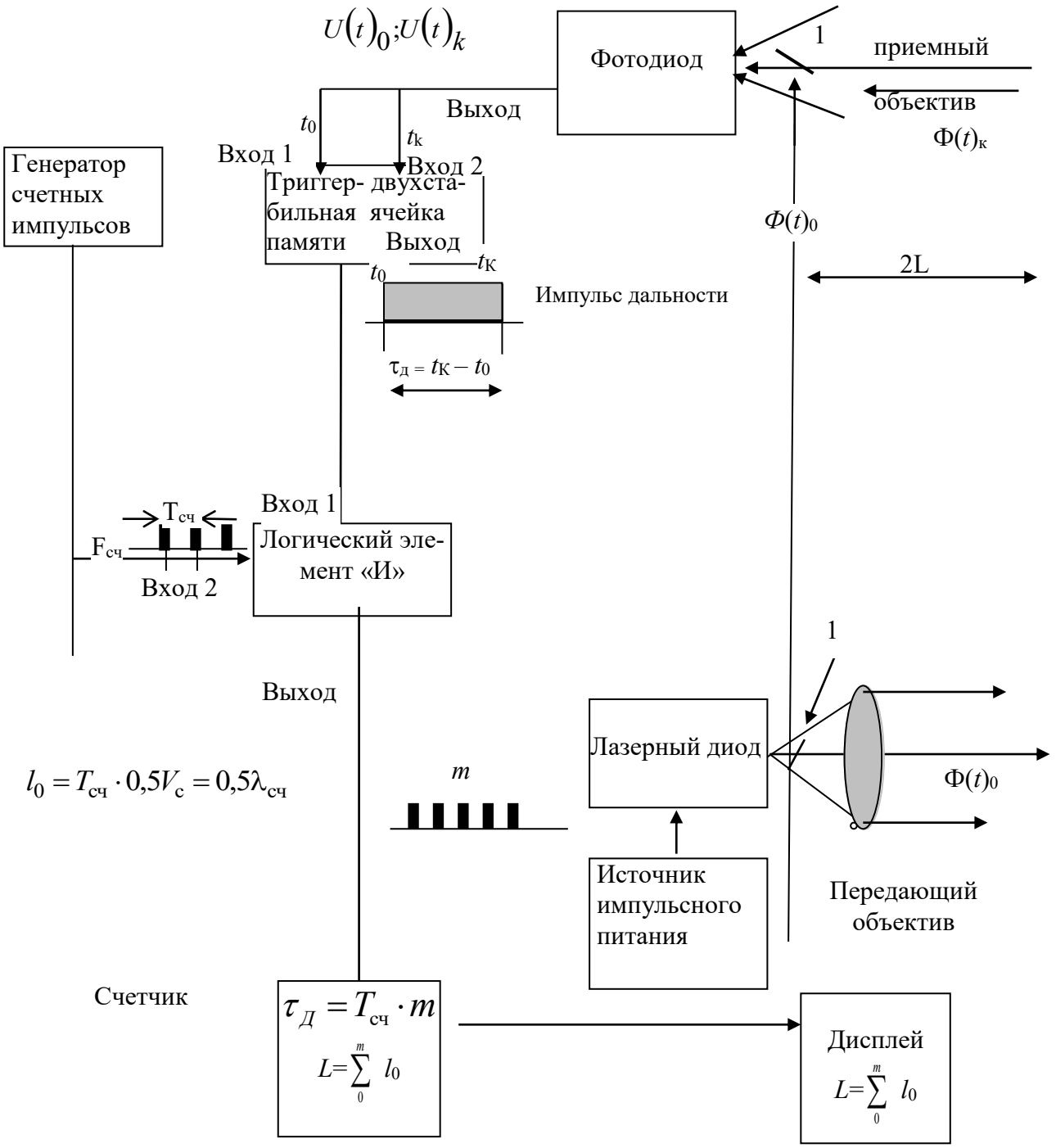


Рис. 10.12. Структурная блок-схема светодальномера с непериодическим сигналом

В момент действия электрического импульса тока $e(t)$ лазерный диод излучает короткий световой импульс $\Phi(t)$. С помощью полупрозрачной отражающей плоскопараллельной пластинки 1 часть излучения $\Phi(t)_0$ попадает по кратчайшему пути на фотодиод, на выходе которого формируется электрический импульс $U(t)_0$ опорного сигнала с начальным временным моментом t_0. Импульс $U(t)_0$ поступает на вход 1 двухстабильной ячейки памяти (триггер со счетным входом)

и переключает выход ячейки памяти в состояние высокого потенциала $U_в \approx 5$ В, который соответствует логической "1" двоичной системе счисления.

Отраженный от объекта измерения световой импульс $\Phi(t)_к$ принимается приёмным объективом и направляется на фотодиод.

В фотодиоде $\Phi(t)_к$ преобразуется обратно в электрический импульс $U(t)_к$ с временным моментом $t_к$ и поступает на вход 2 и переводит двухстабильную ячейку памяти из состояния "1" в состояние "0".

Таким образом, время задержки $\tau_{зад}$ (рис. 10.13) преобразуется в длительность импульса дальности $\tau_д = \tau_{зад} = t_к - t_0$.

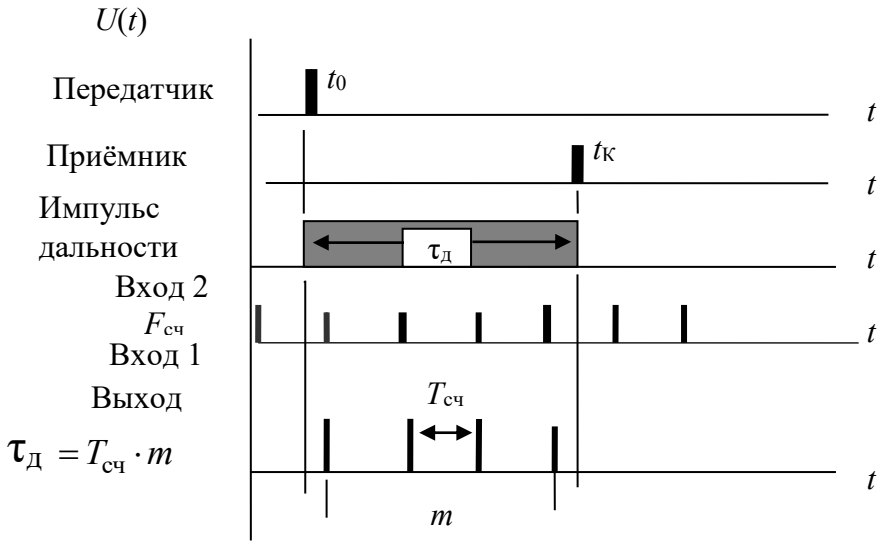


Рис. 10.13. Временная диаграмма процесса измерения дальности

Электрический импульс дальности с длительностью $\tau_д$ поступает на логический цифровой элемент "И", который работает по следующему принципу: высокий потенциал $U_в$ появляется на выходе только в том случае, если на обоих входах "1" и "2" имеется высокий потенциал $U_в$. Другими словами, на выход элемента "И" пройдёт столько импульсов (дискретов) счёта m, поступающих на вход "2", сколько будет продолжаться время длительности импульса $\tau_д$ на входе "1" (см. рис. 10.12).Таким образом, аналоговая величина – длительность импульса дальности $\tau_д$, преобразуется в дискретную (цифровую) величину

$$\tau_д = T_{сч} \cdot m = \sum_0^m T_{сч} .$$

Если величину единичного импульса (дискрета) выразить в принятых единицах длины $l_0 = T_{сч} \cdot 0{,}5V_р = 0{,}5\lambda_{сч}$, то счетчик зафиксирует измеренное значение дальности $L=\sum_0^m l_0$ в соответствующих единицах длины и результат измерения отобразится на дисплее.

Величина $F_{сч}$ в современных счетчиках приближается к 10^9 Гц и, соответственно, к $T_и \approx 10^{-9}$с. Отсюда $l_0 = T_{сч} \cdot 0{,}5V_р \approx 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^8$ м ≈ ≈ 1,5 м, что соответствует характеристикам известных моноимпульсных дальномеров США серии impulse 1000 XL, 2000XL (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Технические характеристики серии лазерных дальномеров Impulse

Технические характеристики	Impulse 1000 LP	Impulse 2000 LP	Impulse 1000 XL	Impulse 2000 XL
Размер	152×64×127 мм			
Вес	1 кг			
Питание	2 батареи типа AA, 3В			
Время работы	Примерно 20 часов непрерывных измерений			
Температура	–30 – +60 °С			
Влагозащищенность	IPx6, полная защита от прямого попадания воды			
Угловые измерения				
Диапазон измерения угла	–	± 90°	–	± 90°
Линейные измерения без отражателя				
Погрешность	3-5 см	3-5 см	1-2 м	1-2 м
Дальность	575 м	575 м	2220 м	2220 м
Интерфейс пользователя				
Экран	Шестисимвольный жидкокристаллический экран с подсветкой			
Клавиатура	6 клавиш			
Ввод/вывод данных	Запись и передача данных через порт RS 232			

Наиболее точными являются импульсные дальномеры с периодическим сигналом, с преобразованием частоты и длительностью излучаемого импульса около10^{-10} с.

Работы в этом перспективном направлении ведутся в России и за рубежом. Высокоточный безотражательный дальномер (с $\tau_и = 10^{-9}$ с) был разработан и внедрён в практику маркшейдерских измерений на

кафедре маркшейдерского дела СГИ (УГГУ) в 1982 году, которому было присвоено название СМБ – светодальномер маркшейдерский безотражательный [4]. Название «безотражательный» подчёркивало свойство нового светодальномера – измерение расстояний без применения специальных отражателей.

За основу схемы дальномера СМБ была выбрана схема с преобразованием частоты. Новым в СМБ был способ повышения точности за счёт выделения высших гармоник импульсного сигнала с эквивалентной частотой повторения $F_п$ = 1,5 МГц с наносекундной длительностью импульса. Это был первый безотражательный дальномер с периодическим сигналом с миллиметровой точностью измерения дальности до недоступных объектов.

10.5. Светодальномеры с периодическим сигналом

В светодальномерах с периодическим сигналом излучается световой поток Ф, у которого регулярно повторяются мгновенные значения излучаемой мощности светового потока через заданный интервал времени (период), удовлетворяющий условию

$$\Phi(t) = \Phi(t_0 + T \cdot n),$$

где T – период повторения (колебания) мгновенных значений излучаемой мощности светового потока; n – целое число периодов; t_0 – начальный момент времени включения периодического сигнала.

Простейшими видами периодического сигнала являются непрерывные незатухающие гармонические (синусоидальные) колебания, а также непрерывная последовательность импульсов с периодом колебания (повторения) $T_с = T_П$ (рис. 10.14).

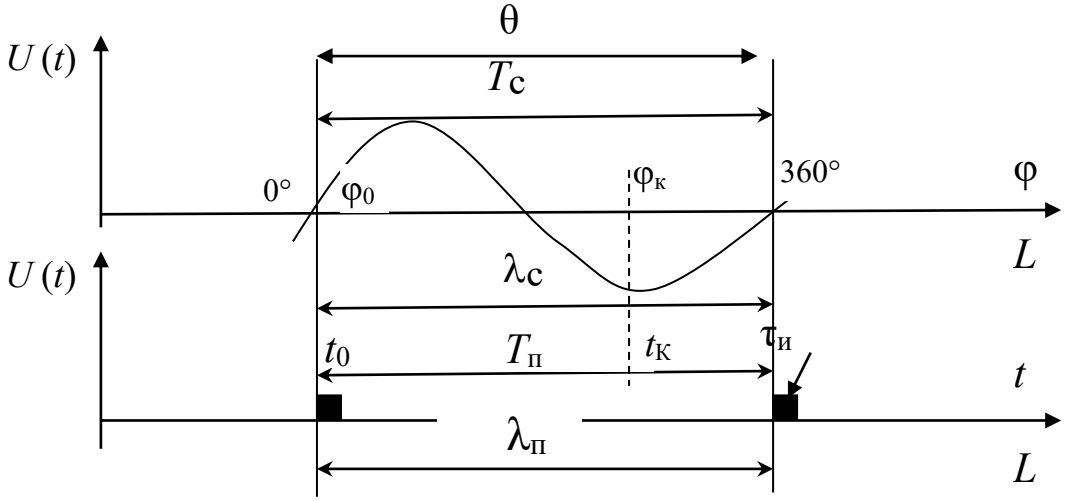


Рис. 10.14. Виды периодического сигнала

С точки зрения соответствия основных точек временных (фазовых) параметров $T_п$, $T_с$, t_0, $t_К$, φ_0, $\varphi_к$ оба эти сигнала (см. рис. 9.14), идентичны, отличаются друг от друга только величиной максимальной мощности излучения, которая, при одинаковом значении периодов $T_п = T_с$, при импульсной форме сигнала, на основании формулы (9.5), на порядки больше, чем при синусоидальной форме сигнала, где $P_{макс} = P_{ср}\left(\frac{T_с}{0{,}5T_с}\right) = 2P_{ср}$ за счёт уменьшения длительности импульса $\tau_и$ по отношению к периоду $T_п$:

$$P_и = P_{ср} \cdot \frac{T_п}{\tau_и}. \qquad (10.5)$$

При цифровом методе измерений времени задержки $\tau_з$ синусоидального сигнала за точки отсчета принимаются моменты перехода синусоидального сигнала через ноль. Этим же точкам соответствует и положение импульсов на оси t при периодической импульсной последовательности при $T_п = T_с$. Именно это соответствие является основной причиной того, что дальномеры с периодической импульсной последовательностью часто относят к «фазовым» [5], что является в определённой мере условным.

В фазовых дальномерах, до создания цифровых, измерялся сдвиг фаз $\Delta\varphi = \varphi_к - \varphi_0$ по фазовой оси φ с помощью фазового детектора и фазосдвигающего устройства (МСД1м (СССР), ЕОК-2000 (Германия)).

Затем через относительное значение фазового сдвига $\Delta\varphi/\theta$ определяли длину как долю длины волны $\lambda_с$:

$$L_ф = \Delta\varphi / \theta \cdot 0{,}5\ \lambda_{с,} \qquad (10.6)$$

где $\theta = 360°$.

В цифровых дальномерах измеряют непосредственно величину временного сдвига $\Delta t = t_К - t_0$, затем через величину относительного временного сдвига Δt / $T_п$ определяют дальность как долю длины волны $\Delta\lambda_п$:

$$L_{цифр} = \Delta t / T_п \cdot \lambda_п = \Delta\lambda_п, \qquad (10.7)$$

где $\lambda_п$ – мера длины, для измерения которой и предназначены дальномеры (2СМ2 (СССР)).

Следует заметить, что в устройствах цифровых фазовых измерений основной операцией являются преобразования сдвига фаз $\Delta\varphi$ во временной сдвиг Δt.

Из приведённых формул (10.6), (10.7) следует однозначный вывод, что «фазовые» дальномеры не являются, как принято считать, более точными, чем «импульсные. При равных значениях $\lambda_{п} = \lambda_{с}$ и $\Delta\varphi / \theta = \Delta t / T_{п}$ **фазовые и импульсные дальномеры с периодическим сигналом имеют одинаковую точность.** В ряде случаев при значениях $\lambda_{с} \geq 2L_{м}$ фазовые дальномеры имеют меньшую точность, чем даже моноимпульсные. Относительная погрешность измерения фазового и временного сдвига в полевых приборах, как показывает анализ точности измерений ряда приборов, $\Delta\varphi / \theta = \Delta t / T_{п} \approx 10^{-3}..10^{-4}$. Величина относительной линейной погрешности при том и другом методах измерения (при $\lambda_{п} = \lambda_{с} = 2$ км) $\Delta l / L \approx 1$м/км. Относительная погрешность моноимпульсных дальномеров при измерении расстояний порядка 1…2 км у отдельных моделей (см. табл. 10.1) не уступает фазовым. **Точность дальномеров, как импульсного, так и фазового, зависит от длины волны измерительного сигнала, а не от метода измерений временных параметров.**

Остановимся на отличительных особенностях периодического сигнала.

Основной особенностью дальномера с периодическим сигналом (см. рис. 10.14) является установившийся процесс следования излучаемых импульсов с частотой повторения

$$f_{п} = \frac{1}{T_{п}}$$

и длиной волны

$$\lambda_{п} = T_{п} \cdot V_{с} = \frac{V_{с}}{f_{п}},$$

где $\lambda_{п}$ – путь, пройденный импульсом сигнала за один период повторения импульсной последовательности.

На рис. 10.15 приведён график зависимости измеренного значения дальности от времени задержки периодического сигнала. (Учитывая равенство периодов $T_{п}$ и $T_{с}$, значения $\lambda_{с}$ и $\lambda_{п,}$ в дальнейшем для упрощения обозначают без подстрочного символа).

При периодической последовательности импульсов нет отдельного излучаемого или отраженного импульса.

Имеется периодическая последовательность импульсов, излучаемых во временные моменты $t_{о}+T \cdot n$, и периодическая последовательность отраженных импульсов с временными моментами $t_{к} + T \cdot n$,

для которых **время задержки приобретает свойства временного сдвига:**

$$\tau_з = (t_к + T \cdot n) - (t_0 + T \cdot n) = t_к - t_0 = \tau_с. \qquad (10.8)$$

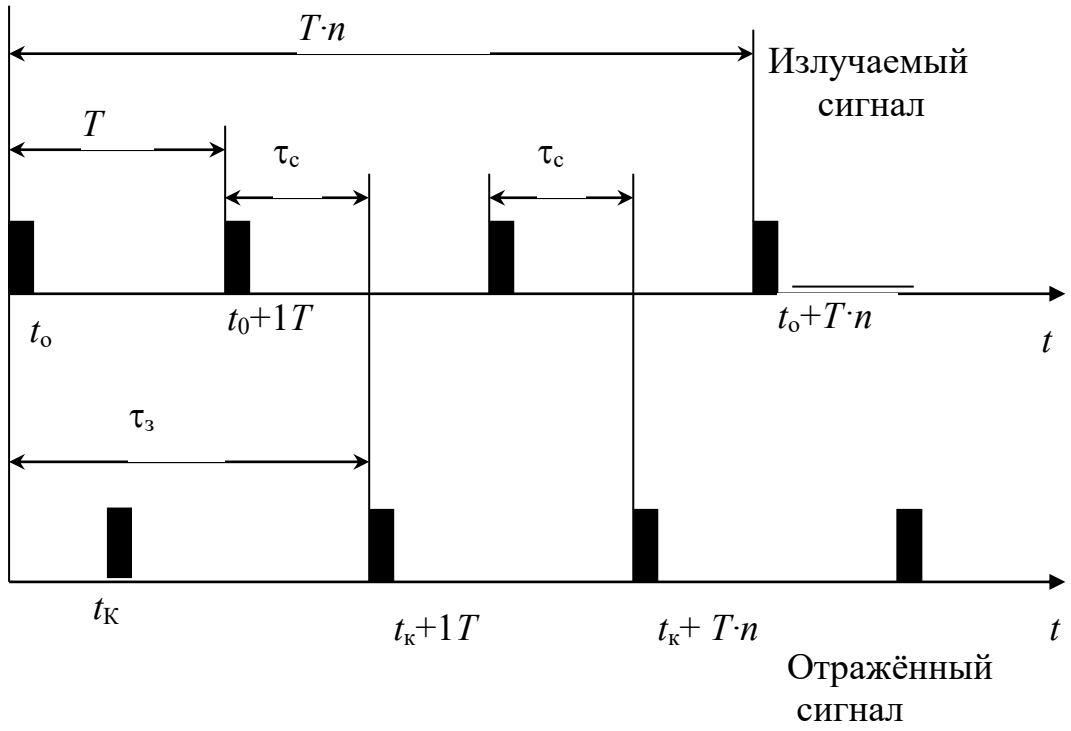


Рис. 10.15. Периодическая последовательность импульсов

Временной сдвиг отличается от временной задержки тем, что при любой дальности величина $\tau_с$ (см. рис. 10.15) является внутрипериодической величиной $\tau_с = \Delta T$ ($0 \le \tau_с \le T$) и не может быть больше периода T. В этом и проявляется «неоднозначность» результата измерений $\tau_з$ при периодическом сигнале.

Величина дальности при $\tau_с = T$ называется пределом однозначного измерения L_λ. Для локационных дальномеров с учетом двойной длины пути прохождения импульса энергии до объекта измерения и обратно предел однозначного измерения

$$L_\lambda = 0{,}5 \cdot V_с \cdot T = 0{,}5 \cdot \lambda. \qquad (10.9)$$

Следовательно, при любых значениях измеряемой дальности $L_х > L_\lambda$ результат измерений $L_{изм}$ в дальномерах с периодическим сигналом не может быть больше L_λ. При $L_х > L_\lambda$

$$L_x = (L_x / L_\lambda) \cdot L_\lambda + \Delta L_\lambda = n \cdot L_\lambda + \Delta L_\lambda,$$

где L_x – неизвестная величина измеряемой длины; $n = L_x / L_\lambda$ – 1, 2, 3… целое неизвестное число L_λ, зависящее от длины L_x. Для того чтобы $L_{изм} = L_x$, необходимо увеличить предел однозначного измерения L_λ до значения $L_\lambda > L_м$, при котором $n = 0$.

Отсюда следует основное положение дальномера с периодическим сигналом:

для однозначного измерения дальности длина волны периодического сигнала должна удовлетворять условию

$$\lambda \geq 2\, L_м\,, \tag{10.10}$$

что соответствует значению масштабной частоты

$$f_{мч} \leq \frac{V\text{c}}{2L_м}. \tag{10.11}$$

Так как частота $f_{мч}$ определяет предел (масштаб) однозначного измерения дальности от 0 до 0,5 λ, в дальномерной технике частота $f_{мч}$ получила название ***масштабная частота*** **(**для синусоидального сигнала – ***масштабная частота колебаний*** $\boldsymbol{f_{мч}}$, для периодической последовательности – ***масштабная частота повторений*** $\boldsymbol{f_{мп}}$).

Так как τ_c является внутрипериодической величиной $\tau_c = \Delta T$, то для теоретических объяснений и вычислений удобно пользоваться относительным временным сдвигом:

$$\Delta T / T = \tau_c / T. \tag{10.12}$$

На рис. 10.16 приведён график зависимости L от τ_c в пределах одного периода T.

Используя теорему подобия

$$\frac{\tau_c}{T} = \frac{L_к}{0{,}5\lambda}; \tag{10.13}$$

находим:

$$L_к = \frac{\tau_c}{T} 0{,}5\,\lambda\,. \tag{10.14}$$

Величина $\dfrac{\tau_c}{T}$ является безразмерной величиной, характеризующей долю периода T и, соответственно, долю длины волны λ.

Длина волны λ в дальномерах с периодической последовательностью является мерой, хранящей заданную единицу длины.

В начале раздела было отмечено, что для обеспечения условий измерений, при которых $L_{изм} = L_x$, необходимо увеличить предел однозначного измерения до значения $L_\lambda > L_{изм}$.

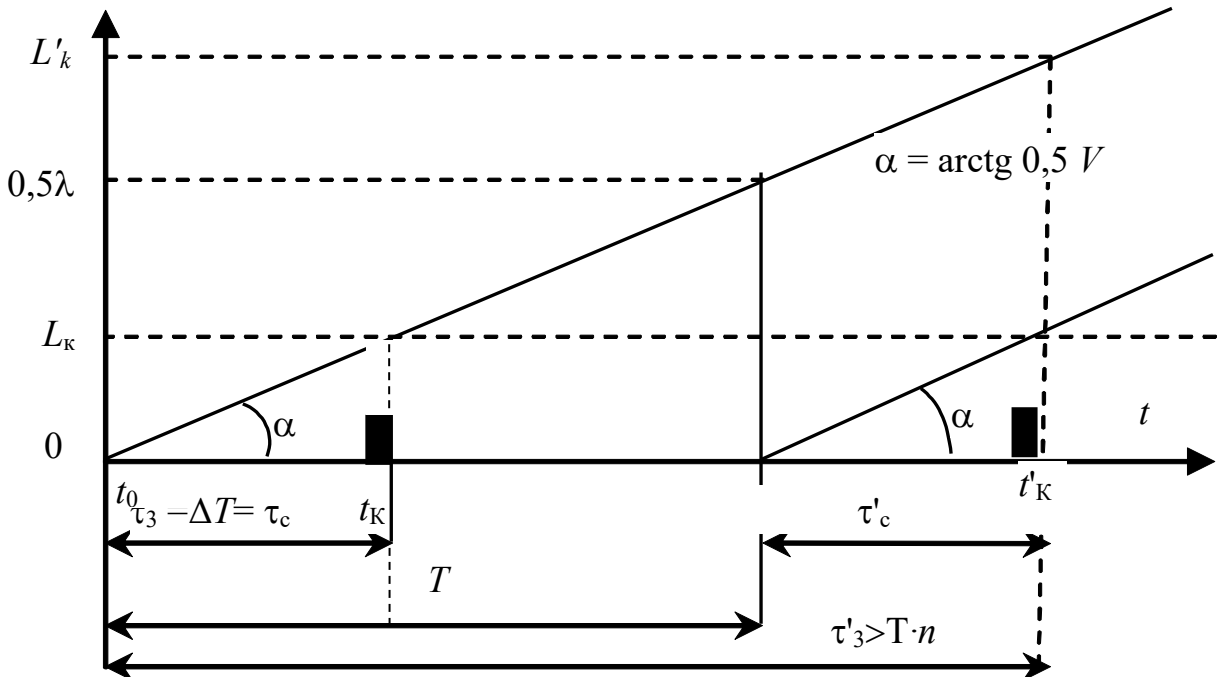


Рис. 10.16. Зависимость дальности от времени задержки

Рассмотрим особенности измерения дальности, когда $\tau_3 > T$, или $L_x > 0{,}5\lambda$.

При $\tau'_3 > T \cdot n$ временной момент прихода отраженного сигнала

$$t'_к = T \cdot n + \tau'_с .$$

Отсюда теоретическое значение дальности

$$L'_к = 0{,}5V_\rho \cdot T \cdot n + 0{,}5\tau'_с \cdot V\rho. \qquad (10.15)$$

Или, принимая во внимание, что $T \cdot V\rho = \lambda$,

$$L'_к = 0{,}5\lambda n + \frac{\tau'_с}{T} \cdot 0{,}5\lambda . \qquad (10.16)$$

Однако при $\tau'_3 > T \cdot n$ на основании выражения (10.8), $\tau'_3 = \tau'_с = \tau_с$, $n = 0$, и, следовательно, независимо от числа периодов $T \cdot n$, измеренное значение дальности $L_{изм} = L'_к$ и не соответствует τ'_3:

$$L'_к = L_к = \frac{\tau'_с}{T} \cdot 0{,}5\lambda .$$

Это свойство периодического сигнала при $\tau'_3 > T \cdot n$ называется неоднозначностью измерения.

Для однозначного измерения дальности при периодическом сигнале применяют принцип измерения на нескольких масштабных частотах $f_{мч}$ или на нескольких длинах волн.

Одну из частот $f_{мч}$ (нижнюю – меньшую по величине) выбирают, как было сказано выше, из условия однозначности $\lambda_н > 2\,L_м$. При этом $\tau_З = \tau_с$, независимо от дальности, в диапазоне от 0 до $L_м$ будет внутрипериодической величиной с $n = 0$, и значению $\tau_З < T_н$ будет соответствовать однозначное значение $\tau_с$ и, соответственно, однозначное значение дальности.

Верхнее значение $f_{мч}$, с наименьшим значением длины $\lambda_{в,}$ выбирают исходя из заданной точности измерений ΔL:

$$\lambda_в = \Delta L\ (10^3 \ldots 10^4), \qquad (10.17)$$

где $(10^3 \ldots 10^4)$ – точность измерения периода T.

Точность – величина, обратная относительной погрешности измерения временного сдвига σ_τ / T или линейного – $\sigma_l / 0{,}5\,\lambda$.

Применение для измерений нескольких масштабных частот позволяет не только разрешить проблему неоднозначности, но и обеспечить требуемую точность.

В дальномерах с периодическим сигналом однозначность разрешается путём исключения *n* выбором $\lambda_н > 2\,L_м$:

$$L_н = \frac{\tau_н}{T_н} 0{,}5\lambda_н,$$

где $\tau_н$ – величина временного сдвига на нижней частоте.

Если погрешность измерений

$$\sigma_{L_н} = \frac{\sigma_{\tau н}}{T_н} 0{,}5\lambda_н, \qquad (10.18)$$

где $\frac{\sigma_{\tau н}}{T_н}$ – среднее квадратическое значение относительной погрешности измерения временного сдвига на нижней частоте, большее $(0{,}3 \ldots 0{,}5)\lambda_в$; выбирают другое, более низкое значение $\lambda_в$, при котором

$$\sigma_{L_н} \le (0{,}3 \ldots 0{,}5)\lambda_в. \qquad (10.19)$$

Если эти условия не выполняются, выбирают дополнительные промежуточные значения длин волн, при которых последовательно обеспечивается приведенное условие в формуле (10.19). Чаще всего при выборе применяют принцип обеспечения декадной пропорциональности между $\lambda_в$ и $\lambda_н$. **Таким образом, для однозначного измерения дальности дальномерный периодический сигнал должен состоять из нескольких масштабных частот** от $f_н$ до $f_в$, которым

соответствуют значения длины волн от $\lambda_н$ до $\lambda_в$. **Нижние частоты обеспечивает грубое однозначное измерение дальности. Наивысшая частота – точное измерение.** В этом просматривается полный аналог отсчета времени по периодическим шкалам часов от более грубого – к более точному: час + мин + сек.

Если проанализировать формулу (10.18), то из неё следует основополагающий вывод: **погрешность измерений при периодическом сигнале может быть уменьшена за счёт двух факторов: уменьшения длины волны и уменьшения погрешности измерения временного сдвига σ_τ.**

Возможность изменения размерности шкалы переключением значения частоты $f_м$ является одним из основных достоинств дальномеров с периодическим сигналам, позволяющим повысить точность измерений за счёт уменьшения длины волны $\lambda_в$.

Другим достоинством дальномеров с периодическим сигналом является **возможность переноса процесса измерения дальности с высокой масштабной частоты $f_м$ на более низкую частоту – промежуточную $F_{пр}$** без изменения величины масштабной частоты и, соответственно, длины волны λ.

Если в формуле дальности

$$L = \frac{\tau_с}{T} 0{,}5\lambda = \frac{\tau_с k}{Tk} 0{,}5\lambda \qquad (10.20)$$

числитель и знаменатель уменьшить или увеличить в одинаковое количество раз k, то значение L не изменится.

Структурная схема преобразования частоты представлена на рис. 10.17.

Способ уменьшения частоты, сохраняющий относительный сдвиг $\tau_с / T$ без изменения, называется преобразованием частоты.

Рассмотрим процесс преобразования частоты на примере простейшего гармонического колебания.

На преобразователь частоты (см. рис. 10.17) поступают два сигнала: масштабной частоты $f_м$ ($U_м \sin\omega_м$) и от дополнительного вспомогательного генератора $f_г$ ($U_г \cdot \sin \omega_г t$).

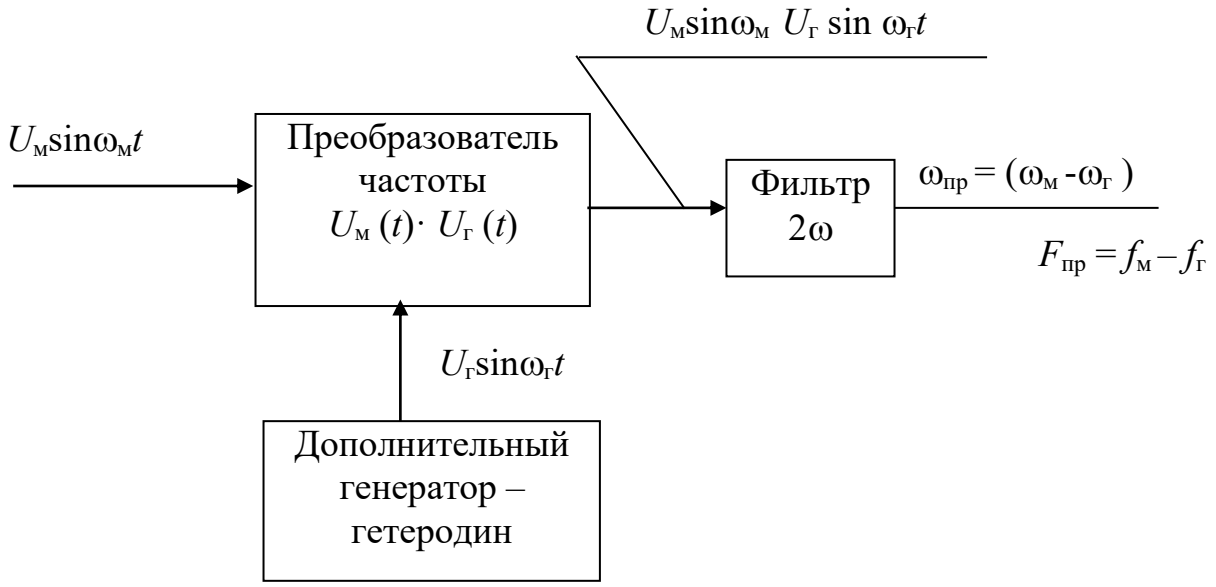


Рис. 10.17. Структурная схема преобразования частоты

Сигнал на выходе преобразователя, который выполняет функции перемножителя входных сигналов, в соответствии с тригонометрической формулой $\sin\alpha \cdot \sin\beta$:

$$U(t) = U_м \sin(\omega_м t + \omega_0) U_г \sin(\omega_г t + \varphi_г) = \\ = \frac{1}{2} U_м U_г \cos(\omega_м - \omega_г)t + ... \qquad (10.21)$$

Из полученного выражения видно, что на выходе преобразователя появилась новая разностная (промежуточная) частота $\omega_{пр} = (\omega_м - \omega_г)$ или с учетом $\omega = 2\pi F$, $F_{пр} = f_м - f_г$. Другой член уравнения (10.21) $(\omega_м + \omega_г)$ отфильтровывается и в измерениях не участвует.

Величина $k_{пр} = f_м / f_п$ называется коэффициентом преобразования частоты или коэффициентом преобразования периода $k_{пр} = T_м / T_{пр}$. Отсюда $T_{пр} = T_м k_{пр}$. Так как $\tau_с = \Delta T$, то на промежуточной частоте величина $\tau_{сп} = \tau_с k_{пр}$. Относительные значения $\frac{\tau_{сп}}{T_{пр}} = \frac{\tau_с}{T_м}$ остаются без изменения.

Процесс переноса измерений дальности на более низкую разностную (промежуточную) частоту в дальномерах с периодическим сигналом имеет важное значение для повышения точности измерений, так как это эквивалентно увеличению частоты счётных импульсов в $k_{пр}$ раз и уменьшает погрешность измере-

ния временных характеристик за счёт увеличения периода $T_{пр}$ (10.18).

Принцип действия светодальномера с периодическим сигналом поясняется структурной схемой, приведённой на рис. 10.18.

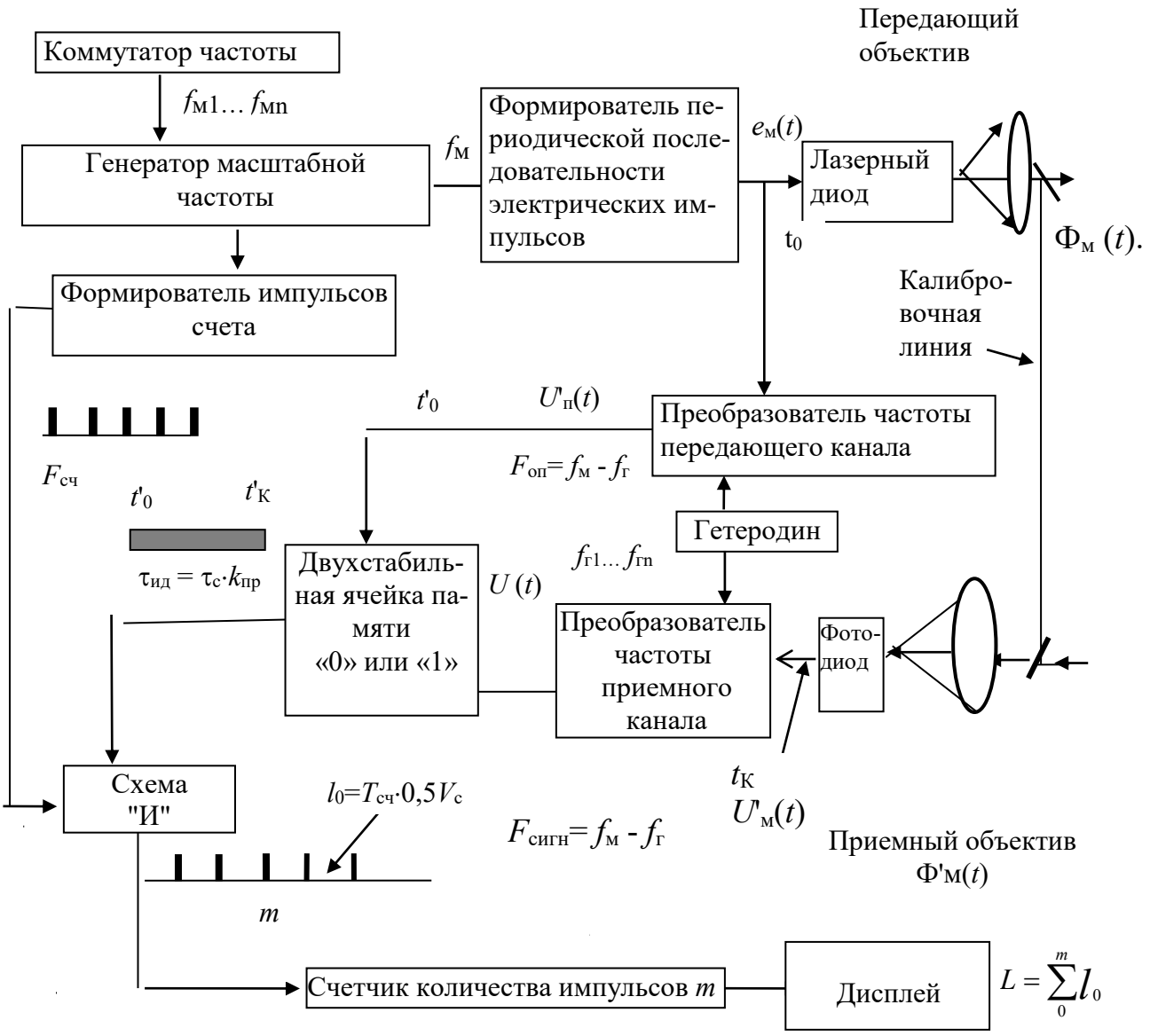


Рис. 10.18. Структурная схема светодальномера с периодическим сигналом

В светодальномерах с периодическим сигналом для определения расстояния используется измерение временного сдвига между излучаемой и отражённой от объекта периодической последовательностью световых импульсов, следующих с частотой повторения $f_п = f_м$ ($f_м$ - масштабная частота).

Периодическая последовательность электрических импульсов $e_м(t)$ с частотой $f_п$, заданной генератором масштабной частоты, поступает на лазерный диод, вызывая генерацию периодической последовательности световых импульсов $Ф_м(t)$.

С помощью передающей оптической системы излучение лазерного диода направляется на объект измерения. Отраженные (сигнальные) световые импульсы возвращаются и через приемную оптическую систему поступают на фотодиод.

В фотодиоде периодическая последовательность световых импульсов $Ф_м(t)$ преобразуется снова в электрическую периодическую последовательность импульсов $U'_м(t)$, содержащую информацию о времени сдвига отраженных импульсов $\tau_с = t_К - t_0$ относительно излучаемых (см. рис. 10.18).

С выхода фотодиода и с входа лазерного диода напряжение масштабной частоты $U'_м(t)$ поступает на преобразователи частоты приёмного и передающего каналов, на которые подаются напряжения вспомогательного генератора- гетеродина $U_г(t)$ с частотой $F_г$.

На выходе преобразователей выделяют разностные (промежуточные) частоты $F_{пр} = F'_{пр\,г}$ с периодом $T_{пр} = T_п \cdot k_{пр}$. Величина временного сдвига на промежуточной частоте $\tau_{пр} = \tau_с k_{пр}$. Применение преобразования масштабной частоты позволяет увеличить длительность дальномерного импульса $\tau_{ди}$, что эквивалентно повышению частоты счётных импульсов в $k_{пр}$ раз, или - уменьшению цены младшего разряда счётчика в $k_{пр}$ раз, что также позволяет повысить точность измерения.

При выборе величины промежуточной частоты руководствуются и тем, и другим в зависимости от функциональных возможностей применяемых элементов электрической схемы.

Величина $\tau_{пр}$ с помощью двухстабильной ячейки памяти, как и в дальномере с моноимпульсным сигналом, преобразуется в длительность импульса дальности $\tau_{ид}$.

Длительность $\tau_{ид}$ с помощью логического элемента «И» разделяют на дискреты, размерность которых выбирают не в единицах времени, а в единицах длины $l_0 = L_\lambda \cdot 10^{-M}$, где M – выбранное количество дискретов величины L_λ.

Рассмотрим это на примере светодальномера СТ-10 (Россия, УОМЗ).

Предел однозначного измерения на точной масштабной частоте $f_в$ = 14985500 Гц L_λ=10^4 мм. Размерность одного дискрета при $M = 4$

$l_0 = L_\lambda \cdot 10^{-4} = 1$ мм. Для $f_н = 14985{,}500$ Гц, обеспечивающей однозначный результат измерений, предел однозначного измерения $L_\lambda = 10^4$ м, $l_0 = 1$ м. Следовательно, величина дискрета, которая определяет точность измерения, в СТ-10, как и в других светодальномерах, меняется только за счёт изменения масштабной частоты. Дальнейшее увеличение величины N с целью повышения точности целесообразно, если предельно допустимое значение случайной погрешности $3\sigma_т \le l_0$. Режим переключения частот автоматизирован. Результаты измерений последовательно записываются в регистры памяти.

Измеренное количество дискретов $m_н$, полученных при выбранных значениях $f_н$, суммируется с результатом измерений $n_в$, полученного при измерениях на $f_в$. Суммарная величина как результат измерения отображается на дисплее.

10.6. Основные погрешности дальномеров

10.6.1. Погрешности дальномеров с нониусной системой

В **импульсных** дальномерах с апериодическим сигналом мерой длины, с учётом двойного пути, является длина полуволны счётных импульсов 0,5 $\lambda_{сч}$.

Если $\lambda_{сч} = 2$ мм, то при $V_р \approx 300000$ км/с расчётное значение величины дискрета $T_{сч} \approx 6 \cdot 10^{-12}$ с. Измерение столь малых временных интервалов дискрета в полевых моноимпульсных дальномерах ещё не реализовано. В некоторых моделях этот недостаток частично устраняется применением нониусной системы измерений. Нониусный метод основан на использовании дополнительной точной шкалы. Данный метод широко используется в механических средствах измерений линейных размеров. Принцип нониуса заключается в том, что период (интервал) нониусной шкалы $T_н$ отличается от периода (интервала) шкалы счётных импульсов $T_{сч}$ на величину отсчёта по нониусной шкале. При заданной величине отсчёта по нониусу 0,1 $T_{сч}$ период $T_н = 1 - 0{,}1 = 0{,}9\ T_{сч}$. При десятичной шкале нониуса 10 интервалов нониуса m должно укладываться в 9 интервалов шкалы $T_{сч}$. Величина, отсчитанная по нониусной шкале: $\Delta\ T_{сч} = m\ T_н = \Delta\tau_з$.

На рис. 10.19 показаны импульс с временным моментом $t_к$ и серия счетных импульсов $t_{сч}$.

Импульс $t_к$ запускает нониусное устройство, период повторения импульсов которого $T_н$ несколько отличается от периода счетных

импульсов $T_{сч}$. Пусть $T_н < T_{сч}$. Импульсы нониусного устройства прекращаются в момент совпадения счетного и нониусного импульсов.

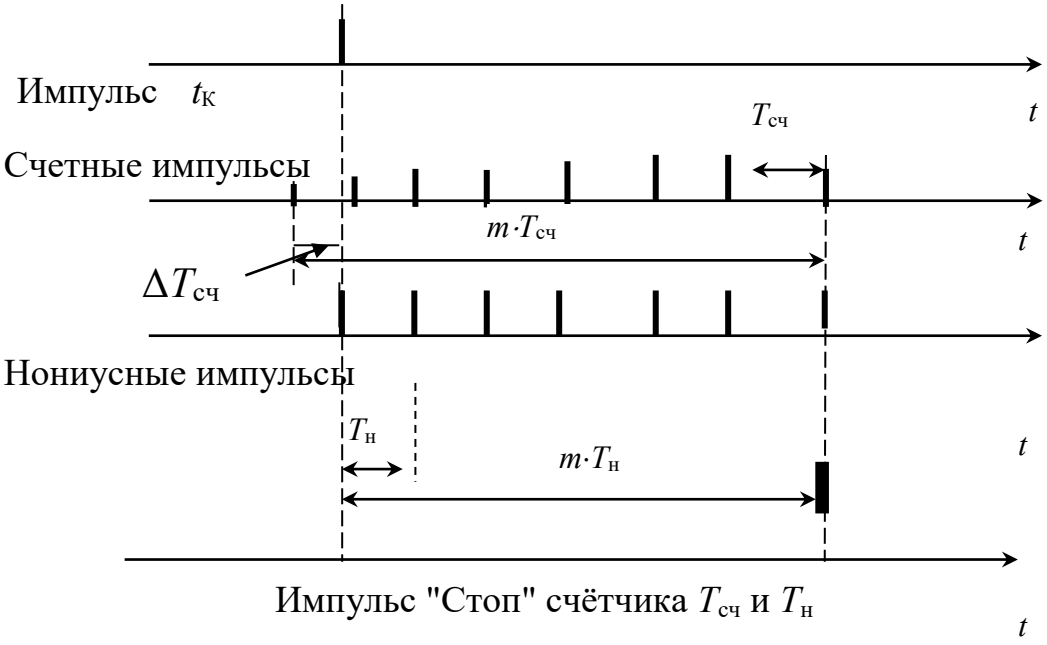


Рис. 10.19. Нониусный метод измерения дальности

Такое совпадение наступает при выполнении условия

$$t_к = m(T_{сч} - T_н),$$

где m – целое число, фиксируемое по номеру нониусного импульса.
В этом методе величина $t_к$ измеряется с точностью до $\Delta T_{сч} = T_{сч} - T_н$ или при выбранных параметрах $T_н = 1 - 0{,}1 = 0{,}9\ T_{сч}$ до $0{,}1\ T_{сч.}$

Основное назначение моноимпульсных дальномеров - измерение больших расстояний (единицы и десятки километров), при сохранении малого значения относительной погрешности.

10.6.2. Погрешность дискретизации

Независимо от типа сигнала в современных дальномерах с цифровой обработкой сигнала аналоговую величину преобразуют в дискретную.

Погрешность, обусловленная дискретностью отсчета $l_о$, зависит от того, согласовано положение счетных импульсов с началом импульса дальности t_0 или не согласовано.

При согласованном положении счетных импульсов с передним фронтом импульса дальности $\tau_д$ считанное число импульсов m остается неизменным при изменении дальности в пределах дискрета $l_о$ (рис. 10.20, *а*).

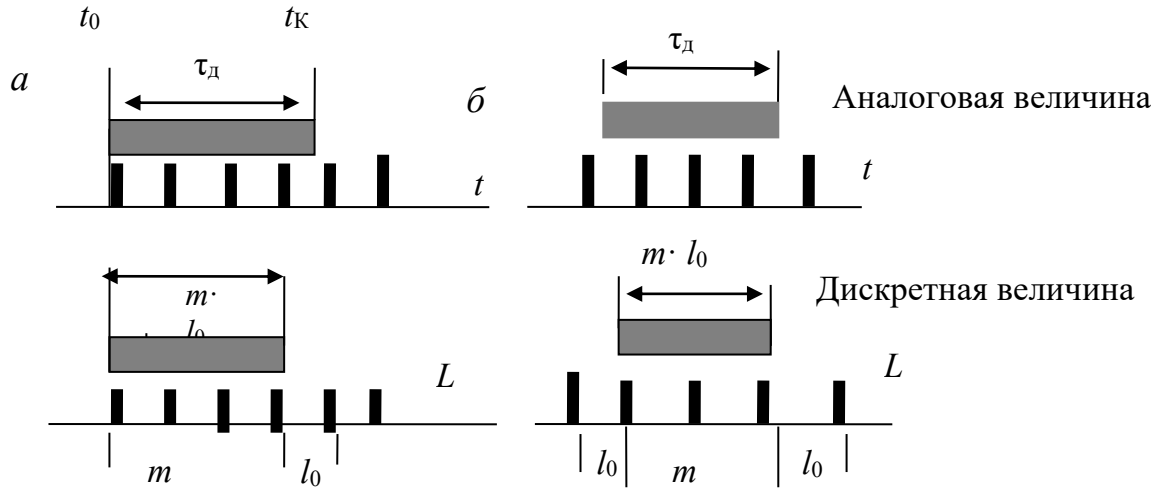


Рис. 10.20. Диаграмма процесса считывания импульсов:
а – согласованное начало отсчета; *б* – несогласованное начало отсчета

Так как любое истинное значение $\tau_д$ в интервале $l_о$ равновероятно (равномерное распределение), средняя квадратическая погрешность измерения дальности

$$\sigma_L = \frac{l_0}{2\sqrt{3}} \approx 0{,}3 l_0 . \qquad (10.22)$$

Систематическая погрешность $\delta_L = -l_0$, т. е. подсчитанное счетчиком значение дальности меньше на величину $-l_0$.

При несогласованном положении счетных импульсов (рис. 10.20, *б*) относительно начала отсчета импульса $\tau_д$ интервал систематической погрешности удваивается $\delta_L = 2l_0$, а среднеквадратическое значение возрастает в $\sqrt{2}$ раз:

$$\sigma_L = \frac{l_0}{2\sqrt{6}} \approx 0{,}5 l_0 . \qquad (10.23)$$

В светодальномерах типа 2СМ2, СТ5, СТ10 уменьшение погрешности за счет дискретизации достигнуто измерением среднего значения $\tau_д$ в 1600 периодах $T_{сч}$, что теоретически уменьшает случайную погрешности в $\sqrt{1600}$ раз. Это еще одно из преимуществ периодического сигнала.

10.6.3. Погрешности нестабильности масштабной частоты

Из формулы $\lambda = \frac{V_p}{F_м}$ следует, что значение λ зависит от стабильности частоты $F_м$. Допустимое значение отклонения частоты может быть определено из формулы

$$\frac{\Delta F_м}{F_м} = \frac{\Delta l}{L}, \qquad (10.24)$$

где $\Delta F_м$ – отклонение масштабной частоты от номинального значения; Δl – допустимое значение погрешности измерения дальности L.

При допустимом значении относительной погрешности $\frac{\Delta l}{L} = \frac{\Delta F_м}{F_м} = 1 \cdot 10^{-6}$ (1 мм/км) допустимое отклонение масштабной частоты $\Delta F_м = F_м \cdot 10^{-6}$. Масштабная частота дальномерного блока тахеометра 4Та5, светодальномеров СТ5, СТ10 $F_м$ = 14985500 Гц. Допустимое отклонение $\Delta F_м = 14985500 \cdot 10^{-6} \approx 15$ Гц. Столь жесткое требование к стабильности $F_м$ обеспечивается использованием в качестве датчика частоты $F_м$ кварцевого резонатора, в высокоточных дальномерах его термостатированием (СП2, СТ 10) или введением поправки за температурный уход частоты.

Кварцевые резонаторы характеризуются температурным коэффициентом частоты ТКЧ. Среднее значение ТКЧ составляет $5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}$. Для указанного значения ТКЧ изменение температуры на ±10 °С приводит к образованию систематической погрешности (на основании выражения (10.24)) $\Delta L = \pm 5$ мм/км.

Кристаллы кварца подвержены старению во времени, которое также приводит к изменению частоты. Всё это определяет **периодичность поверки масштабной частоты $F_м$ не реже чем 1 раз в год в метрологических центрах** или подтверждает достаточную стабильность измерением эталонных длин.

10.6.4. Влияние флюктуационных оптических и электрических помех

В светодальномерах с моноимпульсным или импульсным периодическим сигналом излучаемый и отраженный сигналы при прохождении через атмосферу подвергаются искажениям из-за флюктуации (случайного отклонения) показателя преломления атмосферы, ее турбулентности, фоновых солнечных засветок, которые способствуют образованию фоновых электрических шумов фотодиода. При попадании флюктуирующего импульсного светового потока и фоновой (солнечной) засветки на фотодиод на выходе фотодиода выделяется сумма двух напряжений - напряжения сигнала и шумов $U_{\Sigma}(t) = U_{с}(t) + U_{ш}(t)$, где $U_{ш}(t)$ – случайные (шумовые) флюктуации напряжения (электрические шумы) на нагрузке фотодиода из-за перечисленных причин.

В результате взаимодействия импульсов сигнала и шумов происходит случайное изменение амплитуды сигнала и случайное смещение временного момента $t_К$ по оси времени. Рассмотрим это подробнее. На выходе фотодиода образуется искаженный импульс, одна из реализаций которого имеет вид, показанный на рис. 10.2 тонкой линией. Для достаточно больших отношений сигнал/шум $U_{с}(t) / U_{ш}(t)$ крутизна импульса отражённого сигнала $K_{фр} = \text{arctq}\ U_m / \tau_{ф}$ практически не изменяется и равна крутизне импульса чистого сигнала (сплошная линия на рис. 10.21).

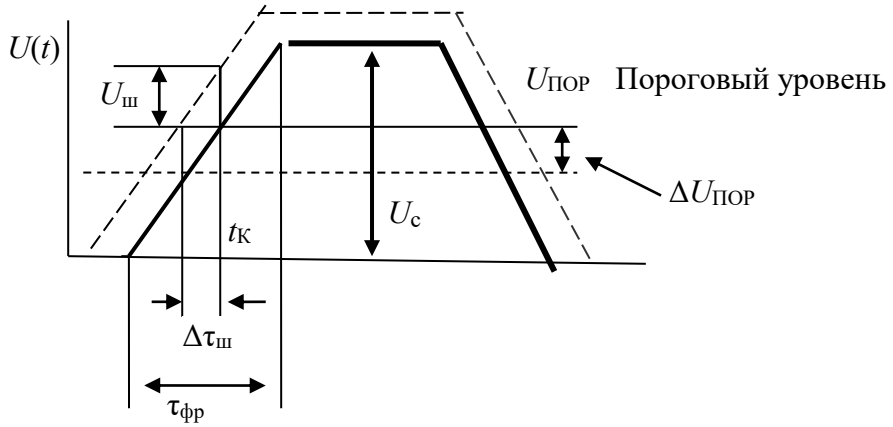


Рис. 10.21. Влияние шумовой помехи и величины порогового уровня на измерение $\tau_з$

При малых значениях $U_с$ или больших значениях $U_ш$ в момент пересечения передним фронтом импульса нормированного порогового уровня возможен, за счёт выбросов амплитуды шума $U_ш$ по оси $U(t)$, случайный сдвиг временного момента $t_к$ по оси времени t на величину $\Delta\tau_ш$,что приведёт к образованию случайной погрешности измерения временного момента $t_к$ и, соответственно, к погрешности определения времени задержки $\Delta t_з$.

Отсюда величина линейной погрешности из-за влияния шумовой помехи $\Delta L_ш = 0{,}5 \cdot V_р \cdot \Delta t_з$.

Для оценки влияния электрических шумов на **погрешность измерения дальномеров с импульсным периодическим сигналом при отсутствии временных параметров импульсов** можно построить простую векторную диаграмму (рис. 10.22), представив смесь сигнал+шум в виде суммы двух векторов $\overline{U_с}$ и $\overline{U_ш}$.

Под воздействием $U_ш$, величина которого имеет случайные мгновенные значения $U_{ш\,i}$ и случайной круговой скорости $\omega_{ш\,i}$, результирующий вектор $\overline{U}_R = U_с + U_ш$ будет колебаться в пределах $2\Delta\varphi$.

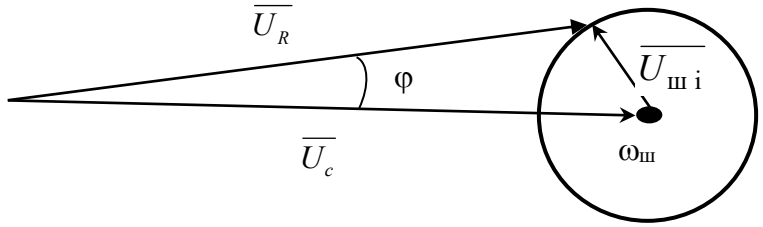


Рис. 10.22. Диаграмма влияния φ от $U_ш$

Для малых значений $U_ш$

$$\Delta\varphi_ш = \frac{U_ш}{U_с}\ \text{рад};\ \Delta\varphi^\circ = \frac{U_ш \cdot 57^\circ}{U_с}.$$

Для реального значения отношения $U_с/U_ш = 1000$, при $L = 1000$ м и $\lambda = 20$ м, максимальное значение погрешности измерения дальности

$$\Delta l = \frac{2\Delta\varphi}{360^0} \cdot 0{,}5\lambda \approx 3{,}0\ \text{мм},$$

что соответствует второму члену уравнения погрешности светодальномеров СТ-5, СТ-10 и т. д., величина средней квадратической погрешности которых СКП = $(5 + 3 \cdot 10^{-6} L)$ мм, где L в мм. Первый член данного уравнения характеризует неисключённые систематические погрешности и фактически определяет инструментальную погреш-

ность дальномера, второй член зависит от отношения сигнал/шум $U_с/U_ш$.

Выбор условий прохождения сигнала, энергетических характеристик отражателей имеет важное значение для снижения случайных погрешностей измерений.

10.6.5. Переменная систематическая погрешность

Переменная систематическая (циклическая) погрешность – это погрешность дальномеров с периодическим сигналом. Причиной ее образования является проникновение в приемный канал части излучаемого сигнала в виде электромагнитной или оптической помехи $U_п$ (рис. 10.23, 10.24). В результате на вход измерительного устройства поступает сигнал, который при периодическом сигнале можно представить в виде суммы двух векторов $\overline{U_с} + \overline{U_п}$ с начальным угловым положением векторов $\varphi_с = 0$ и $\psi = 0$. При измерении дальности вектор $U_с$ изменяет свое угловое положение на величину $\Delta\theta° = (\tau_с/T) \cdot 360$.

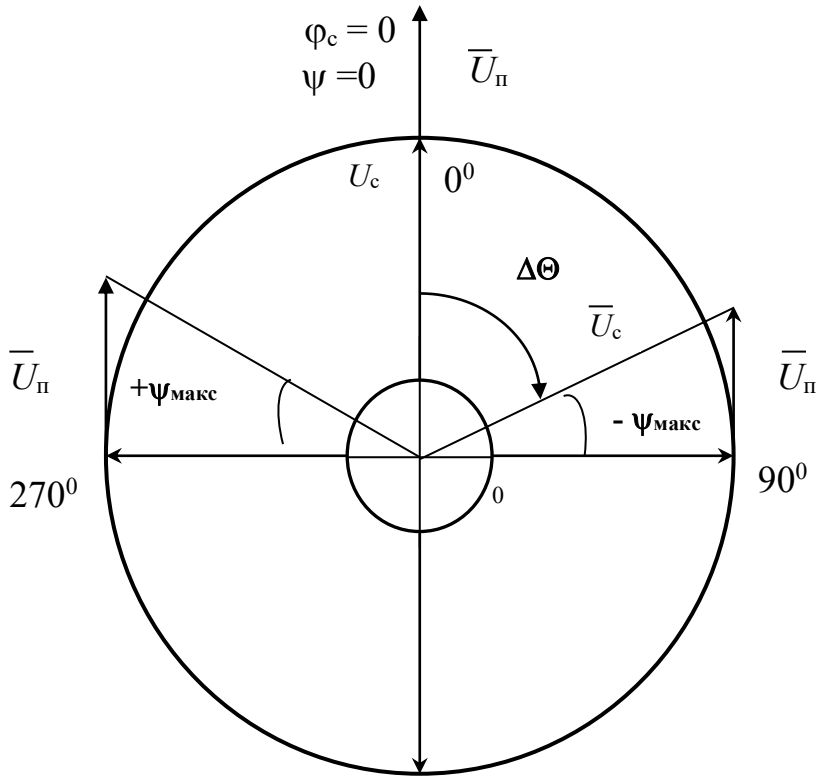


Рис. 10.23. Зависимость циклической погрешности от $U_п$

Угловое положение вектора $\overline{U_п}$ не зависит от дальности, так как образуется за счет внутренней паразитной межканальной (передатчик-приемник) связи и остаётся постоянным. Угловое положение

θ вектора $U_с$ изменяется при изменении дальности в интервале от 0 до 0,5 λ от 0 до 360°.

В точке θ = 0 угловой сдвиг ψ между $\overline{U_с}$ и $\overline{U_п} = 0$.

В точке θ = 90° угол ψ между векторами $\overline{U_с}$ и $\overline{U_п}$ будет иметь максимальное значение с отрицательным знаком.

В точке θ = 180° ψ = 0.

В точке θ = 270° угол ψ будет иметь максимальное значение, но с положительным знаком + $\psi_{макс.}$ В общем виде величина ψ = $= \arcsin \frac{U_п}{U_с}$ или, при малых значениях $U_п$, $\psi = \frac{U_п}{U_с}$, рад.

С учетом зависимости ψ от θ:

$$\psi = \arcsin \frac{U_п}{U_с} \sin \Theta .$$

График зависимостей ψ и Δ L от дальности в пределах от 0 до 0,5λ изображен на рис. 10.24.

Для перевода угловой погрешности в линейную можно использовать формулу $L = \frac{\Delta T}{T} \cdot 0{,}5\lambda$, заменив значения ΔT и T на фазовые (угловые) эквиваленты. $\Delta L = \frac{\psi}{\Theta} \cdot 0{,}5\lambda$. Для $\frac{U_п}{U_с} = 0{,}01$ $\psi \approx 0{,}57°$.

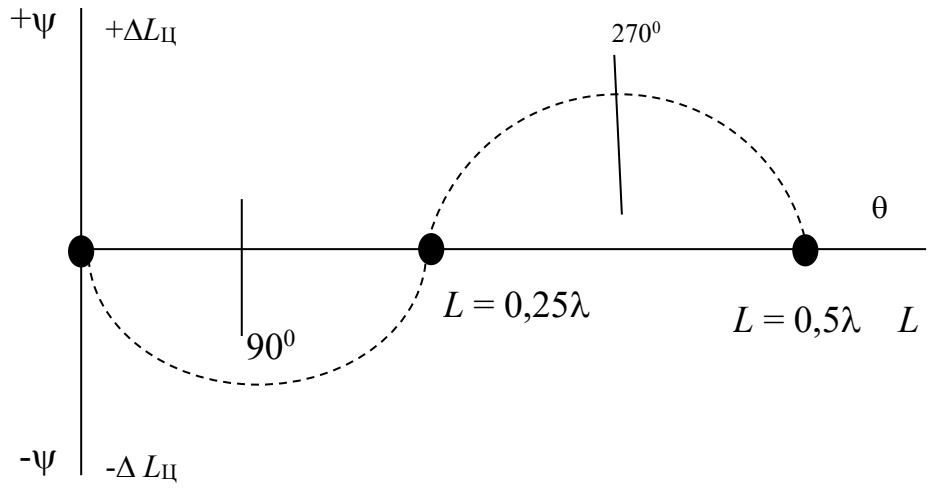


Рис. 10.24. График зависимости Δl от L

В светодальномерах типа СТ10, тахеометрах 4ТА5 (0,5λ = = 10000 мм) при $\frac{U_{\text{п}}}{U_{\text{с}}} = 0{,}05$ $\Delta L_{\text{ц}} = \frac{0{,}2}{360} \cdot 10000\text{мм} \approx 5\text{ мм}$.

Из рассмотренных примеров следует, что основным способом уменьшения влияния циклической погрешности является повышение отношения $U_{\text{с}} / U_{\text{п}} > 1000$. Другим способом уменьшения $\Delta L_{\text{ц}}$ является контрольный сдвиг временного момента $t_{\text{К}}$ на полпериода 0,5Т с вычислением среднего значения $L_{\text{изм}}$, что позволяет уменьшить влияние погрешности $\Delta L_{\text{ц}}$. Такой способ зарекомендовал себя в светодальномере КДГ-3. Аналогичная методика уменьшения погрешности эксцентриситета применяется в теодолитах с двухсторонним отсчётом.

Одной из основных причин прохождения излучаемого сигнала в виде помехи $U_{\text{п}}$ в приёмный канал является применение однообъективной оптической схемы.

Световой излучаемый импульс с высоким уровнем излучаемой мощности, при применении совмещённой однообъективной оптической системы, после многократного переотражения в объективе на поверхностях раздела стекло-воздух, попадает в приемный канал, минуя дистанцию, в виде $U_{\text{п}}$ (рис. 10.25), что способствовало образованию циклической погрешности $\Delta L_{\text{ц}}$ за счет оптической помехи $U_{\text{п}}$.

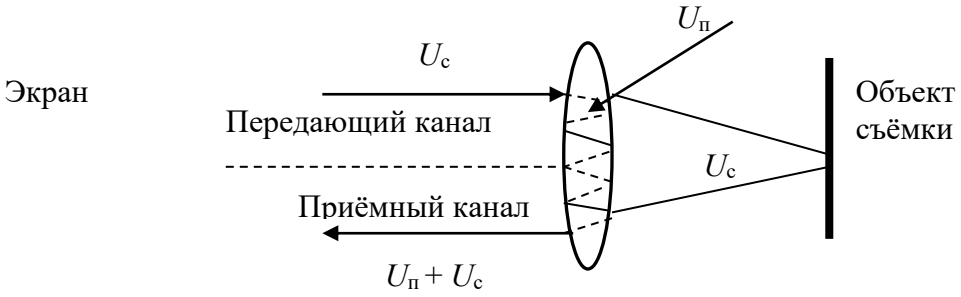


Рис. 10.25. Принцип образования оптической межканальной помехи

После разделения оптической системы на два независимых объектива проблема образования циклической погрешности для дальномеров с мощным сигналом не исчезла. При наличии задымленности, тумана, пыли на пути луча возникает объёмная отражающая среда (рис. 10.26).

За счет отражения от пыли, дождя, снега при больших уровнях $U_{\text{п}}$ величина максимального значения погрешности $\Delta l_{\text{ц}} = \Delta T_{\text{п}}/T \cdot 0{,}5\lambda$ в отдельных случаях может достигать долей метров. Нередко даль-

номер при наличии отраженного сигнала от цели прекращает процесс измерения из-за конфликтной ситуации между сигналами.

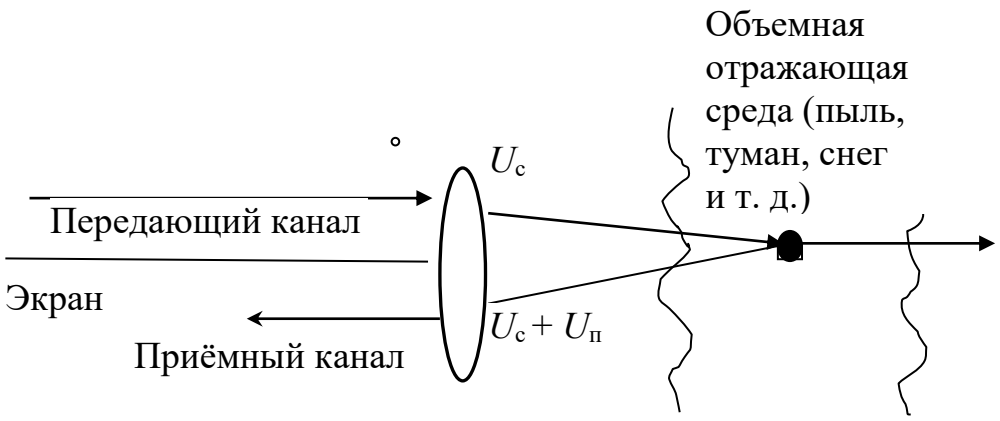


Рис. 10.26. Влияние внешней отражающей среды

Такой же эффект можно получить при отражении сигнала от шнура отвеса, ветки и других объектов, расположенных на линии луча. Отмечено, что влажные стены способствуют образованию эффекта зеркального отражения, и излучаемый сигнал не возвращается в приёмный канал. Кроме того, при высотах неровностей диффузной (шероховатой) поверхности, близких к 0,5 $\lambda_{лазера}$ (0,0005 мм), возможно образование темных полос интерференции, что уменьшает яркость светового пятна. Все это требует внимательного подхода к окружающей среде и объектам съёмки при применении безотражательного режима измерений.

10.6.6. Погрешность дрейфа нуля

Светодальномер – сложнейшее электронное устройство с множеством электрических элементов и цепей. Изменение их параметров вызывает изменение временных характеристик сигнала. Ниже рассмотрена одна из возможных причин.

Отсчёт временных моментов в электронных средствах измерений производится в моменты пересечения амплитудного значения сигнала через заданный уровень напряжения (пороговый уровень) $U_{пор}$. В качестве примера можно привести график, представленный на рис.10.2, на котором показан процесс определения временного момента $t_К$ по оси t. В реальных устройствах не существует идеального значения напряжения порогового уровня. Изменение температуры окружающей среды, нагревание сопротивлений электрической схемы

за счёт протекающего через них тока, согласно закону Ома, приводит к изменению (дрейфу) $U_{пор}$ на величину $\Delta U_{пор} = I \cdot \Delta R$. Составив простейшее уравнение $\Delta U_{пор} / U_{пор} = \Delta t_к / \tau_{задержки}$, получим величину систематической погрешности измерения момента $t_к$ для импульсного сигнала:

$$\Delta t_к = (\Delta U_{пор} / U_{пор})\, \tau_{задержки},$$

для периодического сигнала

$$\Delta t_к = (\Delta U_п / U_п)\, \tau_{сдвига.}$$

На графике (см. рис. 10.21) величина $\Delta t_к$ для упрощения графика совмещена с величиной максимального отклонения $\Delta t_з$.

На основании формул (10.12), (10.13) величина линейной погрешности

$$\delta_l = (\Delta t_к / T) \cdot 0{,}5\lambda.$$

В светодальномерах типа СТ10, СТ5 $\lambda = 20000$ мм.

При изменении порогового уровня на 0,01 от заданного систематическая погрешность измерения длины $\delta_l = 20$ мм.

Для исключения погрешности дрейфа нуля в светодальномерах устанавливают контрольную линию измерений (см. рис. 10.26).

Измерение производится в два приёма: сначала измеряют длину контрольной линии $L_к \pm \delta_l$, затем длину до измеряемого объекта $L_д \pm \delta_l$. Переключение производится в автоматическом режиме с помощью управляющего процессора.

По встроенной программе вычисляют величину результата измерений, свободную от влияния дрейфа:

$$L_{изм} = (L_д \pm \delta_l) - (L_к \pm \delta_l).$$

10.6.7. Постоянная систематическая погрешность

Постоянная систематическая погрешность зависит от геометрических параметров конструкции и оптики. Её величина определяется уравнением

$$\Delta L_{пп} = 2L - (L_{изл} + L_{отр}),$$

где $2L$ – длина между центрами вертикальных осей дальномера и отражателя 3; $(L_{изл} + L_{отр})$ – фактическая длина, пройденная сигналом от излучателя «1» до приёмника «2», включая путь, пройденный по электрическим цепям дальномера (рис. 10.27).

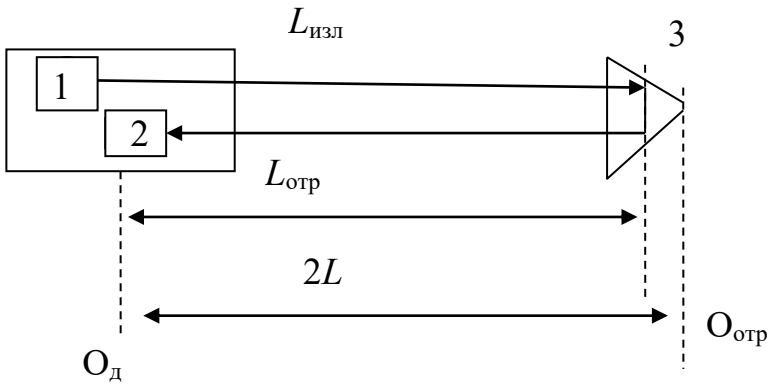


Рис. 10.27. Геометрическая схема образования постоянной систематической погрешности

Если $(L_{изл} + L_{отр}) > 2L$, то в результат измерений вводится постоянная поправка $\delta_{пп} = -\Delta L_{пп}$ или её величина вводится в память дальномера. При применении некомплектного отражателя, имеющего разные геометрические размеры и способы крепления, в обязательном порядке необходимо проверить величину $\delta_{пп}$ измерением эталонных длин.

10.6.8. Амплитудно-временная погрешность

Величина временных моментов t_0 и $t_к$ измеряется в момент пересечения передним фронтом импульса $U_с$ заданного порогового уровня постоянного напряжения $U_{пор}$ (рис. 10.28).

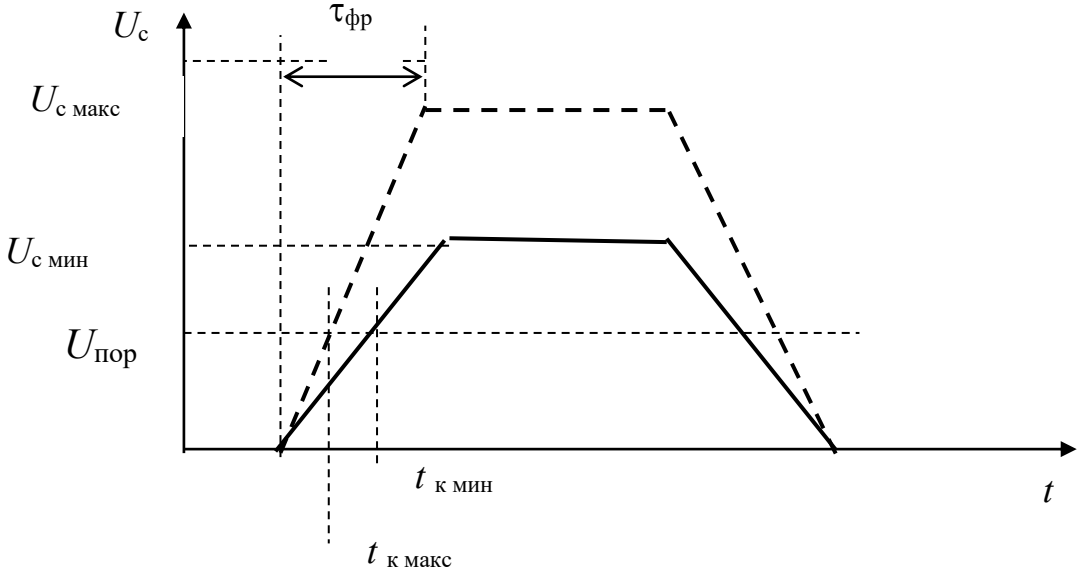


Рис. 10.28. График зависимости $t_к$ от уровня $U_с$

При измерении больших расстояний величина сигнала $U_{\text{с}}$ изменяет свое значение в некоторых пределах от $U_{\text{с макс}}$ до $U_{\text{с мин}}$ за счет ослабления светового потока в атмосферной среде и за счет наличия угловой расходимости луча, площадь сечения которого с определенного расстояния превышает площадь отражателя.

Изменение уровня сигнала от $U_{\text{с макс}}$ до $U_{\text{с мин}}$ вызывает смещение начала отсчета временного момента $t_{\text{к}}$ на величину

$$\Delta t_{\text{ур}} = t_{\text{к макс}} - t_{\text{к мин}},$$

что, соответственно, приводит к образованию систематической линейной погрешности:

$$\pm\delta_{\text{ур}} = \Delta t_{\text{ур}} \cdot 0{,}5 \cdot V_{\text{с}}.$$

Знак погрешности зависит от того, увеличивается или уменьшается величина $U_{\text{с}}$ относительно порогового уровня $U_{\text{пор}}$.

Для уменьшения погрешности $\delta L_{\text{ур}}$ в дальномерах предусмотрена либо ручная, либо автоматическая регулировка уровня $U_{\text{с}}$ до нормированного значения $U_{\text{с}} = U_{\text{пор}}$.

10.6.9. Погрешность от влияния временной неоднородности p-n-перехода полупроводникового лазера и фотодиода

На отдельных участках *p*-*n*-перехода полупроводникового лазера рекомбинация электронов и дырок происходит не одновременно. Это вызвано, в первую очередь, тем, что электрический ток $I_{\text{м}}$ импульса $U_{\text{м}}$, поступающий на *p*-*n*-переход, не в состоянии изменить свою величину мгновенно, скачком от нуля до заданного максимального значения. Элементы конструкции и сам *p*-*n*-переход имеют собственную емкость *C*, сопротивление *r* и индуктивность *L*, для которых постоянная времени заряда (разряда):

$$\tau_{\text{зар}} = rC = \frac{L}{r}.$$

Для разных точек *p*-*n*-перехода величины *C*, *r*, *L* имеют различное значение, так как идеальных технологий выращивания кристаллов, соединений *p* и *n* структур не может быть в принципе.

Все это способствует образованию продольной и поперечной временной (фазовой) неоднородности по сечению *p*-*n*-перехода. В реальных устройствах временные моменты t_0 и $t_{\text{к}}$ характеризуются средним групповым временным моментом:

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i ,$$

где n – количество элементарных площадок излучения (зон рекомбинации).

При точном наведении на отражатель (согласованный режим) величина n не меняет своего значения. При смещении луча относительно отражателя при расстояниях, на которых величина площади сечения луча больше отражателя (несогласованный режим), количество элементарных площадок изображения p–n-перехода уменьшается, что вызывает изменение $t_{\text{ср}}$ на величину:

$$\Delta t_{\text{неодн}} = t_{\text{ср. согл.}} - t_{\text{ср. несогл.}}.$$

Временной погрешности $\Delta\, t_{\text{неодн}}$ соответствует величина линейной погрешности

$$\Delta L_{\text{неодн}} = \Delta t_{\text{неодн}} \cdot 0{,}5 \cdot V_{\text{с}}.$$

Для уменьшения влияния $\Delta L_{\text{неодн}}$ рекомендуется выполнять несколько приемов наведения в вертикальной и горизонтальной плоскостях на отражатель.

Сказанное в полной мере относится и к полупроводниковому фотоприемнику - фотодиоду из-за общих принципов формирования p–n-переходов. При перемещении фокусированного пятна по p–n-переходу фотодиода также наблюдается картина изменения среднего значения временного момента $t_{\text{ср. ф.д.}}$

10.6.10. Погрешность измерения дальности от изменения показателя преломления атмосферы

Состояние атмосферы характеризуется ее метеорологическим полем. Всю толщу земной атмосферы условно делят на две области: область нижних, зависимых от земной поверхности слоев атмосферы, и верхние, не зависимые от состояния земной поверхности воздушные слои – так называемая «свободная» атмосфера.

Распределение метеофакторов в нижних слоях обусловливается интенсивностью солнечного облучения, состоянием погоды, характером земной поверхности, интенсивностью и характером перемещения воздушных масс, временем года и суток и другими факторами, которые на различных высотах над земной поверхностью действуют на состояние атмосферы по-разному.

Практически метеоданные определяются, как правило, лишь в двух точках траектории (для коротких расстояний только на одном его конце с последующей экстраполяцией на другом), и поэтому значение показателя преломления получают большим приближением.

Скорость электромагнитных волн в реальной среде v связана со скоростью света в вакууме c через одну из важнейших характеристик среды – показатель преломления n:

$$v = V_c / n. \qquad (10.25)$$

Показатель преломления в электродинамике определяется из соотношения $n = \sqrt{\varepsilon}$, где ε – диэлектрическая проницаемость среды.

Различают два понятия скорости электромагнитных волн в среде, вводя представления о фазовой и групповой скоростях. Понятие *фазовой скорости* относится к идеальной монохроматической волне.

Фазовой скорости $v_ф$ соответствует *фазовый показатель преломления*:

$$n_ф = V_c / v_ф. \qquad (10.26)$$

Фазовый показатель преломления, а следовательно, и фазовая скорость в среде зависят от частоты (длины волны), и эта зависимость называется *дисперсией.*

Реальная электромагнитная волна не является монохроматической, а состоит из набора волн различных частот ω, группирующихся в некотором спектральном интервале Δω. Если Δω << ω, то такой набор называют *группой волн.*

Поэтому для характеристики движения немонохроматической волны вводят понятие *групповой скорости*, определяемой выражением

$$v_{гр} = V_c / n_{гр.} \qquad (10.27)$$

Коэффициент преломления

$$n = \sqrt{\varepsilon} = \sqrt{1 + (\varepsilon - 1)} \cong 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2}$$

близок к единице. Поэтому удобнее пользоваться так называемым коэффициентом преломления, выраженным в N-единицах:

$$N = (n - 1).10^6 = \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot 10^6 .$$

Применяя для смеси газов (воздуха) закон парциальных давлений Дальтона, получим:

$$N = \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot 10^6 = K_1 \frac{p_1}{T} + K_2 \frac{e}{T} + K_3 \frac{e}{T^2},$$

где p_1 и e – парциальные давления сухого воздуха и водяных паров соответственно. Атмосферное давление $p = p_1 + e$. Коэффициент K_1 характеризует поляризуемость, т. е. влияние смещения электрических зарядов молекул сухого воздуха; коэффициент K_2 учитывает этот же эффект для молекул воды. Коэффициент K_3 связан с дипольным моментом полярных молекул воды и отражает влияние изменений их электрической ориентации, т. е. поляризацию ориентации.

Коэффициенты K_1, K_2, K_3 неоднократно определялись экспериментальным путем.

Приняв для коэффициентов средние условия, т. е. при $N_{\text{гр}}^0 = 305$; $T = 288$ K; $p = 1013$ мб и $e = 10$ мб, получим следующее выражение для световых волн:

$$dN_{\text{гр}} = 0{,}3dp - 1{,}0dT - 0{,}4de, \qquad (10.28)$$

где dp и de выражены в миллибарах и dT – в градусах. Соответствующие средние квадратические погрешности индекса преломления для световых волн:

$$\sigma_N = \sqrt{(0{,}3m_p)^2 + 1{,}0m_t)^2 + (0{,}04m_e)^2}\ .$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что погрешности измерения метеорологических элементов зависят от погоды; при этом с повышением температуры и в особенности влажности воздуха погрешности σ_t и σ_e возрастают. При наиболее благоприятных условиях (при температуре около 0 °С ночью и в пасмурную погоду днем) измеренные температура и влажность получаются, как правило, с наименьшими погрешностями: $\sigma_t = 0{,}1 - 0{,}2$ °С; $\sigma_e = 0{,}2 - 0{,}3$ мб. При высокой температуре и влажности, в особенности в ясную погоду днем, ошибка измерения температуры достигает 0,6 – 0,8 °С, а ошибка измерения влажности – 1,3-1,5 мб. Положив средние квадратические ошибки метеорологических элементов: $\sigma_p = \pm 0{,}7$ мб; $\sigma_t = \pm 0{,}4$ °С; $\sigma_e = \pm 0{,}7$ мб, найдем по формулам (10.28), (10.29) средние квадратические погрешности индекса преломления для световых волн для средних условий:

$$\sigma_N = \sqrt{0{,}04 + 0{,}16 + 0{,}00} = \pm 0{,}4\ .$$

В табл. 10.2 приведены относительные средние квадратические погрешности от изменения метеофакторов для температуры $T = 290$ К, давления $P = 760$ мм. рт. ст, влажности (парциального давления) $e = 10$ мм. рт. ст, длины волны красного лазерного диода $\lambda = 0{,}63$ мкм и $N_{\text{гр}}^0 = 1{,}0002922$.

Таблица 10.2

Относительные средние квадратические погрешности от влияющих факторов

$\left(\frac{\sigma_L}{L}\right)_{t0} = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)_{t0}$	$\left(\frac{\sigma_L}{L}\right)_{p} = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)_{p}$	$\left(\frac{\sigma_L}{L}\right)_{e'} = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)_{e'}$
$\frac{1}{1000000}$	$\frac{1}{2500000}$	$\frac{1}{1700000}$

Из табл. 10.2 следует, что **точность измерения дальности светодальномером в большей степени зависит от погрешности определения температуры и давления.**

Погрешности определения метеоданных: температуры, давления и влажности воздуха – зависят как от погрешности измерения этих величин с помощью соответствующих метеорологических приборов, так и в гораздо большей степени от того, что эти величины не остаются постоянными на всем рабочем участке траектории луча. Иными словами, атмосфера неоднородна, и принятое нами предположение, что скорость распространения электромагнитных волн во всех точках рабочего участка траектории луча остается постоянной, приближенно. Следовательно, мы имеем дело не с равномерным прямолинейным распространением, а с гораздо более сложным видом движения. Однако пройденный путь будет равен пути, вычисленному для равномерного прямолинейного распространения, если скорость этого фиктивного движения принять равной среднеинтегральному значению.

Эта задача невыполнима при измерении длин линий, проходящих над карьером, над холмистой местностью, так как не представляется возможным определить изменение температуры в нескольких точках линии. Для определения поправок за коэффициент преломления к дальномерам прилагаются соответствующие таблицы или номограммы. В современных светодальномерах установлены датчики автоматического определения температуры и давления, либо их значения вводятся в память для внесения соответствующих поправок.

10.7. Устройства отображения информации цифровых дальномеров

Для отображения информации на дисплее в цифровых дальномерах аналоговую величину преобразуют в дискретную, имеющую вид последовательности электрических импульсов. В дискретном представлении измеренное значение дальности $L = \sum_{0}^{m} l_0$, т. е. задача измерения сводится к подсчету количества импульсов (дискретов) m при выбранном значении размерности l_0.

Формирование суммы дискретов выполняют счетчики с двоичной системой счисления.

Структурная схема счетчика представлена на рис. 10.29.

Регистр дальности состоит из n-го числа двухстабильных ячеек памяти (триггеров со счетным входом).

Каждый триггер переключается из состояния "0" в состояние "1" с поступлением каждого следующего импульса.

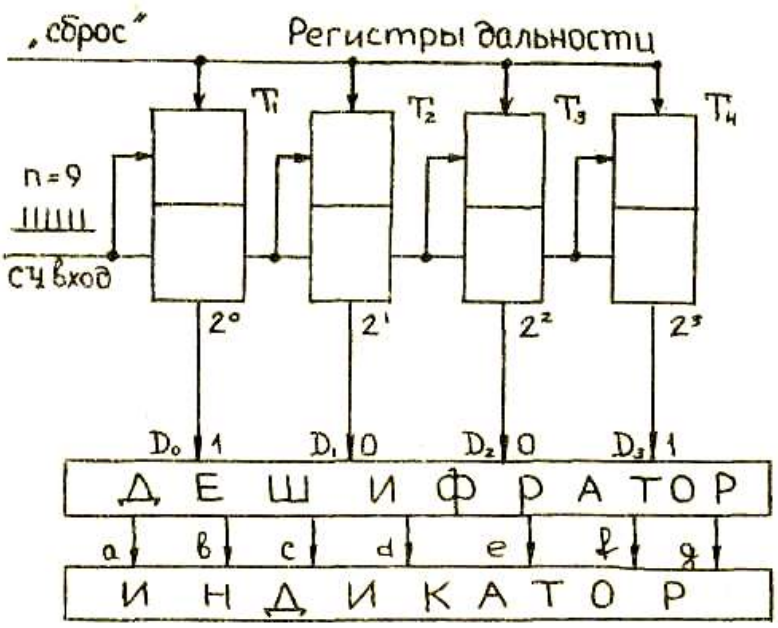


Рис. 10.29. Структурная схема счетчика

Назовем переключение из состояния "0" в "1" прямым, а из "1" в "0" – обратным.

На вход триггера разряда 2 поступают электрические импульсы счета. Каждый поступающий импульс переключает триггер из"0" в "1" и обратно. В результате на выходе получаются широкие импульсы, число которых в два раза меньше, чем на входе (рис. 10.30).

Далее этот процесс повторится на всех последующих триггерах, осуществляя последовательное деление количества импульсов на "2".

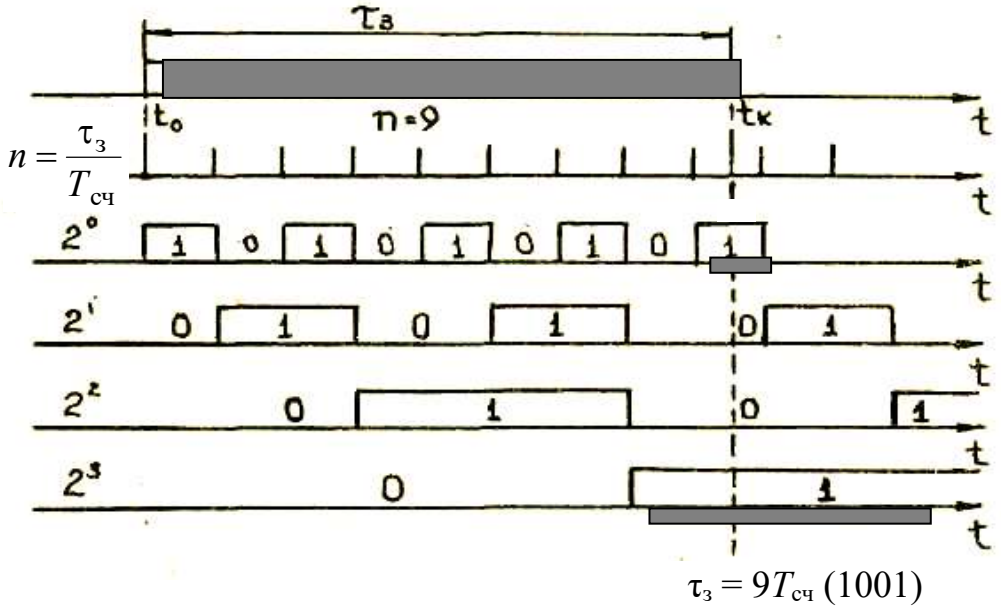


Рис. 10.30. Диаграмма состояния выходов счетчика

Таким образом, "1" на выходе первого триггера указывает число сосчитанных нечетных единиц, на выходе второго – число нечетных двоек, на выходе третьего - число нечетных четверок и т. д. Четное число единиц, двоек, четверок дает в каждом данном разряде"0" и перенос "1" в старший разряд, следовательно, единица каждого разрядного триггера имеет цену своего разряда в двоичной системе 1, 2, 4, 8...

Высокий потенциал на выходе триггера представляет логическую "1", а низкий – "0". В приведенном примере в регистре дальности записано число 1001 - это двоичное представление десятичного числа 9.

Данная кодовая комбинация поступает на дешифратор, который двоичный код преобразует в десятичный, или, например, как показано ниже, в восьмеричный светодиодных или жидкокристаллических дисплеев.

Кодовая комбинация на входе дешифратора 1001 преобразуется на выходе дешифратора в код 11110111 (рис. 10.31).

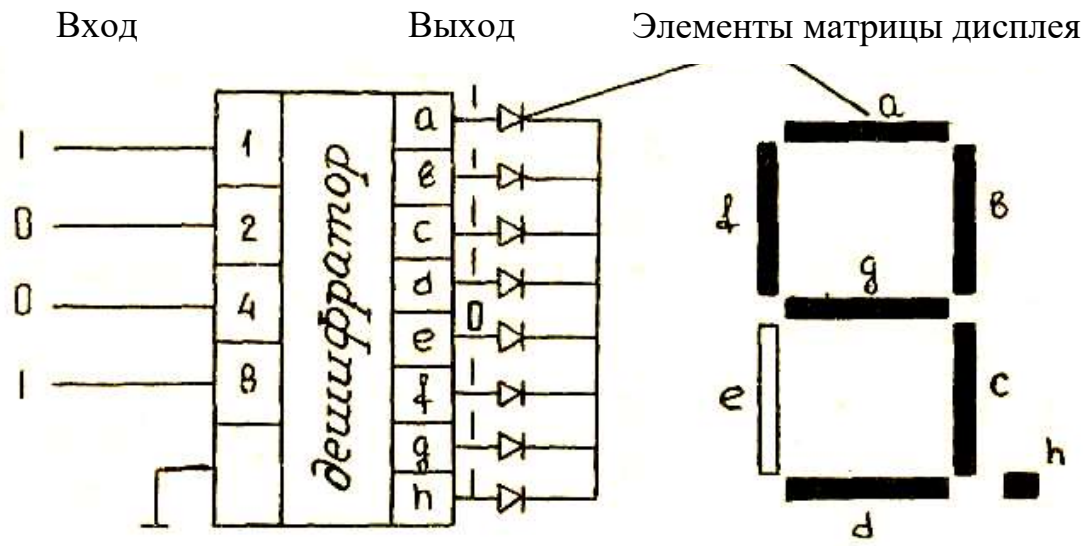


Рис. 10.31. Схема дешифратора дисплея

Количество дешифраторов и индикаторов определяется количеством значащих разрядов измеренной дальности. Имеются счетчики, у которых один дешифратор поочередно со скоростью 30 мс переключается от одного знакового индикатора к другому. В каждом цикле меняется кодовая комбинация дешифратора, и благодаря высокой скорости переключения изображения на всех индикаторах наблюдается как непрерывное свечение суммы результата измерений. Дешифратор часто выполняется на базе постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), с программой преобразования двоичного кода в код символа дисплея.

10.8. Типы дальномеров

Светодальномеры как самостоятельное средство измерения расстояний в настоящее время промышленностью практически не производятся, кроме специализированных геодезических с дальностью измерений не менее 50 км. Светодальномеры с полупроводниковым лазером стали неотъемлемой частью электронных тахеометров, сканеров. Исключение составляют **лазерные портативные** дальномеры, которые нашли широкое применение в строительных разметочных работах и при маркшейдерских измерениях недоступных объектов (табл. 10.3).

Таблица 10.3

Технические характеристики лазерных дальномеров Disto (Швейцария)

Характеристика	Disto Lite	Disto classic	Disto Pro	Disto Pro A
Точность измерений (СКП), мм	± 3	± 3	min ± 3 max ± 5	min ± 1,5 max 2
Мин. разряд дисплея, мм	1	1	1	1
Дальность измерения, м	0,2 – свыше 200	0,2 – свыше 200	0,3 – свыше 100	0,3 – свыше 100
Время измерения расст., с	0,5 … около 4	0,5… около 4	0,5 … около 4	0,5 … около 4
Время измерения трекинг, с	0,16 …. около 1	0,16 …. около 1	0,16 …. около 1 с	0,16 …. около 1
Батарея, тип ААА, 4×1,5 В	Более 1000 измерений	Более 1000 измерений	Более 3000 измерений	Более 3000 измерений
Лазер, нм	Видимый луч; 635	Видимый луч; 635	Видимый луч; 635	Видимый луч; 635
Диаметр лазерного пятна	–	6/30/60 мм (10/50/100 м)	6/30/60 мм (10/50/100 м)	6/30/60 мм (10/50/100 м)
Память данных	–	15 значений	800 значений	800 значений
Клавиатурная память для констант	9	9	9	9
Габариты, мм; вес, г	142×73× 45×290	172×73× 45×310	188×70× 47×440	188×70× ×47×440
Температурный диапазон: хранение работа	 –40 °С до + 70 °С –10 °С до + 50 °С	 –40 °С до + 70 °С –10 °С до + 50 °С	 –40 °С до + 70 °С –10 °С до + 50 °С	 –40 °С до + 70 °С –10 °С до + 50 °С

Портативные лазерные дальномеры («лазерные рулетки») относятся к дальномерам с периодическим сигналом. Они вобрали в себя все лучшие энергетические качества импульсных дальномеров: короткие импульсы излучения, малую площадь сечения луча, высокую частоту повторения импульсов – до 10^9 Гц.

10.9. Акустические дальномеры

Данный тип дальномеров в отличие от светодальномеров (лазерных дальномеров) имеет важное отличительное свойство: звуковая волна способна распространяться по изогнутым звуководам (искривлённым скважинам), отражаться от зеркальных, влажных поверхностей, прозрачных жидкостей, проходить через запылённую, загазованную, задымлённую среду (табл. 10.4).

Таблица 10.4

Технические характеристики акустических дальномеров SONIN (Япония)

Параметры	SONIN-45	SONIN-60 PRO	SONIN COMBO PRO	SONIN-75
Измеряемое расстояние, м	До 13	До 18	До 18 в одиночном режиме; до 75 в режиме работы с приемником	До 18
Встроенные функции	Сложение, вычитание, вычисление площади и объема			
Точность измерения	0,5 % измеряемого расстояния **(± 6 мм)**	0,5 % измеряемого расстояния **(± 6 мм)**	0,5 % измеряемого расстояния **± 6 мм** в режиме без приемника; 0,5 % измеряемого расстояния (± 13 мм) в режиме с приемником;	0,5 % измеряемого расстояния **(± 6 мм)**
Память	Запоминание семи измерений			

Специальные типы акустических дальномеров способны измерять рельеф дна, что важно при гидравлических и дражных работах. Структурная схема акустических дальномеров подобна схемам светодальномеров с периодическим сигналом. Отличаются они типом излучателя и приёмника, которые выполнены из пьезоэлектрического материала.

При подаче на пьезоизлучатель электрических импульсов последний генерирует акустические (звуковые или ультразвуковые) импульсы, которые создают ударную волну в измеряемой среде.

Периодическая последовательность импульсов или одиночный импульс после отражения от объекта измерений (эхо – сигнал) принимается пьезокристаллическим приёмником (аналог чувствительного микрофона) и преобразуется в электрический сигнал. Дальномерным устройством, как и в светодальномерах, определяют $\tau_{задержки}$ или $\tau_{сдвига}$ и дальность: $L = 0{,}5 \cdot V_{звука}\ \tau_{сдвига}$. Соответственно, все времен-

ные длительности ($T_{п}$, $\tau_{сдвига}$, $T_{сч}$) будут во столько раз больше, во сколько раз скорость звука меньше скорости света. Это позволяет увеличить количество дискретов при выполнении операции дискретизации импульса дальности $\tau_{д}$ и получить миллиметровую точность измерений.

11. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ

11.1. Общие сведения

В настоящее время для маркшейдерско-геодезических измерений отечественными и зарубежными производителями выпускается широкий спектр электронных тахеометров. Наиболее популярные фирмы-изготовители: Уральский оптико-механический завод – серия Та; Leica (Швейцария) – серия ТС; Sokkia, Topcon, Nikon (Япония); серии – GTS, DTM, Trimble Elta (США, Германия); Spektra Precision (Швеция) – серия Geodimeter. За сравнительно короткий срок электронные тахеометры прошли практически революционный путь развития.

В тахеометрах **первого поколения** (70-80-е годы) были автоматизированы процессы измерения расстояний, считывания направлений и углов по кодовым дискам. Результаты измерений выдавались на электронное табло.

У **второго поколения** (конец 80-х годов – первая половина 90-х годов) была реализована возможность записи результатов в накопители данных (карты памяти типа PCMCIA), с передачей этих данных с помощью интерфейсных устройств (адаптеров) в компьютер.

Третье поколение тахеометров (со второй половины 90-х годов до настоящего времени) отличалось от предыдущих наличием постоянной памяти и возможностью передачи данных из тахеометра непосредственно в персональный компьютер и обратно, без дополнительных интерфейсных устройств. Приборы стали выполнять функции полевого журнала: наличие вспомогательных программ, позволяющих эффективно работать в поле, например: программы выноса точек в натуру со смещениями по углу и расстоянию; определения высоты и расстояния до недоступного объекта; выполнения обратной засечки; измерения углов и расстояний с использованием полигонального режима и многие другие.

Четвёртое поколение – это тахеометры с безотражательным режимом измерения расстояний, что расширило функциональные возможности тахеометров. К одним из первых можно отнести маркшейдерский безотражательный тахеометр СМБР, который был разработан на кафедре маркшейдерского дела СГИ (УГГУ) в 1982 году [6].

Пятое поколение – это автоматизированные тахеометры типа TSA, TPS, имеющие режим автоматического поиска отражателя – марки, автоматический режим измерений и регистрации информации. Для облегчения выполнения разбивочных работ современные тахеометры снабжены указателем направления, расположенным в корпусе зрительной трубы. Его оптическая ось находится в коллимационной плоскости и параллельна оси зрительной трубы. Излучение указателя направления разделено по вертикали коллимационной плоскостью на два красных световых луча: один постоянный, другой мигающий. При выносе в натуру отражатель устанавливают в плоскости разделения сигналов на непрерывный и мигающий лучи. Современные тахеометры имеют лазерный отвес, инфракрасный порт для бескабельной передачи данных в компьютер и управления, радиомодемный модуль для передачи информации о состоянии измерений по выбранному адресу, что сделало возможным автоматизировать полевые измерения.

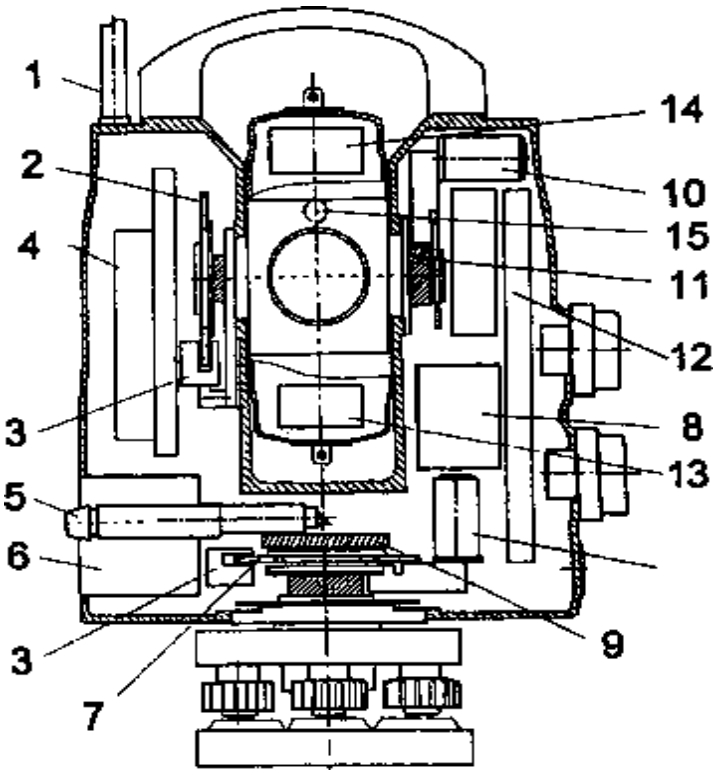


Рис. 11.1. Обобщенная структурная схема современного электронного тахеометра:
1 – антенна; *2* – вертикальный кодовый диск; *3* – считывающие устройство вертикального и горизонтального кругов; *4* – радиомодем; *5* – центрир; *6* – аккумуляторы; *7* – горизонтальный кодовый диск; *8* – датчик наклона; *9* – вертикальная ось; *10* – мотор; *11* – горизонтальная ось; *12* – микропроцессор; *13* – устройство наведения; *14* – светодальномерный блок; *15* – указатель направления

Все перечисленные выше усовершенствования улучшили качественные характеристики тахеометров, способствовали повышению производительности труда.

Конструктивное содержание современного электронного тахеометра представлено на рис. 11.1.

Антенна *1* радиомодема служит для обмена по радиоканалу служебной и измерительной информацией; кодовые диски *2*, *7*, считывающие устройства *3*, преобразуют измеренные величины углов в электрический код, поступающий в микропроцессор *12*; светодальномерный блок *14* имеет один или два излучателя (красный и инфракрасный) для обеспечения режимов измерений «с отражателем» и «без отражателя», фотоприёмник для приёма отражённого излучения, устройство измерения расстояний; датчик углов наклона осей тахеометра *8* для преобразования углов наклона в электрический код; мотор *10* для обеспечения режима автоматического поиска визирной цели; указатель направления *15* служит для быстрого поиска направления визирного луча при полевых измерениях.

Основные характеристики современных электронных тахеометров приведены в приложении 2.

11.2. Устройства считывания направлений и углов

Несмотря на различия в принципах действия, большинство оптико-электронных систем считывания с кодовых дисков направлений и углов являются абсолютными, в которых величина углового направления определяется путём считывания закодированной величины в том или ином секторе кодового диска. Это можно сравнить с процессом считывания угловой величины с лимба теодолита. При абсолютном считывании нулевое направление на кодовом диске не зависит от положения алидады в момент включения прибора и сохраняется в памяти после его отключения. Существуют три основных типа устройств абсолютного считывания: *кодовые*, *динамические*, *накопительные* (инкрементальные) с маркировкой нулевого направления.

Рассмотрим принципы действия этих устройств.

11.2.1. Кодовые устройства считывания направлений и углов

В кодовых устройствах считывания, по аналогии с оптическими, измеряемое значение направления считывается непосредственно с кодового диска (лимба), на котором нанесен двоичный код. Теневое изображение нанесённого на диск кода с помощью светодиода, опти-

ческой системы проецируется на фотодиодную линейную ПЗС – матрицу (полупроводниковый прибор с **з**арядовой **с**вязью), формируя на ней изображение кода. Фотодиодная линейная матрица состоит из *n* фоточувствительных элементов – пикселей. Основное назначение фотодиодной матрицы – преобразование визуального изображения кода в электрические потенциалы. Как известно, переменные в кодовой логике могут принимать два значения – «0» или «1»: Черному (непрозрачному) штриху, перекрывающему световой поток на пути светодиода, соответствует низкий уровень освещенности фотодиода матрицы и соответственно низкий уровень потенциала электрического напряжения на выходе неосвещённого фотодиода. Низкий потенциал соответствует «0». Высокий потенциал освещённого фотодиода, в положительной логике, соответствует «1» двоичного кода. Ниже приведён пример реализации считывания значения угловой величины с кодового диска тахеометра ТС1600. **В тахеометре ТС1600 для реализации грубого отсчёта диск разделен на 128 секторов**, границами которых являются широкие штрихи *S* (рис. 11.2). Каждый из этих 128 секторов имеет свой закодированный номер. Номер сектора записан в двоичном коде с помощью дополнительных семи штрихов **(*N* = 2^7 =128)**, расположенных между штрихами *S*. Штрихи кода отличаются друг от друга по ширине в зависимости от своего значения **(«0» – широкий , «1» – узкий).** На 102 элементах (пикселях) линейной фотодиодной матрицы формируется изображение одного сектора. Каждый диод имеет чувствительную поверхность площадью 25×15 мкм^2 (1 мкм = 0,001 мм). Расстояние между центрами фотодиодов равно 25 мкм**. Грубый отсчет с точностью до 400 гон/128 = = 3,125 гон (2° 48′ 45") осуществляется определением по коду номера сектора. Точное считывание происходит путем определения положения на фотодиодной матрице крайнего левого штриха *S*, ограничивающего сектор**.

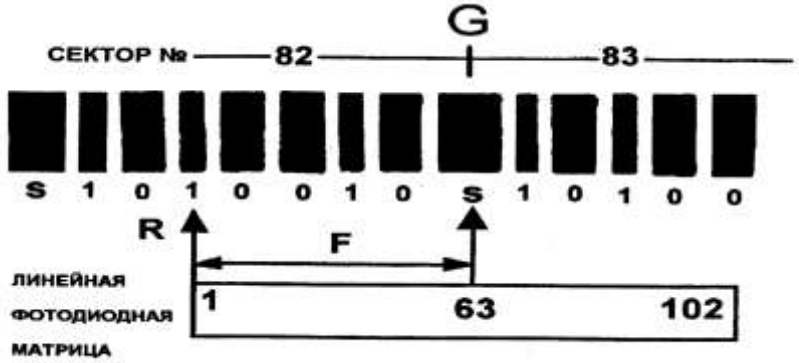


Рис. 11.2. Принцип считывания направлений
в электронных тахеометрах ТС1600

Для точного отсчета служат, наряду с широким штрихом *S*, все штрихи, формирующие двоичный код. Это уменьшает влияние погрешностей нанесения штрихов. Информация о распределении потока излучения между чувствительными площадками фотоприемника (пикселями), преобразованная в электрический цифровой код, сравнивается с хранящимся в памяти эталонным распределением, точно соответствующим нанесенному на диске коду. При этом рассчитывается функция корреляции между сигналом с выхода линейной фотодиодной матрицы $x(k\Delta)$ и эталонным сигналом x' $(k\Delta t+\tau)$, находящимся в памяти микроЭВМ тахеометра:

$$R_{xx'}(\tau) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} x(k\Delta t)\cdot x'(k\Delta t + \tau)\,. \qquad (11.1)$$

Своё максимальное значение функция достигает в том случае, когда функции x $(k\Delta t)$ и $x'(k\Delta t+\ \tau)$ наилучшим образом совпадают в так называемой схеме совпадения коррелятора. Значение τ определяет положение штриха-индекса *S* относительно левого края линейной фотодиодной матрицы (интервал *F*). Таким образом, **ПЗС выступает в роли устройства, определяющего грубое значение угловой величины в *гонах* и точное значение в *миллигонах* по количеству пикселей ПЗС.** Полное значение величины направления $R_{x\ x'}$, соответствующей положению кода на фотодиодной матрице, определяется как

$$R_{x\ x'} = (G - F)\ 400/128 = (83 - 63/102)\ 400/128 = 257{,}4469 \text{ гон.}$$

Гон = 1/400 угловой величины окружности, тысячная доля гона 1 мгон = 3,24".

Средняя квадратическая погрешность определения $R_{x\ x'}$ в электронном тахеометре ТС1600 составляет 0,5 мгон (1,6″).

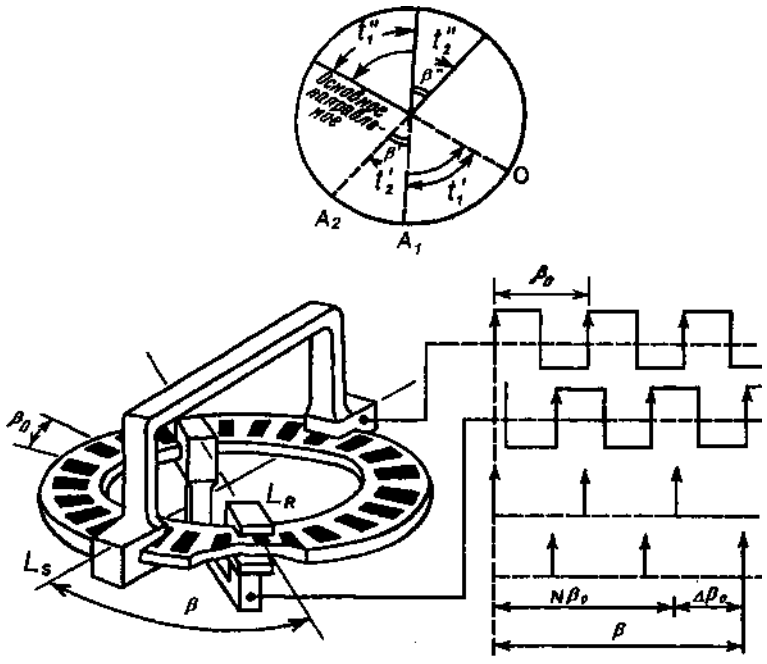
11.2.2. Динамические (времяимпульсные) системы считывания направлений и углов

В качестве меры угла можно использовать время. Для этого достаточно в вершине измеряемого угла поместить вращающийся диск

с маркой и измерять прохождение этой марки от левой до правой стороны измеряемого угла. Формула для вычисления угла

$$\beta = \Omega\, t,$$

где Ω – угловая скорость вращения марки; t – время, затраченное на поворот диска на угол β. Устройство, реализующее динамический (времяимпульсный) способ измерений углов, представленное на рис. 11.3, состоит из равномерно вращающегося кодового диска с маркой, источника и приемника излучения, жёстко связанных с алидадой и зрительной трубой (направление L_R), задающих направление визирования; источника и приемника излучения, жестко соединенных с неподвижным в момент измерения основанием тахеометра (направление L_s) для определения опорного направления (здесь можно провести аналогию с нулевым отсчетом по лимбу). Ориентация горизонтального круга прибора в этом случае сохраняется после его выключения – включения, поэтому динамические системы отсчитывания также относятся к абсолютным. Когда марка проходит опорное направление L_s, в фотодиоде возникает первый электрический импульс, который включает счетчик электрических масштабных (счётных) импульсов заполнения с длительностью τ. После прохождения маркой измеряемого направления L_R возникает второй импульс, который выключает счетчик масштабных импульсов (рис. 11.3).



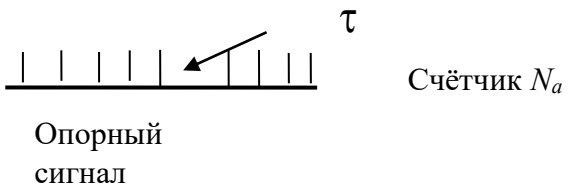


Рис. 11.3. Принцип измерений углов
в динамических угломерных устройствах

Время t можно определить, зная число масштабных импульсов N_a длительностью τ, которые поступают в счетчик числа импульсов при повороте лимба в пределах измеряемого угла от опорного направления L_s до измеряемого направления L_R, используя формулу

$$t = N_a \, \tau.$$

Отсюда величина измеряемого угла

$$\beta = L_R - L_s = \Omega \cdot N_a \cdot \tau. \qquad (11.2)$$

Из выражения (11.2) следует, что при динамическом способе измерений углов необходимо знать точное значение угловой скорости вращения лимба, учитывая, однако, что за один оборот угловая скорость Ω имеет высокую стабильность за счет инерционности кодового диска. **Данный принцип измерений применён в высокоточных угломерных устройствах фирмы Leica Geosystems AG, средняя квадратическая погрешность которых 0,5"**.

11.2.3. Накопительные устройства считывания направлений и углов

В накопительных (инкрементальных) устройствах величина угла получается как сумма штрихов (электрических импульсов), заключенных в его дуге $\beta = \sum\beta_ш$, где $\beta_ш$ – угловая величина между штрихами. Такой код называется единичным последовательным кодом. Примером реализации данного метода измерений является отечественный тахеометр Та3м. На кодовом диске Та3м нанесено 10000 штрихов. С помощью оптической системы на фотодиод проецируются левый и правый края кодового диска, с изображениями штрихов, вращающиеся навстречу друг другу. Таким образом, в плоскости фотодиода перемещается удвоенное количество изображения штрихов, которому соответствует такое же количество электрических импульсов на выходе фотодиода. Отсюда угловая величина интервала между

штрихами (импульсами), при выбранной системе единиц, выраженных в гонах, как было сказано выше, гон = 1/400 угловой величины окружности:

$\beta^g = 400/20000 = 0{,}02$ гон = 20 мгон.

1 мгон = 360·60·60/400000 = 3,24".

В канале грубого отсчёта (ГО) с диска считывается целое количество мгон подсчётом количества штрихов между направлениями. В канале точного отсчёта (ТО) с помощью электронного интерполятора измеряются сотые доли интервала между штрихами с точностью до 0,2 мгон. В Та3м имеется режим пересчёта результата измерения из «гоновской» системы единиц в «градусную» и обратно. Средняя квадратическая погрешность измерения углов в электронных тахеометрах Та3м составляет 3,0″.

11.2.4. Комбинированные системы считывания направлений

Сама по себе накопительная система не является абсолютной. Для реализации измерений направлений необходимо определять полным приёмом величину исходного (начального) направления $\alpha_0 = 0$, что усложняет процесс измерений. Учитывая простоту изготовления простых штриховых (растровых) кодовых дисков в накопительных устройствах, для реализации измерений углов в абсолютной системе применяют дополнительные штрих-кодовые марки на кодовом диске. Для регистрации этой марки считывающей системой необходимо после включения прибора медленно вращать алидаду в диапазоне 360° и наклонять зрительную трубу в рабочем диапазоне. Значение исходного направления, после визирования на цель, в горизонтальной плоскости задаётся клавишей «установка нуля». Основным недостатком накопительных систем считывания является необходимость заново ориентировать тахеометр после выключения питания или разряда аккумулятора. Это создает неудобства в работе, не позволяет использовать энергосберегающий режим электропитания, предусматривающий автоматическое отключение прибора при вынужденном простое, исключает возможность повышения точности измерений путем введения поправок за влияние систематических составляющих погрешностей измерений с помощью микропроцессора прибора.

11.3. Конструктивные особенности тахеометров

11.3.1. Электронные уровни (датчики наклона)

В современных электронных тахеометрах, с целью уменьшения погрешностей измерений углов, вводят в результаты измерений поправки за наклон оси вращения алидады.

На рис. 11.4 показан принцип действия электронного датчика наклона.

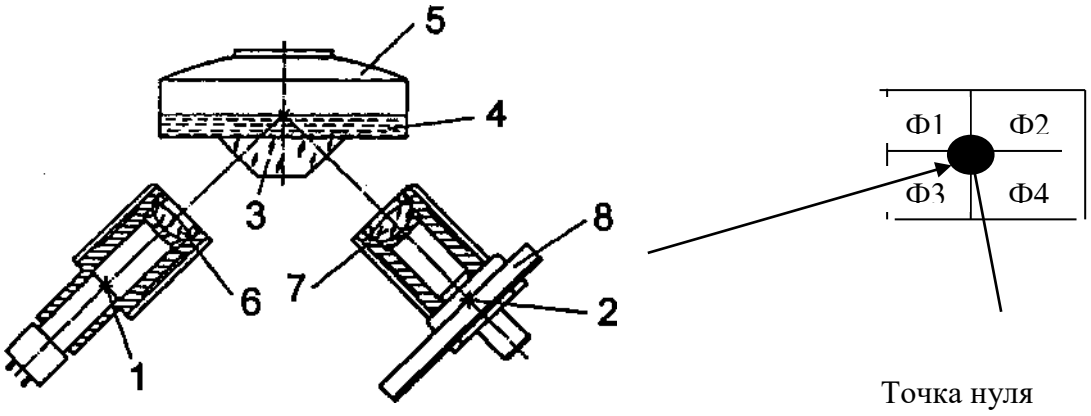


Рис. 11.4. Двухосный датчик наклона:
1 – источник излучения света; *2* – плоскость формирования изображения; *3* – призма; *4* – жидкость; *5* – стеклянный сосуд; *6*, *7* – объектив; *8* – четырёхэлементный приемник

Для измерения углов наклона алидады в этом датчике используется свойство полного внутреннего отражения от поверхности жидкости *4*, заключенной в стеклянный сосуд *5*. В качестве жидкости используется силиконовое масло. Излучение от источника света *1* (световой диаметр пучка равен 0,1 мм) проходит через объектив *6*, призму *3*, отражается от поверхности жидкости *4* и фокусируется объективом *7* на чувствительной площадке четырехэлементного приемника излучения *8*, формируя изображение *2*.

Четырёхэлементный фотодиод в процессе монтажа устанавливается относительно визирной оси и горизонтальной оси вращения зрительной трубы таким образом, чтобы при вертикальном положении оси вращения инструмента измеряемые датчиком наклона углы в коллимационной и перпендикулярной ей плоскостях были близки к нулю, что соответствует равенству электрических напряжений на всех четырёх элементах.

При наклоне алидады луч светодиода смещается в сторону того или иного элемента, увеличивая или уменьшая электрические по-

тенциалы на элементах Ф1, Ф2, Ф3, Ф4. С помощью микропроцессора по величине потенциалов определяют величину и знак угла наклона, и в результат измерения углов вносится поправка за наклон. Погрешности за неточное определение «места нуля» датчика в обоих направлениях определяют в процессе калибровки (определение *M*0 и *MZ*) прибора, значения которых записывают в память прибора.

Обычно все электронные угломерные приборы, относящиеся согласно ГОСТ 23543-88 к высокоточным, погрешности измерения углов которых менее 1,5", а также приборы, погрешность измерения углов которых составляет 2…3", имеют двухосевые датчики наклона. Диапазон работы этих датчиков составляет примерно 3 …4', а погрешность измерения углов наклона – от 0,5 до 1,5".

11.3.2. Автоматизированные системы наведения электронных тахеометров

Системы автоматизированного наведения (АСН) тахеометров выполняют следующие операции: поиск (распознавание) объекта и предварительное наведение на него оптической системы тахеометра. Эта операция может быть выполнена оператором с помощью визира или автоматически, с помощью поисковой системы.

На рис. 11.5 приведена оптическая схема автоматизированного тахеометра.

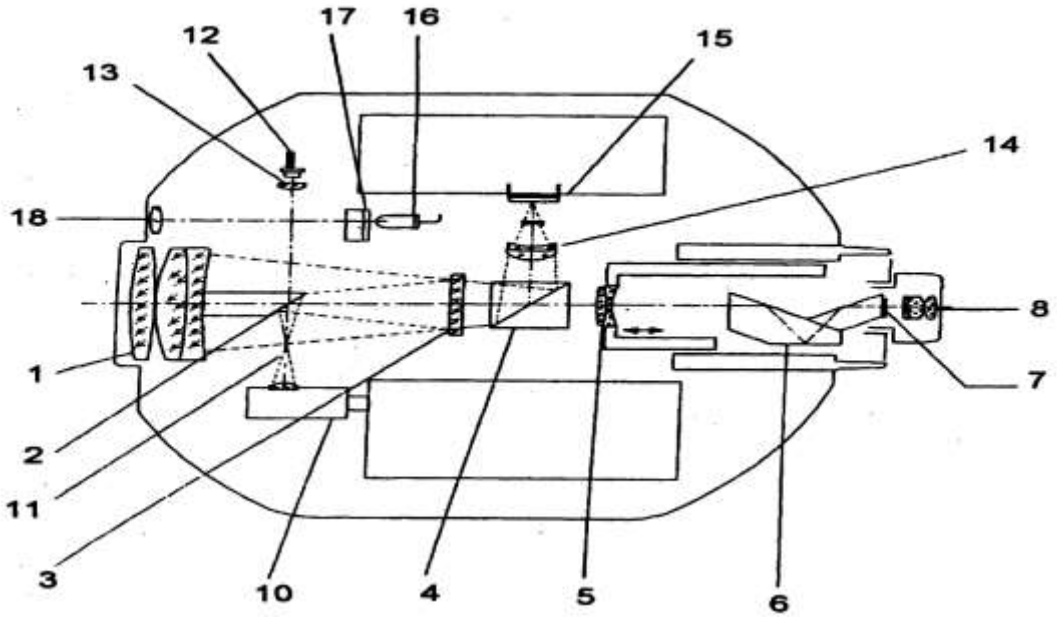


Рис. 11.5. Строение зрительной трубы тахеометра с автоматизированным наведением на цель Elta *S*10/ Elta S20 (Carl Zeiss)

В трубе тахеометра (см. рис. 11.5) расположено три системы различного назначения:

– **зрительная труба**, состоящая из объектива *1*, спектрального отражающего зеркала *3* (прозрачного для видимого спектра и отражающего инфракрасную область спектра); светоделительной призмы *4*, фокусирующего компонента *5*, переворачивающей изображение призмы Аббе *6*, окуляра *8*, в фокальной плоскости расположена сетка нитей *7*;

– светодальномерный блок *10*, инфракрасное излучение которого отражается от поверхности призмы *2*, от спектроделительного зеркала *3* и проходит объектив *1* как в прямом, так и в обратном ходе. Тахеометр имеет совмещенные приемо-передающие каналы светодальномера;

– устройство точного наведения имеет собственные приемный и передающий каналы. Свет от лазерного диода *12* отражается от поверхности призмы *2* и проходит через объектив *1*, формирующий излучение луча расходимостью около 0,5°. Центральная часть объектива *1* используется в передающем канале, а периферийная – в приемном. Отраженное излучение от установленной над точкой трипель-призмы проходит в обратном ходе через объектив *1*, пропускается зеркалом *3*, прозрачным для излучения лазерного диода *12*, отражается от светоделительной грани призмы *4* и фокусируется оптической системой *14* на чувствительной площадке фотоприёмного устройства *15*;

– **устройство автоматического наведения (АСН)** для облегчения процесса выноса точек в натуру состоит из двух (красного и зелёного) светодиодов *16*, разделительного экрана *17*, объектива *18*, формирующего излучение лазера расходимостью около 3°. Излучение разделено по вертикали коллимационной плоскостью на красный и зеленый сектора. При выносе направления в натуру отражатель устанавливают в плоскости разделения цветов.

Автоматическое наведение происходит следующим образом. При повороте прибора вокруг вертикальной оси осуществляется сканирование лазерной плоскостью в диапазоне 360°. Угловая скорость сканирования равна 90°/с. Приемником в точке визирования регистрируется излучение передатчика, и сигнал об этом передается по радиосвязи на прибор. Прибор медленно поворачивается в направлении приемника и отражателя. Определяется точное значение горизон-

тального угла, соответствующее моменту регистрации отраженного сигнала. Передатчик устройства автоматического наведения отключается. Наведение в вертикальной плоскости осуществляется путем автоматического наклона зрительной трубы.

Процедура поиска отражателя в вертикальном направлении аналогична процедуре поиска в горизонтальном направлении. После того как отражённый от отражателя луч попадает в измерительную область системы точного наведения, с помощью фоточуствительной ПЗС-матрицы автоматически измеряются малые угловые рассогласования между визирной осью и направлением на центр трипельпризмы.

Сначала с помощью ПЗС-матрицы измеряют линейные рассогласования между визирной осью и направлением на центр трипельпризмы, затем пересчитывают в угловые с учетом геометрооптических соотношений в АСН и расстояния до отражателя**. Точность автоматизированного наведения на трипельпризму, установленную на расстоянии до 1 км, значительно выше «ручного», у ряда приборов она приближается к 1".**

12. ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ

12.1. Общие сведения

В цифровых нивелирах отсчитывание по рейке реализуется с помощью фоточувствительного ПЗС-приемника, который преобразует визуальное изображение штрих-кода рейки в электрический цифровой код и распознаёт его методом сравнения с хранящейся в памяти нивелира его электрической копией.

Первый цифровой нивелир NA 2000 (Leica Ceosystets AG) появился в начале 90-х годов. Средняя квадратическая погрешность измерений, равная ± 1,5 мм на 1 км двойного хода, свидетельствовала о перспективности развития нового направления. Современные цифровые нивелиры DNA 03 (Leica Ceosystets AG), DINI 03, DINI 07 (Trimble), DL-102C (Topcon), SDL 30 (Sokkia) удовлетворяют требованиям нивелирования II - IV классов.

Основные преимущества цифровых нивелиров:

– автоматизация процесса измерений;

– малая вероятность появления грубых промахов;

– автоматизация измерений позволяет снизить утомляемость оператора, исключаются случайные ошибки отсчитывания по рейке. Автоматическое осреднение результатов измерений при дрожании воздуха в нижних слоях атмосферы повышает точность отсчитывания в данных условиях;

– прибор может работать полностью в автономном режиме. Он незаменим при непрерывном контроле деформаций и малых перемещениях в вертикальном направлении;

– автоматическая регистрация измеряемых значений исключает возможность описок при записи данных в полевом журнале. С помощью интегрированных в прибор программ тотчас же рассчитываются и отображаются на дисплее превышения, исключается необходимость проводить отдельные вычисления;

– подсветка нивелирной рейки позволяет выполнять работы не только в течение дня, но и в сумерках и ночью.

Цифровой нивелир может использоваться для измерений в динамическом режиме, например, для контроля прямолинейности направляющих по вертикали. Для этого достаточно рейку, установленную на каретке, перемещать с помощью канатной тяги по направляющим с небольшой скоростью и брать отсчеты с помощью цифрового нивелира. При этом возможно отслеживать не только вертикальную, но и горизонтальную компоненты перемещений объекта с помощью дополнительной призмы, устанавливаемой перед объективом.

Технические и метрологические характеристики цифровых нивелиров приведены в приложении 3.

12.2. Конструкция и принцип отсчитывания цифровых нивелиров фирмы Leica GEOSISTEMS AC

На рис. 12.1 представлена схема нивелира NA 2002. При измерениях изображение штрихов кодовой шкалы рейки *1* через светоделительный блок *7* проецируются на чувствительную площадку ПЗС-приемника 10.

Светоделительный блок *7* разделяет падающее излучение в спектральной области на инфракрасное и видимое, в то время как излучение, лежащее в инфракрасной области спектра, отражается от светоделительной грани в сторону ПЗС-приемника *10*, видимая часть беспрепятственно пропускается светоделительным блоком и формирует визуальное изображение рейки в плоскости сетки нитей для вы-

полнения операции наведения на рейку. С помощью ПЗС-приемника происходит преобразование визуального изображения кода нивелирной рейки в электрические потенциалы.

ПЗС-приемник состоит из 256 фоточувствительных элементов (пикселей), расстояние между которыми равно 25 мкм (1 мкм = = 0,001 мм). Оптическая система нивелира имеет угол поля зрения, равный 2°, так что при минимальном расстоянии визирования, равном 1,8 м, на чувствительную площадку ПЗС-приемника проецируется участок рейки длиной 61 мм, а при расстоянии 100 м – 3,5 м.

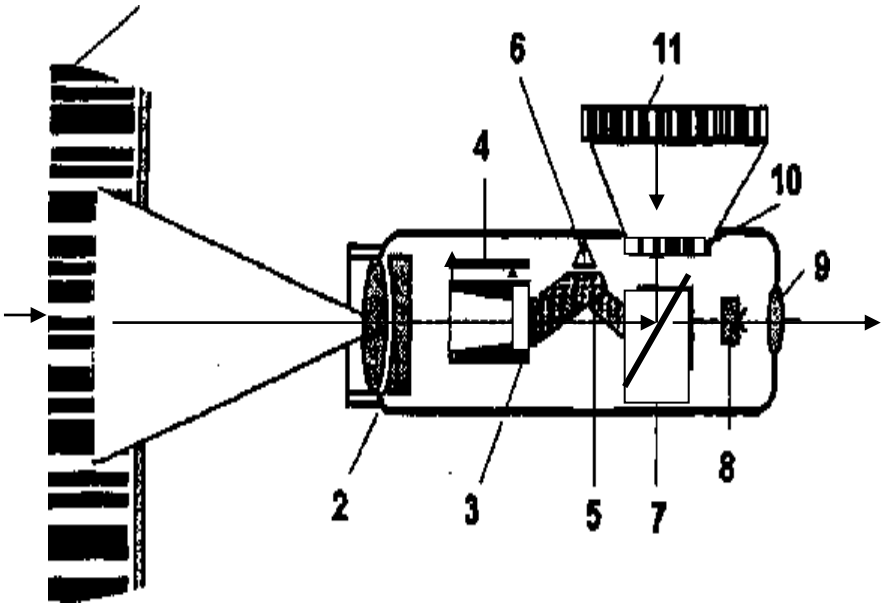


Рис. 12.1. Цифровой нивелир NA 2002:
1 – штрих-кодовая нивелирная рейка; *2* – объектив; *3* – фокусирующий компонент; *4* – датчик положения фокусирующего компонента; *5* – блок компенсатора; *6* – блок контроля положения компенсатора; *7* – светоделительный блок; *8* – сетка нитей; *9* – окуляр; *10* – ПЗС-приемник; *11* – изображение кода нивелирной рейки

Цифровые нивелиры NA 2000, NA 2002 имеют оригинальное оптоэлектронное дальномерное устройство. Расстояние до рейки измеряется с помощью электронного датчика линейного перемещения, соединённого с фокусирующим оптическим компонентом.

При перефокусировании зрительной трубы в диапазоне от 1,8 до 100 м фокусирующий компонент перемещается на 14 мм. Положение фокусирующего компонента регистрируется электронным датчиком положения. Через величину перемещения фокусирующего компонента измеряется расстояние до рейки:

$$L = k/s,$$

где k – постоянная оптической системы; s – линейное положение фокусирующей линзы.

ПЗС-приемник преобразует изображение штрихов кода рейки в электрические потенциалы, аналогично рассмотренной выше в электронных тахеометрах.

На вход «запись» в сдвиговый регистр микропроцессора нивелира с выходов 256 пикселей ПЗС-приемника поступают электрические потенциалы, имеющие 256 уровней потенциала. Чёрному штриху соответствует высокий потенциал («1»), светлому пробелу – низкий потенциал («0»). С помощью импульсов генератора тактовых импульсов (ГТИ), поступающих на вход «чтение», электрические потенциалы сдвигового регистра поступают на вход коррелятора.

ГТИ, вырабатывающий непрерывную последовательность тактовых импульсов, сдвигает опорный сигнал на дискретную величину τ, 2τ, 3τ и т. д. до совпадения с рабочим сигналом, сформированным ПЗС–матрицей (рис. 12.2).

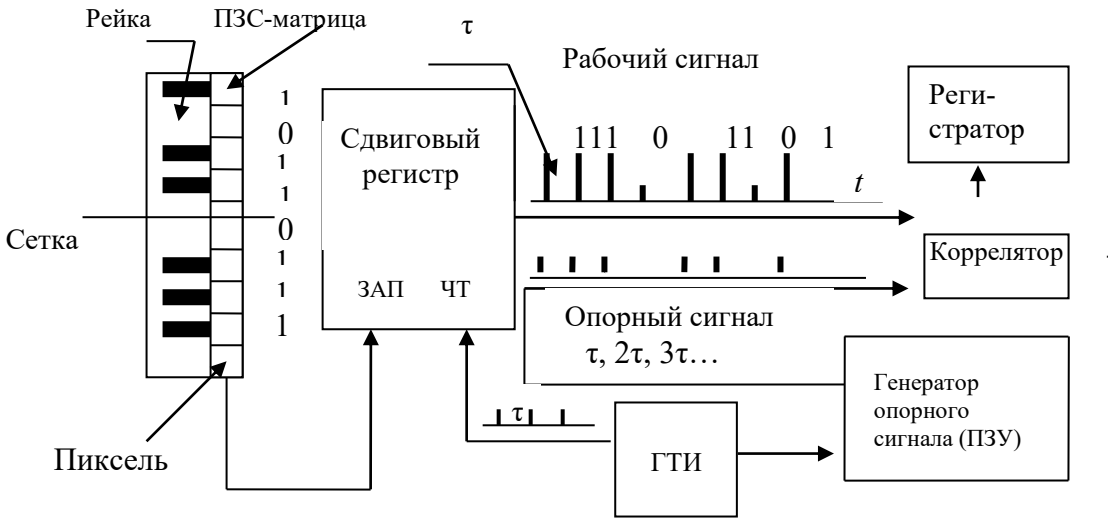


Рис. 12.2. Структурная схема цифрового нивелира

Таким образом, процесс измерений цифрового нивелира базируется на принципе корреляции. Электрические потенциалы штрихового двоичного кода, формируемые с помощью ПЗС-приёмника, сравниваются в корреляторе с двоичным кодом, записанным в памяти прибора (опорный сигнал).

Измерения с помощью ПЗС-матрицы основаны на корреляционном методе. Формируемая в опорном канале точная копия измеря-

емого сигнала перемножается (тахеометры) или интегрируется (нивелиры) с сигналом ПЗС-матрицы. Пусть копия сигнала $u(t+\tau)$ или $u(t-\tau)$ смещена относительно сигнала $u(t)$ на интервал времени τ. Для количественной оценки степени связи этих сигналов используем автокорреляционную функцию (АКФ)

$$R_{(\tau)} = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)u(t-\tau)\,dt.$$

Для объяснения этого определим АКФ единичного прямоугольного импульса, полученного в результате преобразования визуального изображения кода рейки с помощью ПЗС-матрицы, имеющего длительность $\tau_{и} = 5\,\tau$.

Если копию опорного сигнала сдвигать дискретно на $n\,\tau$ ($n = 0,1\ldots5$), то оценка функции корреляции $R^*_{(\tau)} = (\tau_{И} - |n\tau|)$ при временном сдвиге $|n\tau| \le \tau_{И}$.

Из графика, представленного на рис. 12.3, видно, что моменту совпадения сигналов соответствует максимальное значение энергии на выходе коррелятора. При совпадении кода какого-либо участка рейки с кодовой последовательностью опорного сигнала (см. рис. 12.3) на дисплей выдаётся десятичное значение результата измерений, соответствующее максимуму корреляционной функции.

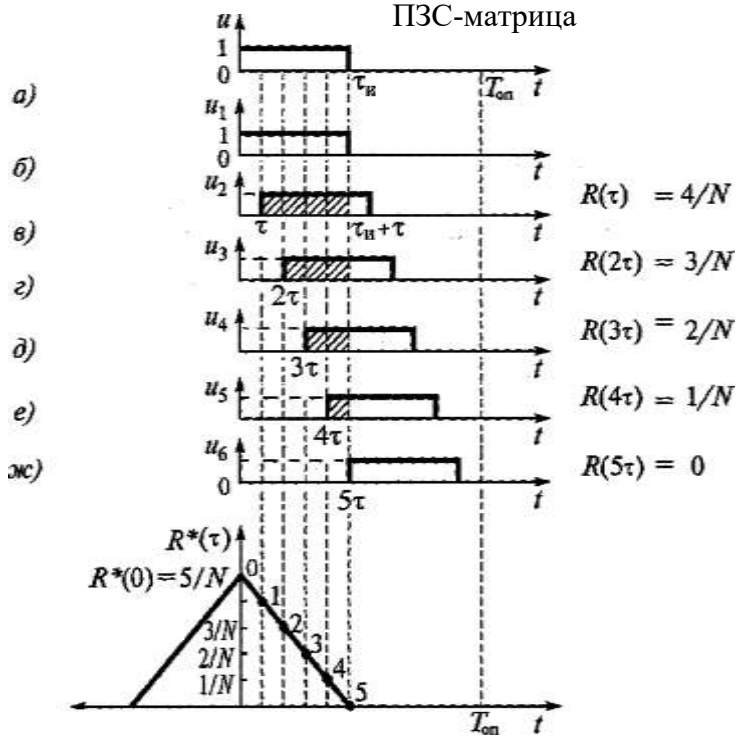


Рис. 12.3. График автокорреляционной функции

На рис. 12.4 показано типичное протекание процесса корреляции внутри измеряемой области.

Там, где сигнал, полученный с выхода ПЗС-приёмника, в большей степени совпадает с опорным сигналом, можно распознать ярко выраженный пик в функции корреляции. Из координат максимума определяются расстояние и высота.

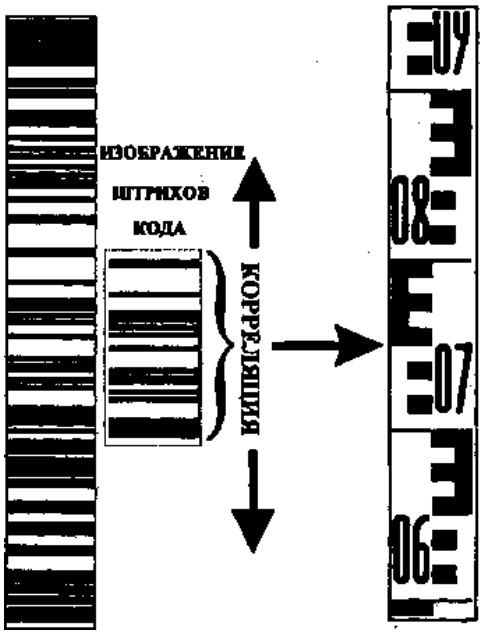


Рис. 12.4. Принцип отсчитывания по штрих-кодовой рейке
у нивелиров фирмы Leica Ceosystets AG

Для того чтобы найти положение максимума функции корреляции (рис. 12.5), необходимо осуществить поиск во всей области возможных значений расстояний (L = 1,8... 100 м) и измеряемых высот (H = 0... 4,05 м). Для решения данной задачи необходимо вычислить около 50000 коэффициентов корреляции.

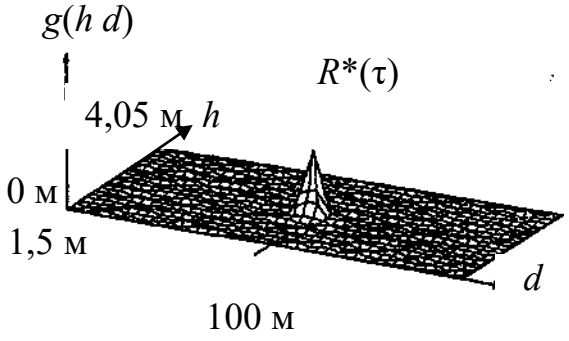


Рис. 12.5. Функция корреляции

Так как в процессе измерений происходит поиск координат максимального значения корреляционной функции в области значений расстояний и высот, то, благодаря наличию автономного устройства измерения расстояния до рейки, область поиска значительно сокращается.

12.3. Определение положения визирной оси при измерениях по кодовой рейке

Для нормальной работы цифрового нивелира должны быть выполнены определенные требования: обеспечение соосности цифровой и визирной оси, однозначность фокусировок по глазу и датчику штрихового кода, настройка коэффициента дальномера, обеспечение минимальности погрешности измерений из-за негоризонтальности линии визирной оси, минимальное воздействие на отсчет недокомпенсации оптического компенсатора.

Соблюдение горизонтальности линии визирной оси является главным условием эксплуатации нивелира.

Все приведенные выше условия достигаются еще при сборке прибора на заводе. Сборка нивелира начинается с тщательной юстировки круглого уровня. Затем перед установкой компенсатора совмещаются сетка нитей DiNi с сеткой нитей коллиматора, то есть устраняется угол *i* и совмещается визирная ось с оптической. В этом положении оси нивелир фиксируется. После этого производится установка и юстировка положения компенсатора. Одновременно устраняется недокомпенсация и поверяется угол *i* с помощью перемещения сетки нитей нивелира. После этого настраивается коэффициент нитяного дальномера.

При помощи имитатора датчика штрихового кода и технологического микроскопа, перемещением делительной призмы достигается соосность и однозначность фокусировок на датчике штрихового кода и сетке нитей цифрового нивелира. Только после этого начинаются компьютерные тесты и настройки.

После сборки и технических тестов производится компьютерный контроль считывания темных и светлых участков штриховой ко-

довой рейки, обеспечивается максимум сигнала по центру рейке. На базисе определяется и вписывается в процессор постоянная дальномерная ошибка, которая не должна превышать 0,005 м на предельном рабочем расстоянии 100 м. Определяется угол i (ΔC-) и вычисляется поправка для устранения влияния угла i. Цифровой нивелир автоматически вводит при измерениях поправки $\pm\Delta h = L \cdot \operatorname{tg} i$, что позволяет во многих случаях отказаться от соблюдения равноплечия.

12.3.1. Методы поверки положения визирной оси

Существует четыре основных метода поверки нивелира – метод Ферштнера, Нобауера, Куккамэки, японский метод:

Метод нивелирования с разными плечами
(*метод Ферштнера*)

Устанавливают две рейки (*A* и *B*) на расстоянии около 45 м друг от друга (рис. 12.6).

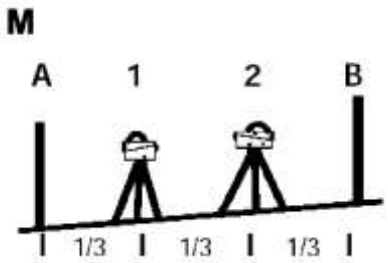


Рис. 12.6. Метод Ферштнера

Расстояние делят примерно на три части и определяют две нивелирные станции на расстоянии примерно 15 м от реек между ними (1, 2). Выполняются измерения на обе рейки с каждой из этих станций.

Метод нивелирования с разными плечами
(*метод Нобауера*)

Юстировка положения визирной оси нивелира методом Нобауера аналогична таковой по методу Ферштнера. Разбивают линию примерно 45 м длиной и делят ее примерно на три части (рис. 12.7).

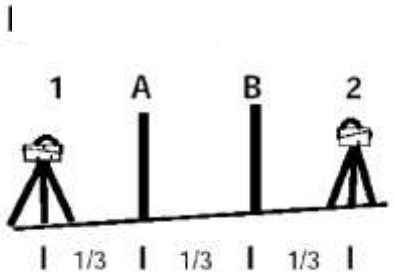


Рис. 12.7. Метод Нобауера

Закрепляют две нивелирные станции (*1* и *2*) по обе стороны от реек *A* и *B*, установленных на расстоянии 15 м друг от друга, примерно в 15 м от них. Затем выполняются измерения с нивелирной станции *1* на обе рейки. После этого необходимо сменить точку стояния на вторую нивелирную станцию и также повторить измерения на обе рейки *A* и *B*.

Метод нивелирования из середины в сочетании с нивелированием вперед (метод Куккамэки)

Сущность метода Куккамэки заключается в следующем. На расстоянии примерно 20 м друг от друга устанавливают две рейки (*A* и *B*) (рис. 12.8). Посредине этого расстояния устанавливают нивелирную станцию *1* и с нее выполняют измерения на обе рейки (сначала на рейку *A*, затем на *B*).

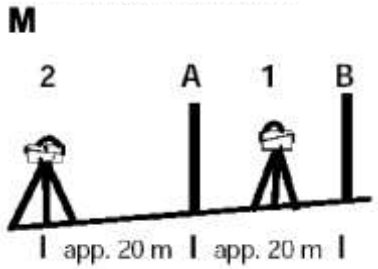


Рис. 12.8. Метод Куккамэки

После наблюдения со станции *1* повторно производят измерения, но уже со станции *2*, которая расположена на продолжении линии, соединяющей обе рейки приблизительно на расстоянии 20 м от вынесенного расстояния.

Японский метод

Этот метод идентичен предыдущему (рис. 12.9).

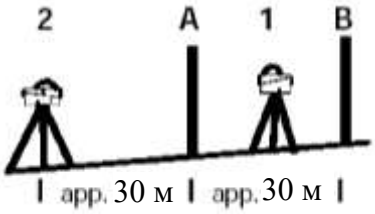


Рис. 12.9. Японский метод

Отличие состоит в том, что расстояние между рейками должно быть около 30 м, а нивелирная станция *2* должна находиться в 3 м за рейкой *A*.

12.3.2 Пример выполнения поверки по методу Ферштнера

Рассмотрим поверку на примере цифрового нивелира Trimble DiNi 22 по методу Ферштнера как наиболее зарекомендовавшему себя. Две рейки (*A* и *B*) устанавливают на расстоянии около 45 м друг от друга. Затем это расстояние необходимо поделить примерно на три части и определить две нивелирные станции на расстоянии примерно 15 м от реек между ними. Нивелирным станциям присваивают порядковые номера *1* и *2*. Для выполнения поверки в пункте меню Adjustment (Юстировка) имеется четыре указанных способа поверки и юстировки.

После вызова функции поверки на дисплее появляется предыдущее значение поправки за наклон визирной оси (рис. 12.10).

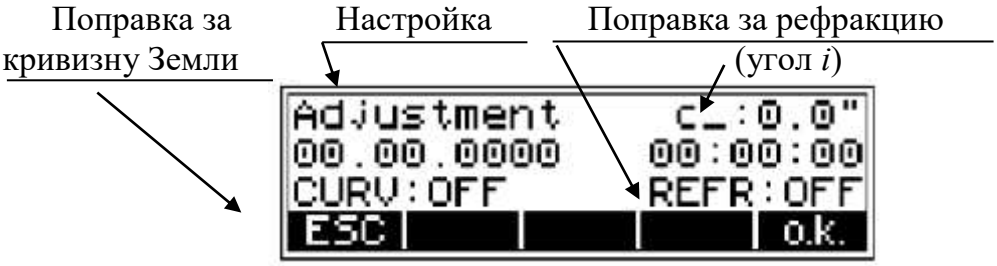


Рис. 12.10. Дисплей поправок

Следующим шагом калибровки прибора является поочередное наблюдение кодовых реек с нивелирных станций в следующей очередности: со станции *1* производится наведение и снятие показаний с рейки *A*, затем с рейки *B*. После этого программа нивелира попросит поменять станцию наблюдения и перейти на точку *2*. С новой станции производятся аналогичные наблюдения реек *A* и *B*.

После успешного завершения процесса юстировки новое значение поправки за наклон визирной оси подсчитывается автоматически. После выполнения измерений выполняют проверку требований, предъявляемых в данном методе к расстояниям, что гарантирует эффективную защиту от ошибок. В случае несоответствия требований появляется сообщение об ошибке.

После снятия отчета с последней рейки программа нивелира выводит на электронное табло значение полученного угла *i* (ΔC-) (рис. 12.11).



Рис. 12.11. Вывод значения угла *i*

Одновременно с этим задается вопрос о подтверждении полученного значения для дальнейшего использования поправки в процессе измерений (рис. 12.12). При уверенности, что все условия юстировки были соблюдены, для подтверждения значения необходимо нажать функциональную клавишу Yes.

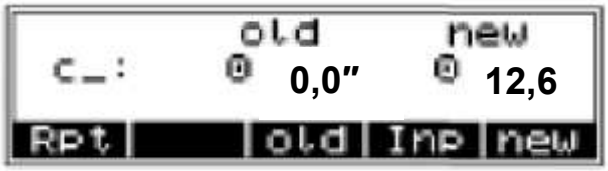


Рис. 12.12. Старое и новое значения угла *i*

Новое значение угла будет записано в память, при этом старое значение будет удалено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Маркшейдерско-геодезические приборы являются основной инструментальной базой при выполнении маркшейдерских измерений. Внедрение в технику измерений новых приборов привело к возникновению новых методов выполнения маркшейдерско-геодезических работ. Рассмотренные в учебном пособии основные теоретические положения оптических приборов, принципы действия электронных тахеометров, цифровых нивелиров, анализ источников погрешностей дают более полное представление о преимуществах применения новой измерительной техники.

Приложение 1

Спутниковое оборудование

Логотип фирмы	Leica	Sokkia	Topcon		Trimble		South		УОМЗ
Название	Leica	Sokkia	Topcon		Trimble		South		УОМЗ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фото									
Марка прибора	Viva Uno 10, Viva Uno 15	GSX2	NET-G3A	HiPer+	R5	R7	H68	S86T	ГСА-5
Поддерживаемые системы	GPS, ГЛОНАСС (опция)	GPS, ГЛОНАСС, SBAS	GPS, ГЛОНАСС, Galileo	GPS, ГЛОНАСС (опция)	GPS, ГЛОНАСС, SBAS	GPS, ГЛОНАСС, SBAS	GPS, SBAS	GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Compass, Galileo	GPS, ГЛОНАСС, SBAS
Принимаемые частоты	L1	L1, L2 (опция)	L1 (C/A), L2, L2C, L5	L1, L2 (опция)	L1 (C/A), L2, L2C	L1 (C/A), L2, L2C	L1	L1 (C/A), L2, L2C, L5	L1, L2
Число каналов	14	120	144	40	72	72	14	220	54
Точность измерений (статика): План (мм/км) Высота (мм/км)	5 + 0.5 10 + 0.5	3 + 0.5 5 + 0.5	3 + 0.5 5 + 0.5	3 + 0.5 5 + 0.5	3 + 0.1 3.5 + 0.4	3 + 0.1 3.5 + 0.4	3 + 1 5 + 1	3 + 1 5 + 1	5 + 1 10 + 1
Точность измерений (кинематика): План (мм/км) Высота (мм/км)	10 + 1 20 + 1	10 + 1.0 15 + 1.0	-	10 + 1.0 15 + 1.5	10 + 1 20 + 1	8 + 1 15 + 1	10 + 1 20 + 1	10 + 1 20 + 1	15 + 1.0 20 + 1.0
Температурный диапазон работы (°С)	-30 - +65	-20 - +65	-40 - +65	-30 - +60	-40 - +65	-40 - +65	-40 - +70	-40 - +70	-20 - +50
Время непрерывной работы (час)	до 9	до 20	до 40	до 14	10	11	до 16	до 14	до 16
Вес (кг)	0.74/0.90)	0,85	3,1	1.72	1.5	1.5	0.6	1.35	1.0

Тахеометры

Логотип фирмы	Leica					SOKKIA						
Название	Leica					Sokkia						
1	2	3	4	5	6	7	6	9	10	11	12	13
Фото												
Серия	FlexLine	Builder	TS30	Viva	Nova	CX	50RX	FX	Set X	DX	SX	NET
Марка прибора	TS02power (Arctic), TS06plus R1000 (Arctic), TS09plus R1000 (Arctic), TS09plus R500 (Arctic)	505 (Arctic), 509	TS30	TS11(I) R1000 Arctic, TS11 R400 Arctic, TS15 I/P R1000, TS15 P R400	MS50, TM50, TS50	CX-102(L), CX-103, CX-105(L), CX-106	SET 250RX(L), SET 350RX, SET 550RX(L), SET 650RX	FX-101, FX-102, FX-105,	SET1X, SET2X, SET3X, SET5X	DX-101AC, DX-103AC, DX-105AC	SX-101, SX-103, SX-105	NET05AX , NET05X, NET1AX, MONMOS
Hz СКП (x")	1",2",3",5"	5",9"	0,5"	1",2",3"5"	0,5",1"	2",3",5",6"	2",3",5",6"	1",2",5"	1",2",3",5"	1",3",5"	1",3",5"	0,5",1"
Единицы младшего разр	1"	5"	0,5"	1"	0,5"	2"	2"	1"	1"	1"	1"	0.5"
Увеличение(X)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Система считывания	Абсолют. непрерыв., диаметрал.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.
Компенсатор (° ' ")	4'	4'	4'	4'	4'	6'	6'	6'	4'	6'	6'	3',4'
Расстояние,м												
Без отражателя	400/500/1000	250	1000	1000	1000/2000	500	400	500	500	1000	1000	40/100/400
На отражатель	3500/7500	500/3500	3500/10000	3500/ 10000	3500/ 10000	5000	5000	5000	5000	5000	6000	3500
СКП (мм/км)	2+2	1,5/2+2	2/3+2	0,6/2+1/2	0,6/1/2+ 1/1,5/2	2+2	2+2	2+2	2+2	1.5+2	1,5/2+2	0,5/0.6/1/3 +1/2

Логотип фирмы	TOPCON					Trimble		
Название	Topcon					Trimble		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фото								
Серия	Серия ES	Серия OS	Серия IS	Серия PS (Power Station)	Серия Quick Station	M3 DR	S	VX
Марка прибора	ES-102(L), ES-103, ES-105(L)	OS-101L, OS-103L, OS-105L	IS-301, IS-303, IS-305	PS-101, PS-103, PS-105	QS1A, QS3A, QS5A, QS1M	M3 DR 1", M3 DR 2", M3 DR 3", M3 DR 5", M3 DR 5" W (Arctic)	S3 2",S3 5", S6 1", S6 2", S6 1", S6 3", S6 5", S8 DR Plus (HP)	VX Spatial Station
Hz СКП (x")	2",3"5"	1",3"5"	1",3"5"	1",3"5"	1",3"5"	1",2",3",5"	0.5",1",2",3", 5"	1"
Единицы младшего разр.	2"	1"	1"	1"	1"	1"	0.5"	1"
Увеличение (X)	30	30	30	30	30	30	30	30
Система считывания	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.
Компенсатор (° ' ")	6’	6’	6’	6’	6’	3,5’	5’/5.4’	5.4’
Расстояние, м								
Без отражателя	500	500	250, 2000 (сверхдал. режим)	1000	250, 2000 (сверхдал. режим)	500 (W - 400)	800	800
На отражатель	5000	5000	3000	6000	3000	5000	2500/5000/5500	2500/5500
СКП (мм/км)	2/3+2	2/3+2	2/2/10+ 2/3/10	1,5/2+2	2/3/10+ 2/2/10	2/3+2/3	0,8/1/2/4/5+ 1/2	1/2/5+2

Логотип фирмы	SOUTH			Nikon				УОМЗ		
Название	South			Nikon				УОМЗ		
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
Фото										
Серия	NTS 360	NTS 370	R	DTM-322	NPL-322	Nivo M	3Та5	4Та5	5Та5	6Та3
Марка прибора	NTS 362, NTS 365r	NTS 372, NTS 375	R10	DTM-322 3", DTM-322 5"	NPL-322 (2"), NPL-322 (5")	2.M (LP), 3M (LP), 5M (LP/W)	3Та5Р(Д)	4Та5Н	5Та5	6Та3
Hz СКП (x")	2",5"	2",5"	2"	3",5"	2",5"	2",3",5"	5"	5"	5"	3”
Единицы младшего разр.	2"	2"	2"	3"	2"	2"	5"	5"	5"	3”
Увеличение (X)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Система считывания	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.	Абс., непр., диам.
Компенсатор (° ' ")	3’	3’	3’	3’	3’	3.5’	5’	5’	5’	5’
Расстояние, м										
Без отражателя	300	350	1000	-	200	500	400	-	-	700
На отражатель	5000	5000	5000	2300	3000	3000/5000	800/2800	1000	3000	5000
СКП (мм/км)	2/3+2	2/5+2	2/5+2	3+2	2/3+2/3	2/3+2	3+2	3+2	5+3	3/5+2

Цифровые нивелиры

Логотип фирмы	Leica Geosystems	Trimble	TOPCON			SOKKIA		SICONG	
Название прибора	Leica		Trimble	Topcon			Sokkia		Sicong	
Марка прибора	DNA03	DNA10	DiNi 0.3	DL101C	DL102C	DL103AF	SDL30	SDL50	DL321	DL320
Внешний вид										
СКП (мм/км)										
инварная	0,3	0,9	0,3	0,4			0,6		0,3	0,5
стандартная	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,8	1,0		1,5	1,5
Оптическое изм., мм	2,0	2,0	1,5	1,0	1,5	2,5	1,0	2,0		
Время измерения, с	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Расстояние, м	1,8 -110	1,8 -110	1,5 – 100	2 – 60 (invar) else 2 -100	2 – 100	2 – 60	1,6 – 100			
Погрешность	10 мм 20 м	10 мм 20 м	20-25 мм 20 м	10 мм 50 м	10 мм 50 м	20мм 20 м	20 мм 20 м (100 мм – 50 м)			
СКП комп	0,3"	0,8"	0,2"	0,3"	0,5"	0,5"			0,3"	0,3"
Диапазон комп.	± 10'	± 10'	± 15'	± 12'	± 15'	± 10'	± 15'	± 15'	± 12'	± 12'

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

К главе 1

1. Дайте определение показателя преломления оптических средств.

2. В чем различие сортов стекол «крон» и «флинт».

К главе 2

1. Дайте определение преломляющей призмы.

2. Назовите оптические детали маркшейдерских приборов, для изготовления которых используется плоскопараллельная пластина.

3. Что такое ахроматический клин?

4. Каковы назначение и виды призм полного внутреннего отражения, применяющиеся в конструкциях маркшейдерских приборов?

5. Каковы назначение и типы линз, применяемых в конструкциях маркшейдерских приборов?

6. Что такое оптическая сила линзы?

К главе 3

1. Назовите виды аберраций (оптических искажений).

2. Какова размерность значения дисторсии?

3. Какова размерность разрешающей способности оптической системы?

4. Перечислите причины потерь света в оптических системах.

5. Какова предельная величина качественного увеличения лупы?

6. Штриховой микроскоп. Каковы его точность, устройство?

7. Шкаловый микроскоп. Каковы его точность, устройство?

8. Назовите разновидности оптических микрометров. Каковы его точность, устройство?

9. Что такое рен отсчетного приспособления?

10. Перечислите основные характеристики визирных зрительных труб.

11. Перечислите оптические детали визирной зрительный трубы.

К главе 4

1. Каковы отличия повторительных теодолитов от прочих?

2. Назовите отличия вертикальной осевой системы теодолитов типа Т2 и Т5 от Т30.

3. Перечислите детали теодолита, относящиеся к теодолитной части.

4. Каковы основные требования, предъявляемые к работе горизонтальной осевой системы теодолитов?

К главе 5

1. Назовите типы уровней.

2. Перечислите функции уровней в конструкциях маркшейдерских приборов.

3. Для каких целей переназначен контактный уровень?

4. Для чего предназначены самоустанавливающиеся компенсаторы?

5. В чем заключается полевой контроль работы (состояния) компенсаторов.

К главе 6

1. Опишите последовательность работ при исправлении неперпендикулярности вертикальной оси вращения прибора к оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

2. Объясните геометрический смысл коллимационной оптики.

3. Каким образом можно исправить коллимационную ошибку теодолита?

4. Объясните геометрический смысл понятия «место нуля (зенита)» вертикального лимба теодолита.

5. Почему рекомендуется производить измерения углов при двух положениях вертикального круга (справа и слева относительно наблюдателя)?

6. Каким образом можно уменьшить влияние эксцентриситета лимба на точность угловых измерений?

7. Назовите требования к горизонтальности визирной оси нивелиров.

8. Объясните геометрический смысл необходимости соблюдения условия «равноплечия» при нивелировании.

К главе 7

1. Для каких пространственных измерений предназначен тахеометр?

2. Для каких маркшейдерских и геодезических работ предназначен номограммный тахеометр.

3. Охарактеризуйте закономерности изменения погрешностей номограммных тахеометров в зависимости от расположения визирных целей.

4. Назовите марки наиболее распространенных оптико-механических тахеометров.

К главе 8

1. Назовите основные части конструкции гиротеодолита.

2. Объясните принцип определения истинного азимута стороны полигонометрического хода с помощью гиротеодолита.

3. Назовите причину вынужденных колебаний маятника гироскопа.

4. Назовите марки и точностные характеристики маркшейдерских гиротеодолитов.

К главе 9

1. Какое свойство видов энергии используется для измерения дальности в дальномерах?

2. В чём различие терминов «дальность» и «расстояние»?

3. По каким параметрам сигнала определяется дальность?

4. Чем отличается опорный сигнал от измерительного?

5. Какие виды сигналов применяются в дальномерах?

6. Что такое «предел однозначного измерения»?

7. В чём состоит преимущество апериодического сигнала перед периодическим сигналом и наоборот?

8. Какой вид сигнала обеспечивает более точный режим измерений?

9. Чем объясняется переход в светодальномерах от традиционных источников излучения к лазерным источникам?

10. На каком принципе основан способ отображения результата измерения дальности в цифровых дальномерах?

11. От каких основных параметров зависит случайная погрешность измерений светодальномера?

12. Какой вид помехи является причиной образования систематической погрешности?

13. В какой степени влияет изменение показателя преломления атмосферы на точность измерений?

14. Что такое «дрейф нуля» и каковы способы его устранения?

К главе 10

1. На каком принципе основано считывание направлений с кодовых дисков?

2. Что лежит в основе электронных методов измерения улов?

3. В чём преимущество применения кодовых дисков со штрих-кодовой дорожкой перед кодовыми дисками с периодической штриховой дорожкой?

4. На чём основан принцип динамического считывания направлений и углов?

5. Какие преимущества имеют тахеометры с автоматической системой наведения?

6. Какую функцию выполняют электронные компенсаторы?

К главе 11

1. Чем отличается рейка цифрового нивелира от рейки оптического нивелира?

2. На чём основан принцип преобразования визуального изображения штрих-кода в электрический сигнал?

3. Где и с чем сравнивается изображение сектора штрих-кода рейки в цифровом нивелире?

4. Каким образом устраняется влияние угла i на точность измерений при неравенстве плеч?

5. На чём основан метод определения угла i?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Промышленный образец светодальномера КДГ-3*: свидетельство на промышленный образец № 613 / Н. В. Кортев [и др.]. – Свердловск, 1969.

2. *Зиновьев А. Л., Филиппов Л. И.* Введение в теорию сигналов и цепей: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1968. – 280 с.

3. *Дулевич А. И.* Теоретические основы радиолокации: учеб. пособие. – М.: Советское радио, 1964. – 717 с.

4. *Захаров А. И.* Справочник по геодезическим приборам. – М.: Недра, 1989. – 314 с.

5. *Новые методы и приборы локационной съемки*, разработанной в СГИ / Н. В. Кортев [и др.] // Сборник докладов Международного VII маркшейдерского конгресса. – Т. VI. 1998. – С. 48-50.

6. *Корсунская М. М.* Геодезические приборы. – М.: Институт оценки природных ресурсов, 2002. – 186 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 3
1. ПРОСТЕЙШИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ПРИБОРЫ ... 4
2. ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ ... 8
3. ОПТИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ... 12
4. ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ... 20
4.1. Недостатки (аберрации) оптических систем ... 20
4.2. Потери света в оптических системах ... 24
4.3. Оптические системы ... 24
5. ОСИ ВРАЩЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ... 34
5.1. Вертикальные осевые системы теодолитов и электронных тахеометров ... 34
5.2. Ось вращения визирной зрительной трубы ... 37
6. УРОВНИ И САМОУСТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ КОМПЕНСАТОРЫ ... 38
7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ... 41
7.1. Инструментальные погрешности, исключаемые из результатов при измерении углов полным приемом ... 42
7.2. Погрешность от наклона оси вращения трубы (из-за невертикальности прибора) ... 47
7.3. Погрешность измерения углов за счет эксцентриситета лимба ... 48
7.4. Рен отсчетных приспособлений теодолитов ... 48
7.5. Инструментальные погрешности нивелиров ... 49
8. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ТАХЕОМЕТРЫ ... 52
9. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ГИРОТЕОДОЛИТЫ ... 55
9.1. Принцип работы гиротеодолитов ... 55
9.2. Принципиальная схема устройства гиротеодолита с маятниковым гироскопом ... 58
10. ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ ... 62
10.1. Измерительные сигналы дальномеров ... 62
10.2. Измерение дальности ... 64
10.3. Светодальномеры и общие положения ... 66
10.4. Светодальномеры с непериодическим сигналом ... 67
10.5. Светодальномеры с периодическим сигналом ... 79
10.6. Основные погрешности дальномеров ... 90
10.6.1. Погрешности дальномеров с нониусной системой ... 90
10.6.2. Погрешность дискретизации ... 91
10.6.3. Погрешности нестабильности масштабной частоты ... 93

10.6.4. Влияние флюктуационных оптических и электрических помех ... 94
10.6.5. Переменная систематическая погрешность ... 96
10.6.6. Погрешность дрейфа нуля ... 99
10.6.7. Постоянная систематическая погрешность ... 100
10.6.8. Амплитудно-временная погрешность ... 101
10.6.9. Погрешность от влияния временной неоднородности *p-n*-перехода полупроводникового лазера и фотодиода ... 102
10.6.10. Погрешность измерения дальности от изменения показателя преломления атмосферы ... 103
10.7. Устройства отображения информации цифровых дальномеров ... 107
10.8. Типы дальномеров ... 109
10.9. Акустические дальномеры ... 111
11. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ ... 112
11.1. Общие сведения ... 112
11.2. Устройства считывания направлений и углов ... 114
11.2.1. Кодовые устройства считывания направлений и углов ... 114
11.2.2. Динамические (времяимпульсные) системы считывания направлений и углов ... 116
11.2.3. Накопительные устройства считывания направлений и углов ... 118
11.2.4. Комбинированные системы считывания направлений ... 119
11.3. Конструктивные особенности тахеометров ... 119
11.3.1. Электронные уровни (датчики наклона) ... 119
11.3.2. Автоматизированные системы наведения электронных тахеометров ... 121
12. ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ ... 123
12.1. Общие сведения ... 123
12.2. Конструкция и принцип отсчитывания цифровых нивелиров фирмы Leica GEOSISTEMS AC ... 124
12.3. Определение положения визирной оси при измерениях по кодовой рейке ... 129
12.3.1. Методы поверки положения визирной оси ... 130
12.3.2. Пример выполнения поверки по методу Ферштнера ... 132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 134
Приложение 1. Спутниковое оборудование ... 135
Приложение 2. Тахеометры ... 136
Приложение 3. Цифровые нивелиры ... 139
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ... 140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 144

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Г. В. Земских, А.А. Шевелёв

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Учебно-методическое пособие

к курсовой работе и практическим занятиям
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Введение

Курсовая работа «Маркшейдерско-геодезические приборы» выполняется в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего образования, по специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Маркшейдерское дело».

В соответствии с «Законом об обеспечении единства измерений» маркшейдерско-геодезические приборы, как средства измерений входящие в сферу государственного контроля, должны поверяться органами Государственной метрологической службы или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц, индивидуальными предпринимателями. Величина межповерочного интервала указывается в сертификате утверждения типа, для геодезических приборов его величина составляет 1 год.

В межповерочный интервал выполняется периодическая технологическая поверка, в задачу которой входит определение соответствия точности измерений паспортным значениям и поддержание применяемых приборов в постоянной рабочей готовности.

Содержанием курсовой работы является освоение методики технологической поверки основных маркшейдерско-геодезических приборов, выполняемой с целью определения действительных значений их технических характеристик, а после их исправления (при необходимости), подтверждения готовности приборов к полевым измерениям. Технологическую поверку выполняет исполнитель геодезических или маркшейдерских работ, как правило, перед их началом или по специальному графику, если работы выполняются круглогодично. Операции, выполняемые при технологической поверке, упрощены, по сравнению с метрологической поверкой и, как правило, не требуют специального лабораторного оборудования и эталонов.

Готовность прибора к работе, обеспеченная и подтвержденная в процессе технологической поверки, означает соответствие геометрических и иных конструктивных требований, предъявляемых к исправному прибору. Исправный теодолит должен обеспечивать измерение горизонтальных и вертикальных углов, электронный тахеометр – углов и длин, нивелир – соответствующих превышений с погрешностями, не выходящими за границы допусков указанных в паспорте.

Методика исследования теодолитов и нивелиров изложена в основных нормативных документах Агентства по техническому регулированию и метрологии (Госстандарт России): ГОСТ 10529-96. Теодолиты. Общие технические условия, ГОСТ 10528-96. Нивелиры. Общие технические условия. Методика исследований ряда маршейдерско-геодезических приборов изложена в справочной и учебной литературе[1, 2, 3] в ведомственных инструкциях Роскартографии [4, 5, 6] и в руководствах по эксплуатации приборов. Данное методическое пособие не заменяет перечисленные нормативные документы, но, в определённой мере, обобщает и дополняет, так как методики исследований приборов изложены с учётом возможности их применения маркшейдерами на горных предприятиях.

Перечень операций по исследованию приборов, в курсовой работе несколько расширен в учебных целях, по сравнению с требованиями, как метрологической [2, 3], так и технологической [1] поверки.

На время выполнения курсовой работы за каждым студентом закрепляются необходимые приборы, за которые он несет личную ответственность. Перед началом измерительных работы студент сдаёт зачёт по правилам эксплуатации геодезических приборов. После окончания измерительных работ студент сдает преподавателю приборы в рабочем состоянии.

В случае, когда невозможно выполнить юстировку или ремонт прибора в условиях лаборатории кафедры, к курсовой работе прилагается

дефектная ведомость с перечнем неисправностей, подлежащих исправлению в специализированной мастерской.

Курсовая работа является индивидуальным документом, в котором приводятся результаты собственных полевых измерений (на уровне отсчетов), результаты математической обработки и выводы.

В заключительной части курсовой работы исполнитель должен приложить таблицу с указанием технических характеристик средства измерений по паспорту и фактическими результатами выполненных исследований.

Многолетняя практика выполнения данной курсовой работы показывает, что студенту для выполнения измерительных, расчетных и оформительских работ требуется 40…50 часов. На исследование приборов в учебном плане отводится 24 часа лабораторных занятий, остальное время предусмотрено за счет часов, отведенных для выполнения расчетной части курсовой работы и ее оформления, а также за счет часов самостоятельной работы студентов.

1. Оптические теодолиты

1.1. Условия проведения поверки

Перед началом поверки маркшейдерско-геодезические приборы и все используемые при ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

При выполнении поверки в помещении должны выполняться следующие требования: температура окружающего воздуха должна быть в пределах (+ 20 ± 5)°С;

скорость изменения температуры не должна быть более 3°С в час;

относительная влажность не более 90 %.

При проведении поверки вне помещения:

условия видимости должны быть благоприятными, колебания изображения – минимальными;

на приборы не должны падать прямые лучи солнца;

скорость ветра не должна превышать 4 м/с;

измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

В процессе поверки необходимо соблюдать правила работы с приборами, указанные в эксплуатационной документации, а также правила по технике безопасности. Все результаты поверки заносятся в индивидуальный журнал, который прикладывается к отчёту.

1.2. Внешний осмотр и проверка комплектности

Проверку внешнего состояния и комплектности производят осмотром. Визуально проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы, контрастность и четкость одновременной наблюдаемой сетки нитей. Убеждаются в отсутствии коррозии, царапин и других дефектов на приборе, которые могут повлиять на точность измерений.

Маркировка прибора и футляра должна соответствовать ГОСТ 10529, техническим условиям на данный тип и содержать один и тот же порядковый номер прибора.

Комплектность должна соответствовать комплекту поставки, приведенному в паспорте.

1.3. Опробование

Проверку работоспособности теодолита и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании обращают внимание на исправность всех частей, отсутствие качаний в наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, перемещения фокусирующей линзы. Проверяют исправность зеркала подсветки шкал,

затяжку всех стопорных и юстировочных (регулировочных) винтов. При проверке теодолита с компенсатором необходимо убедиться, что подвесная система компенсатора и демпфер в пределах диапазона компенсации работают нормально. Трубу теодолита устанавливают в плоскости проходящей через ось симметрии подставки. Изменение наклона подставки от горизонтального положения вращением подъемного винта расположенного на оси симметрии подставки на ± 3' (± 1/6 оборота) не должно приводить к изменению отсчёта по вертикальному кругу.

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого прибор устанавливают на штатив и приводят его в рабочее положение; наводят трубу на визирную марку (расстояние 30…40м) и запоминают отсчет. Затем к головке штатива прилагаются легкие вращательное (вокруг вертикальной оси) и вертикальное (сверху вниз) усилия, после чего проверяют величину отсчёта. При устойчивом штативе отсчет не должен отличаться более чем на 0,5 значения средней квадратической погрешности прибора данного типа.

1.4. Определение метрологических характеристик зрительной трубы

Исследованию зрительной трубы должно предшествовать изучение ее конструкции по техническому описанию, справочнику [4] или учебному пособию [5]. *В тексте отчета рекомендуется поместить схему принципиального устройства трубы, выданного теодолита с кратким указанием назначения каждого компонента.*

1.4.1. Определение увеличения зрительной трубы

Увеличение зрительных (визирных) труб в технической литературе делят на три основных вида: видимое, продольное, угловое. Понятие «видимое увеличение» относится к случаю, когда оптическая система

работает совместно с глазом. Приближённое значение видимого увеличения V можно определить совмещением видимого в окуляр увеличенного изображения участка нивелирной рейки с участком, видимым невооружённым глазом.

Более точное значение видимого увеличения зрительных труб определяется отношением диаметра зрачка входа $D_{вх}$ к диаметру зрачка выхода $D_{вх}$

$V = D_{вх} / D_{вых.}$

В большинстве современных зрительных труб зрачком входа является оправа объектива, внутренний диаметр которой измеряется с помощью штангенциркуля. Измерение зрачка входа следует производить с точностью до 0,1мм.

Зрачок выхода – это диаметр изображения объектива видимого в окуляр при фокусировке трубы на удаленный предмет. Величина зрачка выхода измеряется на удалении 2…3мм от оправы окуляра на прозрачном экране с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Для обеспечения чёткого изображения зрачка выхода перед объективом рекомендуется установить источник света (подсветку).

Наиболее точный способ измерения зрачка выхода – при помощи динаметра (специального микроскопа), позволяющего производить отсчеты до 0,01 мм. Если конструкция трубы неизвестна (возможно установлена внутренняя апертурная диафрагма), то для точного определения увеличения трубы на объектив накладывают диафрагму из плотной бумаги с отверстием диаметром 10мм, измеряют соответствующий диаметр зрачка выхода $D_{вых}$ и рассчитывают увеличение

$$V = 10 / D_{вых.}$$

У маркшейдерских теодолитов $V \approx (20…30)^x$, где x - символ кратности увеличения (крат).

1.4.2.Определение величины поля зрения трубы

Выбирается четкая, хорошо видимая удаленная визирная цель. Поочерёдно наводятся на нее диаметрально противоположными краями поля зрения и берут отсчеты по лимбу β_1 и β_2. Разность отсчетов $\Theta = \beta_1 - \beta_2$. является углом поля зрения трубы. Угол поля зрения трубы ограничивает полевая диафрагма (у большинства зрительных труб теодолитов роль полевой диафрагмы выполняет оправа сетки нитей).

Если известно значение увеличения зрительной трубы, то величину угла поля зрения можно рассчитать по формуле $\Theta \approx 28°/V$, где $28° \approx 0{,}5$ рад. Сходимость полученных результатов является подтверждением достоверности определенных значений.

1.4.3. Разрешающая способность зрительной трубы

Разрешающая способность зрительной трубы (критический угол зрения) относится к числу важнейших характеристик теодолита. Необходимая разрешающая способность трубы, характеризующаяся наименьшим углом, под которым две точки воспринимаются раздельно, рассчитывается по известной из теоретических основ дифракционной оптики формуле

$$\psi_т = 138'' / D_{вх},$$

где $D_{вх}$ - диаметр входного отверстия объектива.

Увеличение, при равных значениях разрешающей способности глаза и зрительной трубы ($\psi_г = \psi_т$), принято называть нормальным

$$V_н = (\psi_г'' / 138'') / D_{вх} = 0{,}43\, D_{вх},$$

где $\psi_г'' = 60''$ – среднее статистическое значение угловой разрешающей способности нормального глаза.

$$\psi_г'' = (d_г / \phi_г)\,\rho,$$

где $d_г$ – расстояние между светочувствительными элементами глаза (≈ 0,005мм);

$\phi_г$ – величина фокусного расстояния глаза (≈ 23мм);

$\rho'' = 206265''$- величина радиана в угловых секундах.

При $\psi_г'' = 60''$ на расстоянии 250мм (расстояние, при котором глаз работает без перенапряжения) глаз способен различить величину линейного интервала $d = (\psi_г / \rho'')\,250 = 0{,}073 \approx 0{,}1$мм.

Именно это свойство глаза лежит в основе достаточно точного отсчитывания доли интервала шкалы «на глаз».

Зрительные трубы маркшейдерско-геодезических приборов, предназначенных для работы в условиях плохой освещенности (подземные горные выработки) обычно имеют видимое увеличение в 1,5…2 раза больше нормального (порядка 30^x).

Отсюда угловая разрешающая способность глаза (60″), вооруженного зрительной трубой при $V = 30^x$

$$\psi_\Sigma = 60''/ V = 2''.$$

В лабораторных условиях разрешающая способность определяется на длиннофокусном коллиматоре ($f \geq 1000$мм) при рассматривании миры, установленной вместо окуляра коллиматора. Мира (многозначная угловая мера) представляет собой стеклянную пластинку, на которую с большой точностью нанесены группы белых и черных штрихов разной ширины [4]. Угловое расстояние между центрами соседних черных штрихов подписано на мире для каждой группы. Рассматривая миру в центре поля зрения трубы теодолита через объектив коллиматора, можно определить, в какой группе (с

наименьшим угловым расстоянием) видны штрихи всех направлений. Угловое расстояние этой группы и будет являться угловой разрешающей способностью глаза, вооруженного зрительной трубой. Затем определяется разрешающая способность в краевых частях поля зрения трубы по вертикальному и горизонтальному диаметрам.

При отсутствии коллиматора приблизительное значение разрешающей способности ψ_Σ можно определить по формуле:

$$\psi_\Sigma = d \cdot \rho'' / S_м,$$

где d – чётко видимый через трубу интервал между соседними делениями шкалы масштабной линейки в мм, ρ" = 206265", $S_м$ – максимальная величина расстояния до шкалы в мм, при котором чётко различается интервал d.

При расстоянии S = 50м, d = 0,5мм, ψ_Σ = 2".

1.4.4. Определение погрешности визирования

Расчётное значение средней квадратической погрешности визирования в работе [7] рекомендуется определять по формуле

$$m''_в = \pm\frac{\Delta''}{12},$$

где Δ" - величина углового расстояния биссектора сетки нитей.

Угловое расстояние биссектора нитей Δ" определяется по горизонтальной миллиметровой линейке, расположенной в области предмета на расстоянии S от объектива трубы, перпендикулярно лучу визирования. Рекомендуется величину S выбирать на 1-2 метра больше минимального расстояния фокусирования трубы. По обеим нитям биссектора берутся отсчеты по миллиметровой линейке a_1 и a_2. Угловое расстояние биссектора вычисляется по формуле

$$\Delta'' = \frac{(a_1 - a_2)_{мм}}{S_{мм}} \cdot \rho'' .$$

В работе [7] приведены экспериментальные данные погрешности визирования: при визировании одиночным штрихом $m_в''=10''/V$; при биссектировании $m_B''=15''/V$.

Меньшее значение $m_в''$ при визировании одиночным штрихом объясняется тем, что при визировании по принципу совмещения штрихов сетки и визирной марки, угловое расстояние Δ" одного штриха меньше углового расстояния биссектора. Определение достоверного расчётного значения погрешности визирования $m_в$ является достаточно трудной задачей: так, например, разрешающая способность глаза колеблется от 40" до 80", угловое расстояние биссектора сетки Δ" также не является постоянной величиной.

В ряде учебников величину $m_в$ приравнивают к разрешающей способности вооружённого глаза $m_в = \psi_\Sigma$, что не со всем бесспорно, т.к. не учитывается влияние параметров сетки нитей зрительной трубы и линий визирной марки.

Таким образом, при определении погрешности и визирования необходимо соблюдать общее правило: следует учитывать расстояние до марки и геометрические параметры линий сетки и марки.

1.5. Определение и юстировка инструментальных погрешностей

1.5.1. Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней

Для проверки перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора

необходимо установить уровень параллельно двум подъемным винтам подставки и, вращая их в противоположных направлениях, привести пузырек уровня на середину. После этого повернуть алидаду горизонтального круга на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырек уровня отклонится от середины, то половину отклонения следует устранить исправительными винтами уровня, а затем повторить проверку.

Проверку и юстировку следует выполнять до тех пор, пока после поворота алидады на 180° пузырек уровня не будет отклоняться более чем на 0,5 деления уровня.

При наличии круглого уровня в теодолите должно выполняться следующее условие: ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения теодолита.

Операция его проверки осуществляется аналогичным образом.

1.5.2. Определение и исправление (юстировка) коллимационной погрешности

Неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси ее вращения вызывает коллимационную погрешность *C*.

Для проверки теодолита с двусторонней отсчетной системой по лимбу необходимо после приведения прибора в рабочее положение, навести зрительную трубу при КЛ на удаленную в бесконечность (∞ при $S \geq 150$ м) отчетливо видимую цель находящуюся на горизонте прибора (в пределах одного, двух градусов) и записать отсчет КЛ. Затем перевести трубу через зенит, навести ее на ту же цель и записать отсчет КП. Разность отсчетов КЛ – КП должна быть равна 180°. Отклонение разности от 180° равно двойной коллимационной погрешности: $2C = КЛ - КП \pm 180°$.

В теодолитах (Т5, Т15, Т30) с односторонней системой отсчетов по лимбу разность отсчетов *КЛ – КП* будет искажена не только влиянием коллимационной погрешности *C*, но и влиянием эксцентриситета алидады,

величина которого в отдельных приборах может достигать ± 1'. В этой связи определение коллимационной погрешности указанных теодолитов следует выполнять следующим образом.

После установки теодолита в рабочее положение, визируют его на одну и ту же точку при двух положениях теодолита $КЛ_1$ и $КП_1$ и вычисляют разность отсчетов $КЛ_1 - КП_1$.

Затем открепляют винт подставки, поворачивают теодолит в подставке на 180°, приводят пузырёк цилиндрического уровня в средне положение, вновь наводят на ту же точку при двух положениях круга и получают разность $КЛ_2 - КП_2$. Величина двойной коллимационной погрешности будет

$$2C = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{2}.$$

Для устранения коллимационной погрешности необходимо изменить положение визирной оси относительно оси вращения трубы смещением сетки нитей в горизонтальном направлении или путем изменения направления визирной оси зрительной трубы с помощью клина установленного между объективом и корпусом трубы. Выполняя данную юстировку, не обязательно полностью исправлять коллимацию, достаточно чтобы она не превышала двойного значения СКО измерения угла данным теодолитом.

Теодолиты 2Т2, 2Т5К и их модификации не имеют исправительных винтов сетки, поэтому коллимацию можно исправить только поворотом клина, расположенного перед объективом или между объективной частью трубы и осью ее вращения. Поворот клина приводит к изменению не только коллимации, но и места нуля вертикального круга. Поэтому выполнение данной операции рекомендуется производить в условиях специализированной мастерской.

1.5.3. Определение и юстировка места нуля (места зенита)

Отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении зрительной трубы должен быть равен или близок к 0° при оцифровке круга от горизонта или к 90° при оцифровке круга от зенита.

Место нуля *М*0 (место зенита MZ) вертикального круга определяют визированием на четко видимую, удалённую на 50 – 100 метров точку, расположенную приблизительно на горизонте прибора, при двух положениях круга и взятием отсчетов КЛ и КП по вертикальному кругу. Перед взятием отсчетов приводят пузырек уровня при вертикальном круге на середину (за исключением приборов с компенсатором).

Вычисление *М*0 (*MZ*) в зависимости от системы оцифровки круга производят по формуле, указанной в инструкции по эксплуатации на конкретный тип теодолита.

Изменение места нуля (места зенита) может быть вызвано различными причинами. Основные из них следующие: изменилось положение оси уровня при вертикальном круге, сместилась сетка нитей в вертикальном направлении, нарушилась балансировка маятника компенсатора.

Для исправления *М*0 (MZ) в теодолитах 2Т2, 2Т2П, 2Т2А совмещают концы пузырька уровня при вертикальном круге и берут отсчет по микрометру. Вращением шкалы микрометра изменяют отсчет на величину места зенита (при круге слева отсчет должен быть уменьшен). Вращением наводящего винта уровня точно совмещают изображение штрихов вертикального круга в центральном окне отсчетного микроскопа, после чего юстировочными винтами уровня совмещают концы пузырька уровня. После этого поверку повторяют.

В теодолитах с компенсаторами порядок исправления не отличается от предыдущего, но после внесения в отсчет исправления на величину MZ

смещение штрихов производят специальным юстировочным винтом компенсатора.

В теодолитах Т30, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П М0 (MZ) исправляют смещением сетки нитей зрительной трубы в вертикальном направлении с помощью юстировочных винтов.

1.5.4. Проверка правильности хода фокусирующей линзы

Погрешность за перефокусирование трубы, связанную с изменением расстояния до марки (визирной цели), необходимо определять по колебаниям коллимации С и М0 (MZ), получаемым при наблюдении марок, установленных на разных расстояниях от прибора. Наблюдаемые марки должны по возможности располагаться в одном створе и на одном горизонте (отклонение не более 3°). При исследовании электронных тахеометров и теодолитов, а также оптических теодолитов типа Т2 и Т5 марки располагаются на удалении от теодолита 2 м; 10 м и (50…100)м, а для оптических технической точности и типа Т15, Т30 – 1,5 м; 5 м; 10 м; (30…60)м.

Измерения проводят в следующей последовательности:

а) устанавливают прибор в положение КЛ, вращением кольца фокусирующей линзы по ходу часовой стрелки добиваются получения чёткого изображения марки, выполняют визирование на центр марки. Отсчитывают по вертикальному и горизонтальному кругам величину визирных направлений для каждого наведения при заданных расстояниях;

б) то же, что и по пункту «а» при фокусировании на марки движением кольца фокусирующей линзы против хода часовой стрелки и наблюдении марок в обратном направлении, сопровождаемом отсчетами по кругам;

в) переводится труба через зенит, выполняется фокусировка трубы по подпункту «б» и регистрация визирных направлений при КП;

г) выполнение операций при круге право по подпункту «а».

Описанные операции составляют одну серию определений значений *C* и M0 (MZ); таких серий должно быть выполнено не менее двух.

Значения *C* и M0 (MZ) вычисляют по формулам, приведенным в инструкциях по эксплуатации приборов.

Расхождение отдельных значений *C* и M0, относящихся к одним и тем же расстояниям, не должны быть более указанных в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Нормативные расхождения определяемых *C* и M0.

СКП измерения углов (секунды)	*Z*	5	15	30
Допустимые расхождения для *C* и M0 (MZ), секунды	2,5	10	15	60

Изменения *C* и M0 (MZ) в зависимости от неправильного хода фокусирующей линзы зрительной трубы и внецентренности зрительной оси определяются по формулам:

$$\Delta C_{i_{cp}} = C_{i_{cp}} - C_{\infty_{cp}},\ \Delta M0_{i_{cp}} = M0_{i_{cp}} - M0_{\infty_{cp}},$$

где индексы «*i*» и «∞» при *C* и *M0* относятся к конечному (*i*) расстоянию до марки к положению фокусирующей линзы близкому к «бесконечности» (150м и более).

Значения $\Delta C_{i_{cp}}$ и $\Delta M0_{i_{cp}}$ не должны превышать ошибки измерения углов одним приемом для испытуемого прибора.

1.5.5. Определение цены деления уровней

Определение цены деления цилиндрических уровней приборов необходимо для того, чтобы установить соответствует ли точность уровней паспортному значению (убедиться в отсутствии брака при изготовлении ампул).

Уровни, имеющие излишнюю точность, являются причиной неоправданных затрат времени на установку инструмента; недостаточная точность может привести к ошибкам в измерениях.

Определение цены деления цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по способу наклонного лимба.

Инструмент ставится на жесткое основание так, чтобы один из подъемных винтов был направлен на удаленный, хорошо видимый предмет и приводится в рабочее положение.

Труба наводится на удаленный предмет и берется отсчет по вертикальному кругу β_0. После чего труба наклоняется на угол v.

Центр сетки нитей при этом смещается с зрительной цели. На вертикальном круге устанавливается отсчет

$$\beta_1 = \beta_0 - v.$$

Вращая передний подъемный винт подставки, трубу снова наводят на тот же удаленный предмет. Таким образом, вертикальная ось инструмента и плоскость лимба будут наклонены на угол v. Для приборов высокой точности ($m\beta \leq 5''$) следует брать угол v порядка 20 – 40'; для инструментов технической точности ($m\beta \geq 15''$) порядка 1°20'.

Алидада поворачивается до тех пор, пока пузырек испытываемого уровня не установится в положении 1 (рис. 1.1), берут отсчет по горизонтальному кругу α_1. Алидаду вращают дальше, пока пузырек уровня не займет положение 2 и берут второй отсчет по горизонтальному кругу α_2. Находят разность $\Delta\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|$, величина которой может колебаться от 5 до 20° в зависимости от v и τ уровня.

Вычисляют цену деления уровня для высокоточных инструментов по формуле:

$$\tau = \frac{\Delta\alpha \cdot v}{\rho \cdot n},$$

для инструментов технической точности по формуле:

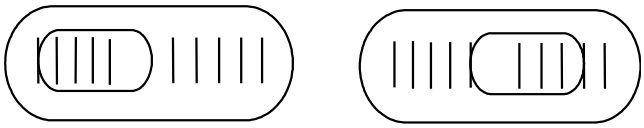
$$\tau = 2\rho \frac{\sin(\Delta\alpha / 2) \cdot \sin v}{n},$$

где Δα" - разность отсчетов по горизонтальному кругу;

v"– угол наклона вертикальной оси инструмента;

n – число промежутков между делениями уровня, на которое переместился пузырек (рис. 1.1).

положение 1 положение 2



n = 4

Рис.1.1. К определению цены деления уровня

Определение цены деления уровня при трубе.

Теодолит (2Т30П, 4Т30П) устанавливается на столе или на штативе. Пузырек уровня при трубе приводится в положение 1 (рис 1.1) с помощью микрометренного винта трубы и берется отсчет по вертикальному кругу β_1, затем пузырек перемещается в положение 2 и берется второй отсчет по вертикальному кругу β_2.

Цена деления уровня определяется по формуле

$$\tau = \frac{\beta_1 - \beta_2}{n} = \frac{\Delta'' \beta}{n},$$

где *n* – число делений, на которое переместится пузырек.

Определение цены деления уровней на экзаменаторе.

На экзаменаторе может быть определена цена деления любого уровня, в том числе установочного (круглого), а также проверена работоспособность и оценена чувствительность, диапазон работы компенсатора.

Прибор устанавливается на столик экзаменатора таким образом, чтобы на исследуемый уровень был направлен вдоль базовой балки. Балка, с установленным на ней прибором, с помощью микровинта может отклоняться от горизонтального положения в диапазоне ± 20'. Цена деления лимба лабораторного экзаменатора равна 0",5. Данный способ определения цены деления уровня является наиболее точным.

Отсчеты по лимбу экзаменатора берутся при совмещении левого конца пузырька с крайними штрихами левой половины шкалы цилиндрического уровня (рис.1.1), а затем при совмещении правого конца пузырька с крайними штрихами правой половины шкалы. Отсчеты заносятся в таблицу произвольной формы. Вычисляется цена делений для правой и левой половины шкалы уровня по формуле

$$\tau = \frac{\Delta v}{n},$$

где Δv – разность отсчетов по лимбу экзаменатора;

n – количество делений уровня, соответствующее наклону балки экзаменатора на угол Δv.

1.5.6. Проверка работы компенсатора в полевых условиях (для теодолитов с самоустанавливающимся индексом вертикального круга)

Для проверки компенсатора теодолитов, имеющих самоустанавливающийся отсчетный индекс вертикального круга, прибор устанавливают на штативе так, чтобы один из подъемных винтов подставки был расположен в направлении зрительной цели. Горизонтируют прибор по уровню при алидаде горизонтального круга наводятся на визирную цель и

производят отсчет по вертикальному кругу. Действуя подъемным винтом подставки, наклоняют теодолит на γ (наклон задают по вертикальному кругу), где γ - угол, соответствующий диапазону работы компенсатора. Рабочий диапазон компенсатора примем равным ± 5′.

Наводят зрительную трубу на ту же точку и берут второй отсчет по вертикальному кругу.

Наклоняют ось вращения алидады на угол γ от горизонтального положения, но в противоположную сторону, берут третий отсчет. При нормальной работе компенсатора разность между отсчетами (первым и вторым, вторым и третьим) должна оставаться в допустимых пределах (2 $m\beta$). Проверку повторяют 2 – 3 приемами. Среднее значение разности, отнесенное к величине наклона прибора в минутах, характеризует систематическую погрешность компенсации на 1″ наклона вертикальной оси прибора.

Для ускорения процесса установления угла γ его величину можно определить по формуле:

$$\gamma = (0{,}5/90)\cdot\rho',$$

где 0,5 –стандартное значение шага резьбы подъёмного винта, мм;

90 - длина радиуса от центра подставки до центра подъёмного винта, мм;

ρ' = 3438'.

Один оборот подъёмного винта соответствует величине γ = 20', 1/6 оборота подъёмного винта соответствует γ = 5'. Таким образом, наклон вертикальной оси прибора на ± 5' обеспечивается поворотом соответствующего подъемного винта на ¼ оборота против часовой стрелки от горизонтального положения.

1.5.7. Исследование отсчетных приспособлений

М и к р о с к о п - о ц е н щ и к применяется в теодолитах технической точности (Т30, Theo120). Для правильной работы микроскопа-оценщика требуется, чтобы он имел достаточное увеличение, т.е. чтобы наименьшее деление лимба было видно размером 1,5 – 2мм, нить индекса микроскопа была параллельна делениям лимба и видна без параллакса.

Ш к а л о в ы й м и к р о с к о п применяется, как правило, в теодолитах с точностью отсчета до 0,1 интервала шкалы (2Т30П, Т5).

Для правильной работы шкалового микроскопа необходимо соблюдение следующих условий:

деления лимба и шкалы должны быть видны без параллакса;

штрихи делений лимба должны быть параллельны штрихам делений шкалы;

штрихи шкалы должны приблизительно на 1/10 часть их длины накладываться на штрихи лимба.

Выполнение трех перечисленных условий достигается следующим образом:

вращением окулярного фокусирующего (диоптрийного) кольца добиваются отчетливой видимости шкалы, перемещением верхней линзы объектива (находится в стойке трубы) обеспечивается четкое изображение штрихов лимба.

Еще одним условием, обеспечивающим правильную работу шкаловых микроскопов, является равенство изображения одного деления лимба и расстояния между крайними штрихами шкалы.

Если окажется, что величина изображения деления лимба больше длины шкалы (рен отсчетной системы), то это значит, что увеличение микроскопа излишнее. Для исправления передвигают нижнюю линзу объектива микроскопа вверх, при этом изображение штрихов лимба расфокусируется, тогда перемещением верхней линзы снова добиваются резкого изображения штрихов и отсутствия параллакса. В случае необходимости эту операцию повторяют. Если окажется, что изображение

интервала лимба меньше, чем длина шкалы, то это значит, что увеличение недостаточное. Для исправления нижнюю линзу микроскопа необходимо опустить, а верхней линзой устранить расфокусировку.

Как бы тщательно не была произведена установка микроскопов, строгого равенства величины интервала лимба величине интервала шкалы во всём диапазоне лимба добиться сложно из-за погрешностей делительной машины, поперечных колебаний лимба и т.д. Поэтому определение рена отсчетной системы является одной из основных операций.

Определение рена отсчетных приспособлениий

Определение рена шкалового микроскопа (теодолиты 2Т30П, Т5) производится по результатам сопоставления длины шкалы с расстояниями между штрихами лимба. Нулевой штрих шкалы с максимальной точностью совмещается со штрихом лимба и берется отсчет «*a*» по правому концу шкалы.

Сопоставление шкалы с делениями лимбов производится на следующих установках

Горизонтальный круг

Прямой ход 0; 60; 120; 180; 240; 300°.

Обратный ход 30; 90; 150; 210; 270; 330°.

Вертикальный круг

Прямой ход 354; 357; 0; 3; 6; 9°.

352; 355; 358; 1; 4; 7°.

Среднее значение рена находят по формуле

$$r = \frac{1}{12}\sum_{i=1}^{12} a .$$

Среднее значение рена не должно превышать средней квадратической ошибки измерения угла одним приемом исследуемым теодолитом.

Проверка рена о д н о с т о р о н н е г о о п т и ч е с к о г о м и к р о м е т р а выполняется в следующем порядке[3]: устанавливают алидаду на отсчёт 0°, измеряют интервал между штрихами лимбов. Для теодолита ТТ4 0 и 20' далее - на отсчёт 45°, измеряют интервал между штрихами 20 и 40' далее - на отсчёт 90°, измеряют интервал между штрихами 40 и 60' далее на отсчёт 135° - вновь измеряют интервал между штрихами 20 и 40' т.д. Порядок измерений, записи результатов, вычислений приведен также в учебнике Гусева Н.А. [12].

Чтобы определить рен д в у х с т о р о н н е г о о п т и ч е с к о г о м и к р о м е т р а (теодолиты серии Т2, Theo 010), на шкале исследуемого теодолита устанавливают отсчет, близкий к нулю, и приблизительно совмещают с помощью наводящего винта алидады диаметрально противоположные штрихи А и (А + 180°) верхнего и нижнего изображений лимба. После этого по барабану оптического микрометра берут отсчеты при трех точных совмещениях штрихов:

A_1 – при совмещении штрихов А и (А + 180°);

A_2 – при совмещении штрихов(А + 180°) и (А - μ);

A_3 – при совмещении штрихов (А + 180° - μ) и А,

где μ =20' - величина наименьшего деления круга (лимба).

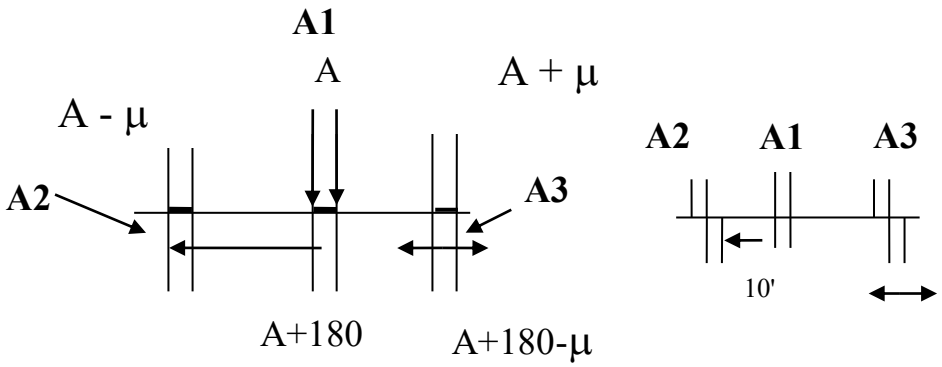


Рис. 1.2. Схема перемещения и совмещения штрихов

Рен верхнего и нижнего изображений находят по формулам

$$r_в = (A_1 – A_2)\mu_0 + \mu / 2;$$

$$r_н = (A_1 – A_3)\mu_0 + \mu / 2,$$

где μ_0 – цена деления шкалы микрометра.

Далее вычисляют среднее значение рена

$$r = (r_в + r_н) / 2.$$

Установка алидады горизонтального круга для теодолитов с делениями 20' (типа Т2):

Прямой ход 0°00'; 45°20'; 90°40'; 135°00'; 180°20'; 225°40'; 270°00'; 315°20'.

Обратный ход 22°20'; 67°40'; 113°00'; 157°20'; 202°40'; 248°00'; 292°20'; 337°40'.

Если величина рена превышает допустимую, то в результаты измерений вводят поправки

$$\delta_a = 2ra / \mu,$$

где a – отсчет по микрометру.

Установку вертикального круга выбирают в диапазоне ± 10° относительно горизонтального положения трубы через интервал (2° + μ) в прямом и обратном ходах.

В полевых условиях допускается выборочный контроль рена на четырех установках алидады 0°, 90°, 180° и 270° (для вертикального круга 358°, -2°, 0°, + 2°).

1.5.8. Определение эксцентриситетов горизонтального круга (лимба) и алидады

Эксцентриситет горизонтального круга ($\varepsilon_{г.к.}$) теодолитов типа Т2, Theo 010 (двухсторонний отсчет) определяют по изменению разностей отсчетов при совмещении диаметрально противоположных штрихов круга «*a*» (для установок круга через 60° отсчет «*a*» по шкале микрометра делают всегда 5'00") и одного из штрихов круга с индексом «*a'*». Для теодолитов Т2 вместо индекса используют штрих вертикального круга, видимый после поворота переключающей призмы на 45°. Для каждой установки круга получают разности

$$v = 4(a - a_1).$$

Пример определения параметров эксцентриситета горизонтального круга (лимба) для теодолита Т2, расчетным способом приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Определение эксцентриситета горизонтального круга

Дата 18.03.2016 г. Теодолит Т2 № 105125

$a = 5'00''$

$v = 4(a - a_1)$

φ	Прямой ход		Обратный ход		v	$v\sin\varphi$	$v\cos\varphi$	$x\sin\varphi$	$y\cos\varphi$	v''
	a_1"	v"	a_1"	v"						
0°	4'53	+ 28	4’54	+ 24	+ 26	0,0	+ 26,0	0,0	- 0,6	+ 25,4
60	52	+ 32	52	+ 32	+ 32	+	+ 16,0	+ 6,2	- 0,3	+ 31,9
	51	+ 36	50	+ 40	+ 38	27,8	1,0	+ 7,1	0,0	+ 33,1

120 … 300	… 4′54"	… +24	… 4′54"	… + 24	… + 24	+ 38,0 … -12,0	… + 20,9	… -3,6	… + 0,5	… + 22,9
				Σ	156"	+21,2	+ 1,9	0,0	0,0	+ 156"

$$v = (v' + v'') / 2; \quad v° = v_0 + x\sin\varphi + y\cos\varphi;$$

$$v_0 = \sum v / 6 = + 26"; \quad \operatorname{tg}\varphi_{эк} = \frac{-\sum v\cos\varphi}{\sum v\sin\varphi} = \frac{-1,9}{21,2} = - 0,09;$$

$$x = \frac{\Sigma v\sin\varphi}{n/2} = \frac{+21,2}{3} = + 7,1"; \quad \varphi_{ЭК} = 355°;$$

$$y = \frac{-\Sigma v\cos\varphi}{n/2} = \frac{-1,9}{3} = - 0,6"; \quad \varepsilon_{г.к.} = \frac{1}{2}\sqrt{x^2 + y^2} = 3,6";$$

$$l_{г.к.} = \varepsilon_{г.к.} \cdot R / \rho" = \frac{3,6 \cdot 45000}{206265} = 0,76 \text{ мкм},$$

где $\varphi_э$ – отсчет по лимбу, соответствующий направлению линейного эксцентриситета лимба;

$\varepsilon_{г.к.}$ – эксцентриситет лимба в угловой мере;

$l_{г.к.}$ – линейный эксцентриситет горизонтального круга, мкм;

R – радиус горизонтального круга, мкм.

На рисунке 1.3 приведен график, характеризующий эксцентриситет круга. Величина $2\varepsilon_{г.к.}$ соответствует амплитуде кривой, изображенной на графике.

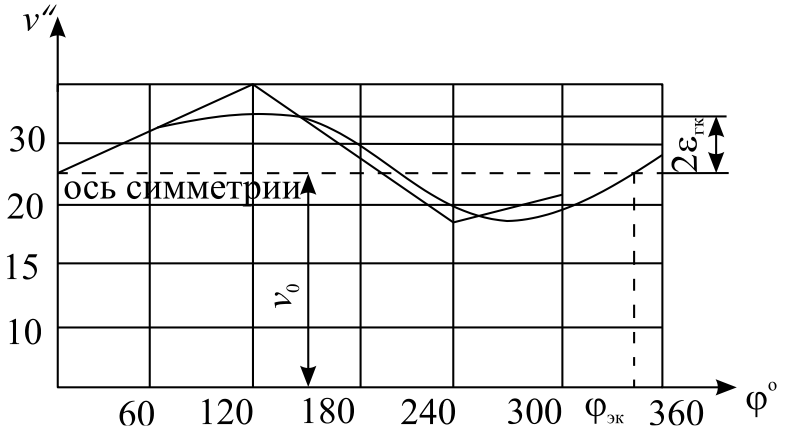


Рис. 1.3. График углового эксцентриситета лимба и определение его элементов $2\varepsilon_{г.к.}$ $\varphi_{эк}$

Эксцентриситет горизонтального круга теодолитов Т 5, О Т Ш, Т Т 4, Т 15, Т 30, Theo 015B (односторонний отсчет) определяют по изменению горизонтального угла, близкого к 180°, задаваемого установками φ и φ + 180° алидады при отсчете φ по лимбу, т.е. производится измерение угла при КП между двумя марками, расположенными на одной прямой с теодолитом.

В этом случае $v = \beta_\varphi - \frac{1}{n}\sum_1^n \beta_\varphi$,

где β_φ - значение угла на установке φ круга;

n – количество установок круга (n = 6).

Измерения проводят в пределах одного оборота круга в прямом и обратном ходах.

Эксцентриситет алидады теодолитов типа Т 2 (двухсторонний отсчет) проверяется следующим образом.

На каждой установке алидады (через 60°) совмещают изображение диаметрально противоположных штрихов круга (отчет «a»), а затем совмещают изображение верхнего штриха с неподвижным индексом в поле зрения отсчетного микроскопа (отсчет «a'»). Изменения разностей $v = 4(a - a')$ характеризует эксцентриситет алидады.

Конструкция системы осей оптических теодолитов такова, что для характеристики вращения алидадной части необходимо снятие отсчетов «*a*» и «*a*'» при двух полных оборотах алидады.

Эксцентриситет алидады горизонтального угла у теодолитов с односторонним отсчетом (Theo 015B, Т 5, О Т Ш, Т Т 4, Т 15, Т 30) определяют по изменению значения 2*C* (двойная коллимация) при наблюдении визирных марок, расположенных через 60° на одном горизонте и приблизительно равном удалении от теодолита.

Труба теодолита наводится поочередно на марки при КЛ и берутся отсчеты. Делается два оборота алидады. Затем аналогично выполняются наблюдения при КП.

Вычисляются средние отсчеты на марки.

$$КП_i = (КП_{i_1} + КП_{i_2}) / 2; \qquad КЛ_i = (КЛ_{i_1} + КЛ_{i_2}) / 2.$$

Находят разности

$$v_i = КП_i - КЛ_i.$$

Вычисление параметров эксцентриситета алидады горизонтального круга и их графическое определение производятся аналогично приведенным в таблице 1.2 и на рисунке.1.3.

При анализе результатов исследования эксцентриситета следует иметь в виду, что, при качественно выполненных измерениях, значения величин *v* и *v*° должны совпадать в пределах точности измерения углов данным теодолитом.

После определения эксцентриситетов круга ($\varepsilon_{г.к.}$) и алидады (ε_a) рассчитываются эксцентриситет оси ($\varepsilon_{оси}$) и максимальный эксцентриситет (ε_{max})

$$\varepsilon_{\text{оси}} = \sqrt{\varepsilon_a^2 - 2\varepsilon_a \cdot \varepsilon_{гк} \cdot \cos(\varphi_{эа} - \varphi_{эк}) + \varepsilon_{гк}^2};$$

$$\varepsilon_{max} = \varepsilon_{\text{оси}} + \varepsilon_{\text{г.к.}}$$

В табл.1.3 приведены допустимые значения углового эксцентриситета алидады для различных теодолитов, а также значения эксцентриситета, установленные заводом-изготовителем.

За допустимый максимальный эксцентриситет (ε_{max}) принимается двойной заводской допуск на ε_a.

Таблица 1.3

Допустимые значения углового эксцентриситета

	Для теодолитов		
	2Т2, 2Т2П, 2Т2А, 3Т2КП	2Т5К, 2Т5КП, 3Т5КП	Т30, 2Т30, 2Т30П
Допустимый	40"	40"	7'
Заводской	30"	30"	30"

Для определения максимального влияния эксцентриситета вертикального круга выбирают линию на местности длиной не менее 300 м. На одном ее конце устанавливают поверяемый теодолит, приводят в рабочее положение и тщательно измеряют рулеткой высоту прибора до горизонтальной оси (l) с округлением результата до 1 мм. На другом конце устанавливают рейку, веху или марку на штативе так, чтобы точка визирования находилась на высоте горизонтальной оси теодолита l. Измеряют угол наклона $a_{\text{пр}}$ полным приемом. Затем меняют теодолит и визирную цель местами и измеряют угол $a_{\text{обр}}$ в обратном направлении, сохранив при установке теодолита высоту горизонтальной оси l.

Максимальное влияние эксцентриситета вертикального круга определяют по формуле

$$\varepsilon_{\text{вк}} = \frac{a_{пр} - a_{обр}}{2\cos\alpha},$$

где a – среднее значение угла из прямых и обратных измерений.

Для контроля погрешности $\varepsilon_{вк}$ измерение повторяют и за окончательный результат принимают среднее значение.

1.5.9. Определение наклона горизонтальной оси теодолита (электронного теодолита) (неравенство подставок)

Для точных и высокоточных теодолитов (при C < 2") наклон горизонтальной оси (p), обусловленный неперпендикулярностью оси вращения трубы и вертикальной оси теодолита, определяют по изменению коллимационных ошибок C_0, C_1 и C_2, получаемых при наблюдении визирных целей, расположенных в одном створе с отклонением от створа не более ±1° в горизонтальной плоскости и расположенных под углом $\alpha_0 = 0°$, $\alpha_1 \geq 20°$ и $\alpha_2 \geq -20°$ в вертикальной плоскости.

С целью исключения влияния качки вертикальной оси вращения число приемов определения значений C_0, C_1 и C_2 должно быть четным и составлять два и более.

Значение p вычисляют по формуле

$$p = \frac{1}{2}\left(\frac{C_1 - C\sec\alpha_1}{tg\alpha_1} + \frac{C_2 - C\sec\alpha_2}{tg\alpha_2} \right).$$

Среднюю квадратическую погрешность определения p вычисляют по формуле

$$m_p = \frac{m_c}{\cos\alpha_1}\sqrt{1+\sin^2\alpha_1},$$

где m_c – средняя квадратическая погрешность значения C, вычисляемая по внутренней сходимости результатов определения коллимационной погрешности.

Результаты измерений помещаются в таблицу произвольной формы.

Если у поверяемого точного или высокоточного теодолита $C > 2''$, то применяется упрощенная методика определения неперпендикулярности оси вращения трубы и вертикальной оси прибора.

После тщательной поверки положения цилиндрического уровня теодолита, наводят зрительную трубу на четкую точку, расположенную под углом не менее 15° к горизонту. Берут отсчеты КП и КЛ по горизонтальному кругу. Значение неперпендикулярности осей p вычисляют по формуле

$$p = 1 / 2(КЛ - КП \pm 180°)ctg\alpha,$$

где α - угол наклона линии визирования.

Для теодолитов технической точности, у которых преобладающей является погрешность отсчитывания, рекомендуется способ без использования отсчетного приспособления.

Теодолит тщательно горизонтируют (отклонение не больше 0,5 деления цилиндрического уровня) и наводят трубу на высоко расположенную точку ($\alpha > 20°$) последовательно при двух положениях круга. После каждого наведения проецируют центр сетки нитей на шкалу линейки или штриховой меры, установленной горизонтально в 20 – 30 м от теодолита, примерно на уровне горизонта прибора, перпендикулярно к линии визирования. При проецировании берут отсчеты α_1 и α_2 по шкале. Значение p вычисляют по формуле

$$p = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2S} \rho ctg\alpha ,$$

где S – расстояние от прибора до шкалы; $\rho = 206265''$.

Измерения должны выполняться четным числом приемов (2) с целью исключения влияний качки вертикальной оси, и за окончательное значение p принимают среднее из всех приемов.

1.5.10. Проверка оптического центрира

В отъюстированном теодолите визирная ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью вращения.

Для проверки выполнения данного условия теодолит устанавливают на штатив, закрепляют становым винтом и тщательно горизонтируют. Под штатив кладут лист бумаги с нанесенным на ней крестом.

Окуляр оптического центрира устанавливают на резкое изображение перекрестия (или кольца), а перемещением объектива добиваются резкого изображения креста, отмеченного на листе бумаги. Передвижением листа в нужном направлении добиваются совмещения креста на листе с центром сетки оптического центрира.

Поворачивают трижды верхнюю часть теодолита на 120° и отмечают проекцию центра сетки на листе бумаги. В отъюстированном центрире при повороте алидады изображение выбранной точки должно совпадать с проекцией центра сетки нитей.

Если это условие не выполняется, при помощи отвертки вращают винты, которые изменяют положение оправы призмы центрира. Положение призмы необходимо изменить настолько, чтобы уменьшить вдвое видимое смещение центра сетки относительно изображения выбранной точки. После этого с помощью подъемных винтов заново центрируют и повторяют юстировку до тех пор, пока при вращении алидады не будет смещения проекции центра сетки относительно выбранной точки.

2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ

2.1 Поверка погрешности визирования

Поверка визирной системы (зрительной трубы) электронного теодолита, принципиально ничем не отличается от поверки аналогичных

систем оптико-механических приборов т.к. в том и другом случае основным критерием точности визирования является разрешающая способность вооружённого глаза и параметры визирной сетки (см. раздел 1.1).

В автоматизированных приборах основным критерием, определяющим погрешность визирования, является разрешающая способность фотоэлектрической матрицы, на которую проецируется изображение визирной марки (цели). Существует эмпирическая формула [8], связывающая разрешающую способность фотоэлектрической матрицы $\psi_ф$ и объектива $\psi_о$

$$\psi_{\Sigma ф} = (\psi_ф \cdot \psi_о) \ / (\psi_ф + \psi_о).$$

Так, например, при погрешности визирования тахеометра Leica Geosystems типа TS – 30 $m_в = 0{,}5''$ и разрешающей способности объектива $\psi_о = 2''$, принимая $\psi_{\Sigma ф} \approx m_в$, получим разрешающую способность матрицы $\psi_ф \approx 0{,}7''$.

Дальнейшее уменьшение погрешности визирования достигается определением центра изображения марки на фотоэлектрической матрице визирного устройства. Погрешности визирования подобных автоматизированных электронных тахеометров $m_в = 0{,}5''\ldots 1''$ [8].

2.2. Отсчётные устройства

Отсчётные устройства электронных угломерных приборов по принципу считывания величины угла можно разделить (рис.3.9) на четыре основных типа: односторонний (на алидаде закреплена одна фотоэлектрическая матрица А), двусторонний (две матрицы А и В), четырёхсторонний (две пары матриц А,В и С,D).

Средняя квадратическая погрешность измерения углов при увеличении количества матриц уменьшается в $\sqrt{n}$ раз, где n- количество считывающих матриц.

Примером угломерного устройства с 4–мя матрицами является отсчетная система тахеометра Leica Geosystems TS – 30 с точность отсчитывания 0,1". Фактическая погрешность отсчитывания электронных теодолитов (тахеометров) не может быть определена как самостоятельный параметр. Она входит как составляющая в погрешность измерения угла, которая определяется на эталонной автоколлимационной установке в лабораторных условиях при метрологических исследованиях.

2.3. К определению эксцентриситета горизонтального круга, алидады, коллимационной погрешности С и отсчета по вертикальному лимбу при горизонтальном положении трубки (места нуля М0)

Причиной образования погрешности эксцентриситета является (как и в оптических теодолитах) практическая невозможность совместить без погрешностей центр вращения алидады o_2 с центром вращения кодового диска o_1. При смещении o_2 на величину r образуется угловая погрешность $\Delta\varphi = (\arcsin r/R) \cdot \sin \Theta$ или с учётом малой величины $\Delta\varphi$

$$\Delta''\varphi = (r \cdot \rho'' / R) \cdot \sin \Theta^\circ,$$

где Θ° - угол поворота алидады;

R – радиальное значение длины радиуса от центра вращения алидады до считывающей фотоэлектрической матрицы.

При наличии эксцентриситета радиус R можно представить в виде радиуса переменной величины, длина которого изменяется в зависимости от угла поворота $R' = R \cdot \sin \Theta^\circ$. Путь, пройденный считывающей фотоэлектрической матрицей, размещённой на алидаде, при переменном значении радиуса алидады R', является окружностью эллипса (рис.2.1).

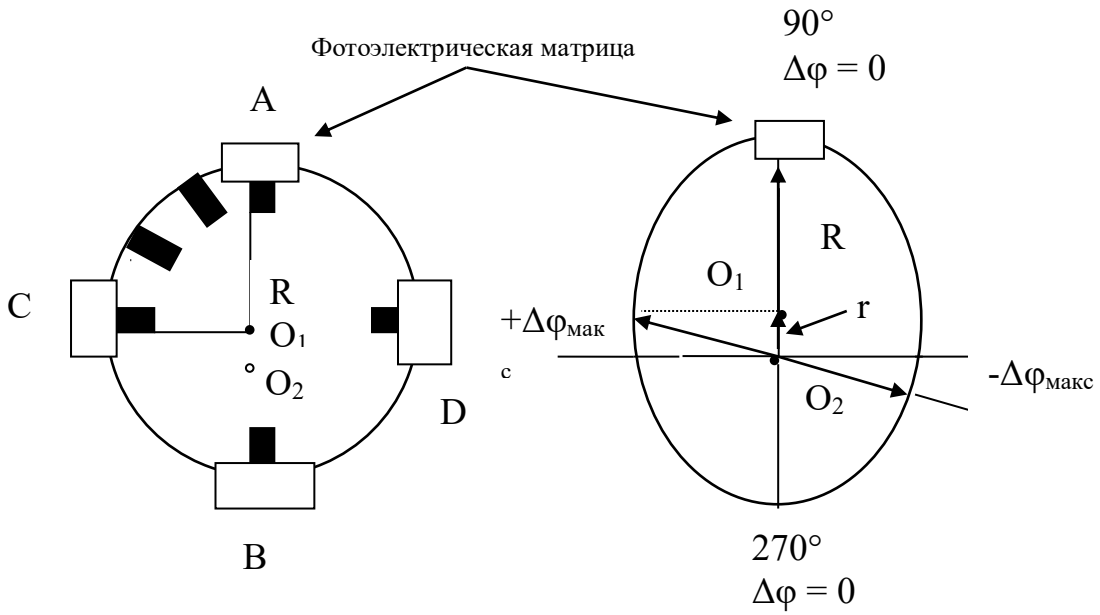


Рис. 2.1 Зависимость погрешности Δφ от угла поворота алидады.

Эллипсоидальный характер кривой зависимости погрешности Δφ от угла поворота алидады при наличии эксцентриситета, позволяет сделать вывод, что наличие погрешности Δφ, указывает на возможность образования и рена отсчётной системы, особенно в ортогональных направлениях.

Кроме смещения центра вращения алидады погрешность типа Δφ может возникнуть при смещении самих фотоэлектрических матриц. Поэтому определение эксцентриситета лимба или алидады при отсутствии специальной юстировочной аппаратуры является сложной задачей. В электронных теодолитах влияние погрешности эксцентриситета сводится к минимуму в процессе поверки (калибровки) коллимации C и места нуля M0 в режиме «настройка», которые определяются с учётом влияния эксцентриситета и коллимационной погрешности. При значениях C и M0 превышающих допуск, на дисплее появляется сообщение о превышении допустимого значения. Однако, даже при отсутствии предупреждения, рекомендуется получить подтверждение результата калибровки повторной поверкой коллимации C и места нуля M0 традиционным способом, так как

работать на границе допуска не рекомендуется из-за возможного риска образования предельно допустимых погрешностей измерений.

В отличие от оптических теодолитов в электронных в результат измерений автоматически вносится поправка за С и место нуля М0.

Подтверждение соответствия коллимации С и места нуля М0 на разные визирные цели значениям С и М0 прибора определенным при поверке, свидетельствует о правильном согласовании кодового диска, фотоэлектрических матриц установленных на алидаде, о согласованном положении визирной оси и отсутствии ошибки хода фокусирующей линзы. Методика определения изложена в разделах 1.5.4, 1.5.8.

В высокоточных приборах предусмотрена программа поверки наклона горизонтальной оси вращения трубы (неравенство подставок). Методика определения изложена в разделе 1.5.9.

В заключение следует отметить, что в электронных теодолитах, в отличие от оптикомеханических, в результаты измерений автоматически вводятся фиксированные поправки за С и М0, не смотря на то, что их значения могут меняться для различных визирных целей в результате влияния выше упомянутых инструментальных погрешностей. Таким образом, измерение углов полным приемом электронными теодолитами не приводит к исправлению инструментальных погрешностей, а лишь увеличивает количество измерений.

3. ОПТИЧЕСКИЕ НИВЕЛИРЫ

3.1. Условия проведения поверки

Перед началом поверки маркшейдерско-геодезические приборы и все используемые при ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

При выполнении поверки в помещении должны выполняться следующие требования:

температура окружающего воздуха должна быть в пределах (+ 20 ± 5)° С;

скорость изменения температуры не должна быть более 3°С в час;

относительная влажность не более 90 %.

При проведении поверки вне помещения:

условия видимости должны быть благоприятными, колебания изо - бражения – минимальными;

на приборы не должны падать прямые лучи солнца;

скорость ветра не должна превышать 4 м/с;

измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

В процессе поверки необходимо соблюдать правила работы с приборами, указанные в эксплуатационной документации, а также правила по технике безопасности. Все результаты поверки заносятся в индивидуальный журнал, который прикладывается к отчёту.

3.2. Внешний осмотр и проверка комплектности

Проверку внешнего состояния и комплектности производят осмотром. Визуально проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы, контрастность и четкость одновременной наблюдаемой сетки нитей, концов пузырька контактного уровня, шкалы микрометра (для высокоточных нивелиров) и зрительной цели (рейки). Убеждаются в отсутствии коррозии, царапин и других дефектов на приборе, которые могут повлиять на точность измерений.

Маркировка прибора и футляра должна соответствовать ГОСТ 10528, техническим условиям на данный тип нивелира и содержать один и тот же порядковый номер прибора.

Комплектность нивелира должна соответствовать комплекту поставки, приведенному в паспорте.

3.3. Опробование

Проверку работоспособности нивелира и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании обращают внимание на исправность всех частей нивелира, отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, элевационного винта, регулирующего наклон зрительной трубы в вертикальной плоскости и перемещения фокусирующей линзы. Проверяют исправность зеркала подсветки уровня, затяжку всех стопорных и юстировочных (подстроечных) винтов, фиксирующих наклон уровня. Юстировочные винты должны занимать среднее положение. При проверке нивелира с компенсатором необходимо убедиться, что подвесная система компенсатора и демпфер в пределах диапазона компенсации работают нормально (изменение наклона трубы от горизонтального положения при вращении подъемного винта подставки на ± (1-2) оборота не должно приводить к изменению положения зрительной оси трубы).

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого нивелир с контактным уровнем устанавливают на штатив и приводят его в рабочее положение; наводят трубу на рейку (расстояние до рейки 30 … 40 м) и запоминают отсчет. Затем к головке штатива прилагаются легкие вращательное (вокруг вертикальной оси) и вертикальное (сверху вниз) усилия, после чего опять отсчитывают по рейке. При устойчивом штативе отсчет по рейке не должен отличаться более чем на 0,5 мм для нивелира типа Н-05 и на 1 и 2 мм для нивелиров типа Н-3 и Н-10 соответственно.

3.4. Проверка правильности установки цилиндрического

и установочного уровней

Проверка правильности установки цилиндрического уровня производится следующим образом. Ось цилиндрического уровня располагается параллельно двум подъемным винтам нивелира и пузырек уровня выводится на середину. Верхняя часть нивелира поворачивается на 180°. Если пузырек отклонится от среднего положения, то его перемещают к середине на половину отклонения вертикальными юстировочными винтами уровня, а оставшуюся половину – подъемными винтами нивелира. Затем нивелир поворачивается на 90° и третьим винтом пузырек уровня приводится в среднее положение.

Проверка выполняется несколько раз, до соблюдения условия, когда отклонение пузырька от середины при повороте нивелира на 180° не превышает 2 мм.

После юстировки цилиндрического уровня пузырек установочного (круглого) уровня должен находиться в центре круговой шкалы. Если условие не соблюдено, следует выполнить приведение пузырька в центр (нуль-пункт) юстировочными винтами установочного уровня.

Отвесная плоскость, проходящая через ось цилиндрического уровня, должна быть параллельна отвесной плоскости, проходящей через визирную ось.

Для проверки данного условия нивелир устанавливается на расстоянии (40 … 50 м) от рейки, при этом один подъемный винт подставки должен быть направлен в сторону рейки. Прибор по показаниям цилиндрического уровня тщательно горизонтируется и по центру сетки нитей берется отсчет по рейке.

Далее правый и левым подъемными винтами, вращая их на один - два полных оборота, нивелир наклоняется вправо, а затем влево (при этом отсчет по рейке не должен изменятся).

Если при наклонах нивелира с контактным уровнем концы пузырька контактного уровня расходятся, то уровень приводится на середину с помощью его боковых юстировочных винтов.

3.5. Проверка правильности установки сетки нитей

Проверку правильности установки сетки нитей производят для того, чтобы убедиться, что вертикальная нить сетки тщательно отгоризонтированного прибора совпадает с отвесной линией, а горизонтальная нить сетки перпендикулярна к вертикальной оси нивелира.

На удалении 10 – 15 м от нивелира подвешивают отвес. Приводят нивелир в рабочее положение и наводят вертикальную нить сетки на нить отвеса. Если один конец вертикальной нити сетки отклоняется от нити отвеса более чем на 0,5 мм (определяется при помощи линейки), то установку сетки нитей исправляют. Для этого отвинчивают винты, крепящие окулярную часть, и отсоединяют ее от корпуса трубы, тем самым освобождают доступ к оправе сетки нитей. Ослабив винты, крепящие оправу, слегка поворачивают в нужном направлении (до совпадения изображения вертикальной нити сетки и нити отвеса). После этого винты закрепляют и устанавливают на место окулярную часть.

3.6. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол *i*)

В полевых условиях определение угла *i* может быть выполнено одним из следующих способов:

1) нивелирование вперед;

2) нивелирование из середины в сочетании с нивелированием вперед;

3) нивелирование из середины с различными плечами.

Количество приемов измерений в любом из способов должно быть не менее трех. За окончательное значение угла *i* принимается среднее

арифметическое из трех результатов, если расхождение между ними не превышает 5″. Окончательное значение угла *i* по абсолютной величине не должно быть более 10″ для всех типов нивелиров.

Более точным из перечисленных способов является первый, более оперативными – второй и третий.

Порядок определения угла *i* вторым способом следующий.

На точках 1 и 2, расположенных на взаимном расстоянии 40 – 60м, устанавливаются рейки (рис.3.1). Нивелир устанавливают посередине на точке А и берут отсчеты по рейкам l_1 и l_2. Переносят нивелир в точку 3, удаленную от точки 2 на 6 – 8 м внутри створа между рейками, и берут отсчеты l_1 и l_2 по рейкам. Выполняют не менее 3-х приемов измерений.

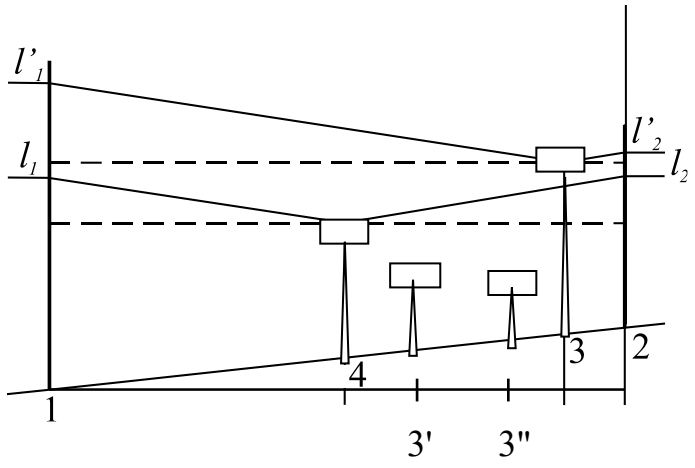


Рис.3.1. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла *i*

Значение угла *I* вычисляют по формуле:

$$i = \frac{[(l'_1 - l'_2) - (l_1 - l_2)]\rho''}{S_{1,3} - S_{2,3}} = \frac{h' - h}{S_{1,3} - S_{2,3}}\rho'', \qquad (3.1)$$

где $S_{1,3}$ – расстояние между точками 1 и 3;

$S_{2,3}$ – расстояние между точками 3 и 2.

С целью уменьшения возможного искажения результатов измерений за счет неправильного хода фокусирующей линзы расстояние $S_{2,\ 3}$ должно быть не менее 6 м. Образец записи и обработки результатов определения угла *i* приведен в таблице 3.1.

В приведенном примере угол *i* не превышает нормативного допуска ± 10″. **Если среднее из трех приемов значение угла *i* превышает 10″, то необходимо произвести его исправление. Для этого элевационным винтом нивелира установленного в точке 3 наводят на такой отсчет по рейке в точке 1, чтобы, в соответствии с приведенным примером, выполнялось условие $l'_1 - l'_2 = 315{,}3$ мм. При этом пузырек контактного уровня отклонится от среднего положения, которое необходимо восстановить с помощью вертикальных юстировочных винтов уровня.**

Пример определения угла *i*

Дата: 18.02.2016 г. Нивелир Н-3 №

Время: 14 ч. 10 мин. $S_{1\text{-}2} = 56{,}5$ м

$t^o = 22°$ $S_{3\text{-}2} = 6{,}0$ м

Таблица 3.1

Результаты измерений и вычислений при определении угла *i*.

№ приема		1	2	3	
Отсчеты по рейкам	l_1	1400	1148	1357	
превышения, измеренные из	l_2	1715	1464	1672	
середины (т.4)	h	-315	-316	- 315	$h_{ср}$ =315,3
Отсчеты по рейкам	l'_1	1470	1111	1485	
превышения, измеренные	l'_2	1787	1429	1803	
при неравноплечии (т.3)	h'	- 317	- 318	- 318	$h'_{ср}$ =317,6
Разность превышений	h'- h	-2	-2	-3	$h'_{ср}$- $h_{ср}$ = - 2,3
Углы *i*	i	- 8,2"	- 8,2"	- 12,3"	

$$i_{ср} = \frac{-2{,}3мм \cdot 206265}{50500мм} = 9{,}4",$$

Для нивелиров с компенсаторами угол *i* исправляется с помощью юстировочных винтов сетки нитей. После проведения перечисленных операций повторяется прием поверки.

После исправления угла *i* определяют ошибку измерений превышений за счет смещения визирной оси при перефокусировании трубы.

3.7. Определение ошибки измерения превышений за счет смещения зрительной оси при перефокусировании трубы (поверка правильности хода фокусирующей линзы)

Проверка правильности хода фокусирующей линзы в полевых условиях может быть выполнена на базисе, разбитом на ровной поверхности. Принципиально эта работа ничем не отличается от проверки правильности хода фокусирующей линзы теодолита.

Для выполнения данного радела курсовой работы, используется линейно – высотный базис. Линии базиса закреплены стальными знаками, закреплёнными в бетонном полу.

Схема взаимного расположения нивелира и нивелируемых знаков приведена на рис.3.2.

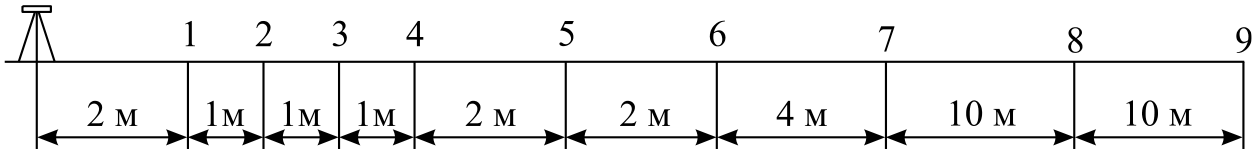


Рис.32. Схема базиса для исследования хода фокусирующей линзы

Определение превышений между точками базиса производится по результатам нивелирования вперед в соответствии со схемой, приведенной на рис.2.2. Нивелирование выполняется дважды, результаты помещаются в таблицу (табл.3.2), где сопоставляются с эталонными значениями превышений, указанными в паспорте на нивелирный полигон или

определёнными путём нивелирования высокоточным нивелиром типа Н05, поверенным метрологической службой.

Таблица 3.2

Результаты исследования хода фокусирующей линзы

Наименование показателя	Превышения, определяемые между точками базиса, мм Удаление точек от нивелира (*s*)							
	т.1-т.2 3 м	т.1-т.3 4 м	т.1-т.4 5 м	т.1-т.5 7 м	т.1-т.6 8 м	т.1-т.7 13 м	т.1-т.8 23 м	т. 1-т.9 33 м
1-ый прием (h_{1i})	-7.0		-6,0			-5,0		-7,0
2-ой прием (h_{2i})	-6,0		-4,0			-7,0		-9,0
Средние превышения ($h_{ср\,i}$)	-6,5		-5,5			-6,0		-8,0
Эталонные превышения ($h_{эi}$)	-2,1		-3.3			-6,5		-8,2
Δhi = hcp i- hэi	-4,4		-2,2			-0,5		-0,2

Таким образом, значения ошибок превышений за счет неправильного хода фокусирующей линзы определяются как разность средних превышений, определенных нивелированием вперед и эталонных значений превышений или – превышений, определенных высокоточным поверенным нивелиром в процессе выполнения данной работы.

Величины, характеризующие смещение зрительной оси при изменении фокусного расстояния трубы не должны превышать 2 мм.

Если любое из значений разностей $\Delta h_i = h_{ср i} - h_{э i}$ превышает 2 мм, то следует построить график зависимости Δh_i от S_i (от расстояний удаления точек от нивелира) и изложить рекомендации по методике нивелирования нивелиром с неправильным ходом фокусирующей линзы.

Определение ошибки измерения превышений за счет смещения визирной оси при перефокусировании трубы, можно выполнить в процессе определения угла i путём последовательной переустановки нивелира из точки 4 в точки 3, 3',3" (Рис.3.1) и подстановкой в формулу (3.1) полученных значений превышений и заданных значений расстояний $S_{2,3} \approx$ 3 – 4 м.,

$S_{2,\,3"} \approx 7 - 8$ м., ; $S_{2,\,3'} \approx 10 - 12$ м.

После обработки результатов измерений необходимо построить график зависимости угла i от величины расстояний $S_{2,\,3}$; $S_{2,\,3"}$; $S_{2,\,3'}$ (или указанных в таблице 3.2, с изложением кратких выводов.

3.8. Определение диапазона работы компенсатора (для нивелиров с компенсатором)

Диапазон работы компенсатора характеризуется максимальным наклоном нивелира, при котором ошибка в положении зрительной линии не выходит за установленный допуск.

При выполнении курсовой работы разрешается пользоваться приближенным способом определения диапазона работы компенсатора.

Нивелир приводится в рабочее положение и наводится на рейку, установленную в направлении одного из подъемных винтов на удалении 30…40м. При вращении указанного подъемного винта по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки от горизонтального положения, отслеживается момент, когда отсчет по рейке начнет изменяться, то – есть, в определенном для данного нивелира диапазоне наклонов трубы, компенсатор удерживает визирную ось нивелира в горизонтальном или стабильном положении (отсчет по рейке не изменяется). У большинства нивелиров диапазон компенсации около ± 15'. Фактическое значение диапазона в полевых условиях оценивается по положению пузырька уровня или исходя из того, что один полный оборот подъемного винта обеспечивает изменение наклона трубы приблизительно на 20'. Рекомендуется проверить это экспериментально.

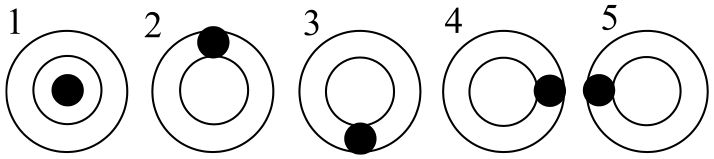
3.9. Определение ошибки недокомпенсации (для нивелиров с компенсаторами)

При постоянном использовании нивелира, данное исследование рекомендуется проводить раз в два месяца [2].

Для определения погрешности недокомпенсации в полевых условиях измеряют превышения на станции при длине луча 25 м.

Нивелир, во время измерений, должен находиться в створе между рейками, на равных расстояниях от них (допустимое неравенство расстояний до реек не более 1м). Поочередно измеряют превышение между точками установки реек при отсутствии наклона оси нивелира и при ее наклоне на угол v в продольном и поперечном направлениях. Величину угла наклона оси нивелира определяют по установочному круглому уровню по следующей схеме:

Измерения превышений на станции заключается в снятии отсчетов по шкалам обеих реек при положениях пузырька уровня 1, 2, 3, 4, 5,



что составляет один прием. Должно быть сделано не менее 5 приемов. При переходе к последующему приему необходимо изменять горизонт нивелира.

Угол наклона нивелира при перемещении пузырька уровня из положения 16 положения 2, 3, 4 и 5 определяется, что полный оборот подъемного винта обеспечивает наклон прибора 20′

Систематическую погрешность компенсации на одну минуту наклона оси нивелира вычисляют по формуле:

$$\sigma_k = \frac{(h_v - h_0)\rho''}{2Sv},$$

где h_v – среднее превышение, полученное при наклоне оси нивелира v = 15';

h_0 – среднее превышение, полученное при отсутствии наклона оси нивелира $v = 0$;

S – длина визирного луча в мм;

$\rho = 206265''$;

v – угол наклона нивелира.

Результаты нивелирования и его обработки необходимо поместить в таблицу произвольной формы.

Если величина $\sigma_k > 0{,}5''$, то устранение ошибки необходимо проводить в заводских условиях с применением специальных коллиматоров.

3.10. Определение средней квадратической погрешностии измерения превышения на станции ($m_{ст}$)

При проведении данного исследования определяется качество работы всех узлов и деталей нивелира в комплексе.

Выполняется нивелирование двух точек из середины. Неравноплечие должно быть менее 2 м, расстояние от нивелира до реек 50-100 м. При выполнении курсовой работы допускается нивелирование двух максимально удаленных друг от друга выбранных точек в коридоре 4-го учебного здания.

Объем измерений должен быть не менее 10 серий. Каждая серия должна состоять из пяти независимых определений превышений между точками установки реек. При переходе от серии к серии изменяют горизонт нивелира.

Среднюю квадратическую погрешность $m_{ст}$ вычисляют по формуле:

$$m_{ст} = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + ... + m_{10}^2}{10}},$$

где $m_{1,\ 2,\ \ldots\ 10}$ – средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции для серии наблюдений.

Значения погрешностей $m_{1,\,2,\,\ldots\,10}$ определяют по формуле.

$$m_{1,\,2,\,\ldots\,10} = \sqrt{\frac{\Delta h_1^2 + \Delta h_2^2 + \Delta h_3^2 + \Delta h_4^2 + \Delta h_5^2}{4}},$$

где Δh – отклонение измеренного превышения от его среднего значения в серии.

Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции для точных и технических нивелиров не должна быть более 2 мм.

4. Электронные нивелиры

4.1. Поверка положения визирной оси цифрового нивелира при измерениях по кодовой рейке

В цифровых нивелирах имеется две совмещённых визирных оси: визуальная - заданная положением визирной сетки и, так называемая - «фотоэлектрическая (цифровая), заданная положением фотоэлектрической матрицы,

Для нормальной работы цифрового нивелира должны быть выполнено требование по обеспечению соосности фотоэлектрической (цифровой) и визуальной визирных осей. Соблюдение горизонтальности линий этих визирных осей является главным условием эксплуатации цифрового нивелира.

4.1.1. Методы поверки положения фотоэлектрической визирной оси

Существует четыре основных метода поверки нивелира в комплекте с кодовой рейкой:

1. Нивелирование из середины с разными плечами (метод Ферштнера**)**

Устанавливают две рейки (А и В) на расстоянии около 45м друг от друга.

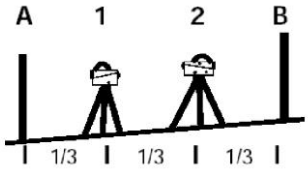


Рис 4.1 - Метод Ферштнера

Расстояние делят примерно на три части и определяют положение двух нивелирных станций (1 и 2) на расстоянии примерно 15 м от реек между ними. Выполняют измерения на обе рейки с каждой из этих станций.

2. Нивелирование вперёд (метод Нобауера**)**

Юстировка положения зрительной оси нивелира методом Нобауера аналогична методу Ферштнера. Разбивается линия примерно 45 метров длинной и делится примерно на три части.

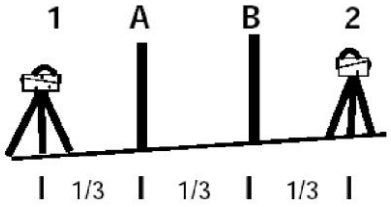


Рис 4.2 - Метод Нобауера

Определяется положение двух нивелирных станций (1 и 2) по обе стороны от реек (А и В), установленных на расстоянии 15 метров друг от друга, примерно в 15 метров от них. Затем выполняют измерения с нивелирной станции 1 на обе рейки. После этого нивелир переносят из точки 1 в точку 2 и повторяют измерения с нивелирной станции 2 на обе рейки (А и В).

3. Нивелирование из середины в сочетании с нивелированием вперёд (метод Куккамэки)

Сущность метода Куккамэки заключается в следующем. На расстоянии примерно 20 метров друг от друга устанавливаются две рейки (А и В). Посредине этого расстояния устанавливается нивелирная станция 1 и с нее выполняют измерения на обе рейки (сначала на рейку А, затем на В).

После наблюдения со станции 1 повторно производятся измерения, но уже со станции 2, которая расположена на продолжении линии, соединяющей обе рейки приблизительно на расстоянии 20 метров от вынесенного расстояния.

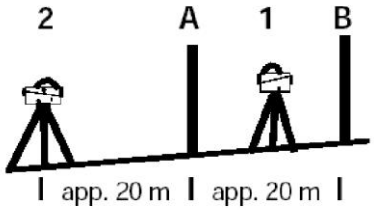


Рис 4.3 - Метод Куккамэки

4. Нивелирование по японскому методу

Этот метод идентичен предыдущему.

Отличие состоит в том, что расстояние между рейками должно быть около 30 метров, а нивелирная станция 2 должна находиться в 3 метрах от рейки А.

Вычисление угла i при калибровке для всех четырёх способов

выполняется по единой формуле, что стало возможным благодаря наличию дальномера

$$i = [(l_{a2}-l_{b2})-(l_{a1}-l_{b1})/(S_{a2}-S_{b2})-(S_{a1}-S_{b1})]\ \rho'', \qquad (4.1)$$

где S_{a2}- расстояние от рейки А до точки стояния нивелира 2 и т.д.

4.1.2 Пример выполнения поверки по методу Ферштнера

Рассмотрим пример поверки на примере цифрового нивелира Trimble DiNi 22 по методу Ферштнера как наиболее зарекомендовавшему себя. Две рейки (A и B) устанавливаются на расстоянии около 45 метров друг от друга. Затем это расстояние необходимо поделить примерно на три части и определить две нивелирные станции на расстоянии примерно 15 метров от реек между ними. Нивелирным станциям присваиваются порядковые номера (1 и 2). Для выполнения поверки в пункте меню Adjustment (Юстировка) имеется четыре указанных способа поверки и юстировки. Выбираем **«Förstner mehod».**

После вызова функции поверки на дисплее появляется предыдущее значение поправки за наклон зрительной оси.

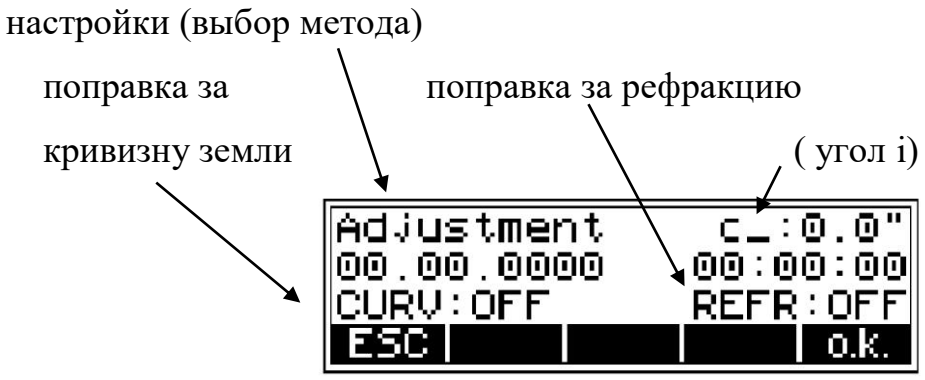


Рис. 4.4 - Дисплей поправок

Пользователь получает запрос о выполнении измерений в соответствии требованиями выбранного метода юстировки. Для этого используйте либо кнопку пуска на правой стороне нивелира, либо кнопку MEAS на панели управления.

Можно выбрать режим многократных измерений (например 3-х или 5-ти кратных). При данном режиме на дисплее отображаются, средние значения отсчетов по рейкам, измеренные расстояния и стандартные отклонения.

Следующим шагом поверки прибора является поочередное наблюдение кодовых реек с нивелирных станций в очередности, которая

определяется схемой взаимного положения нивелира и реек, обозначенных на мониторе. Со станции 1 производится наведение и снятие показаний с рейки А, затем с рейки В. После этого программа нивелира попросит поменять станцию наблюдения и перейти на точку 2. С новой станции производятся аналогичные наблюдения реек А и В. После успешного завершения процесса поверки, новое значение поправки за наклон зрительной оси подсчитывается автоматически. После выполнения измерений, выполняется проверка требований, предъявляемых в данном методе к расстояниям, что гарантирует эффективную защиту от ошибок. В случае несоответствия требований, появляется сообщение об ошибке.

После снятия отчета с последней рейки программа нивелира выводит на электронное табло значение полученного угла $i_к$ (ΔC-) .



Рис 4.5 - Вывод значения угла $i_к$ (ΔC-)

Одновременно с этим задается вопрос о подтверждении полученного значения угла *i* для дальнейшего использования его для автоматического вычисления и введения поправки в процессе измерений. При уверенности, что все условия юстировки были соблюдены для подтверждения значения необходимо нажать функциональную клавишу «**ok**» (Да).



Рис 4.6 - Старое и новое значение угла i

Новое значение угла будет записано в память при этом старое значение будет удалено. Если в процессе калибровки нивелира по каким либо причинам не удалось выполнить все условия метода или некоторые отчеты были сняты заведомо неправильно, то программа прибора при запросе подтверждения поправки всегда предлагает произвести повторную калибровку. Для повтора операции калибровки нажмите клавишу «**rpt**» (повторить).

Полученные значения угла наклона зрительной оси инструмента должны различаться в пределах единиц секунд. Предпосылками для достижения хорошего результата, являются устойчивость инструмента и идентичные условия окружающей среды во время процесса поверки и соответствие визирных расстояний указанных в описании метода.

Здесь необходимо дать пояснение к величине угла $i_к$ (ΔC-).

ΔC- это величина поправки за угол i. Величина(ΔC-). может доходить до 60**″.** Если нет сообщения о превышении допуска, то подтверждаете командой Ok ввод полученного значения в память. После чего, для контроля, выполняется поверка рабочего угла $i_р$ в режиме измерения превышений, по классическим схемам, рекомендуемым для оптических нивелиров. Получение достоверного значения угла $i_к$ в цифровых нивелирах является более важным, чем в оптических визуальных, так как в цифровых нивелирах при измерениях автоматически вводятся поправки за угол $i_к$:

$\Delta h = S \cdot tg\ i_к$, что позволяет во многих случаях отказаться от соблюдения равноплечия при сохранении высокой точности определения превышений.

4.1.3 Юстировка положения визирной оси

Если принимается новое значение поправки, то одновременно на дисплее появляется запрос о контроле положения сетки нитей (для визуального считывания). В этом случае разверните рейку метрической оцифровкой в сторону нивелира, возьмите отсчёт и сравните его с

электронным. Если разница превысит 2 мм, то следует отъюстировать положение сетки нитей. Для этого отверните защитную крышку (1) и юстировочными винтами сетки нитей, расположенными под окуляром, установите сетку нитей на нужный отсчёт.



Рис. 4.7 - Юстировка положения сетки нитей

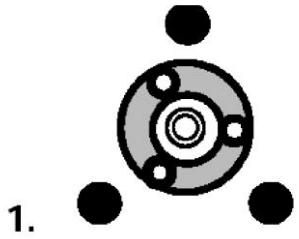
Для надёжности рекомендуется повторить юстировку.

С помощью компенсатора, зрительная ось инструмента автоматически устанавливается в горизонтальное положение в пределах рабочего диапазона компенсатора как для визуальных наблюдений так и для электронных измерений. При повороте инструмента вокруг вертикальной оси, круглый уровень прибора должен оставаться в пределах нуль-пункта.

При прецизионных измерениях, круглый уровень всегда должен оставаться в центре нуль-пункта. В случае не выполнения этого условия, необходимо произвести юстировку круглого уровня.

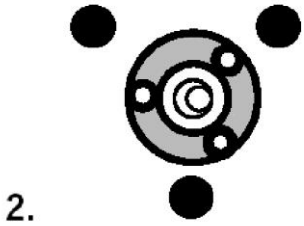
4.1.4. Поверка круглого уровня

С помощью подъемных винтов приведите инструмент в горизонтальное положение, т.е. до тех пор пока пузырек круглого уровня не займет положение в центре нуль-пункта.



Поворачивая инструмент на 180° вокруг вертикальной оси, необходимо убедится, что пузырек уровня остается в нуль-пункте.

Если пузырек выходит за пределы нуль-пункта, то необходимо выполнить юстировку круглого уровня.



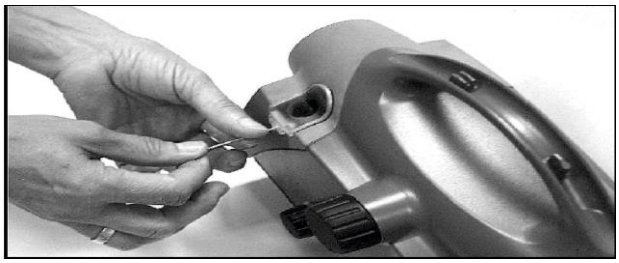


Рис. 4.8. - Юстировка круглого уровня

Для юстировки круглого уровня необходимо открутить винт защитной крышки (рис.4.8) и снять ее. Затем с помощью трех подъемных винтов, привести инструмент в горизонтальную плоскость. Повернуть нивелир на 180° вокруг вертикальной оси.

С помощью исправительных винтов уровня, пузырек переместить в нуль-пункт на половину дуги отклонения, а затем подъемными винтами приводится в центр в центр. После этого необходимо повторите процедуру еще раз и проверить отклонение.

По окончании юстировки нужно зафиксировать защитную крышку в исходное положение.

4.1.5. Распределение поправок в отсчет по рейке и в нивелирные плечи

Поверенный и отъюстированный цифровой нивелир автоматически вводит поправку в отсчет по рейке по следующим формулам:

$$l = l_0 \pm l_x - K_1 + K_2 \pm K_3,$$

где: K_1 – поправка за кривизну Земли

$$K_1 = S/(2R),$$

K_2 – поправка за рефракцию

$$K_2 = rkS/(2R),$$

K_3= - поправка за наклон зрительной оси

$$K_3 = S\ tg(i),$$

l_0 – неисправленный отсчет по рейке,

S – длина плеча,

i – величина угла i в секундах,

l_x – постоянная рейки (+Rˆ при измерении по нормальной рейке, -Rˆ при измерении по перевернутой рейке),

R – радиус Земли, R=6380000 метров,

rk – коэффициент рефракции,

$\rho'' = 206265''$

$S = S_0 + A$.

S_0 –неисправленная длина плеча,

A – постоянная дальномера.

Исходя из того, что угол i является сравнительно небольшим возможно использование следующей формулы вычисления поправки за наклон зрительной оси $K_3 = i\ S/\rho''$.

4.1.6. Проверка угла i и СКП измерения превышений на эталонном полигоне

Проверка выполняется в четвертом учебном здании на эталонном полигоне с известными значениями превышений точек.

Пример записи результатов измерений представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Результаты измеренных превышений на эталонном полигоне

Станция стояния	Станция наведения	Индикация дисплея	Величина, м	Превышение, мм	$h_{эт}$	Δh
30	5	SR (σ)	0.0001	-16.2		
		R (l)	0.1703			
		HD (S)	25.09		-15,6	-0,6
	25	SR	0.0000			
		R	0.1541			
		HD	5.14			
15	25	SR	0.0001	-15.8		
		R	0.1444			
		HD	10.00		-15,6	-0,2
	5	SR	0.0000			
		R	0.1602			
		HD	10.00			

Полученное предельное значение угла i = (Δh/S) ρ" = 4" не превышает допуска точных нивелиров.

Величина постоянной поправки $K_3 = (i / \rho'') \cdot S = (4" / \rho") \cdot 20000 = 0{,}58$мм.

Значение величины σ (скп) ≤ 0,1мм, свидетельствует о достаточном качестве измерений.

5. Светодальномеры (лазерные дальномеры)

5.1 Определение постоянных поправок дальномера и отражателя

Наиболее частой причиной образования погрешностей измерений расстояний является неправильное определение постоянной поправки дальномера. Постоянная поправка численно равна систематической погрешности δ, взятой с обратным знаком $К_д = – δ$. Причиной образования систематической погрешности является неравенство геометрической длины пути прохождения дальномерного сигнала от источника излучения до приёмника, геометрической длине между точками крепления отражателя (марки) и дальномера.

Существует два способа поверки постоянной поправки дальномера при условии использования штатной призмы: технологический способ поверки и метрологический способ поверки.

Технологический способ поверки основан на принципе измерения неизвестного расстояния в целом и по частям (трехштативный способ). Этот способ не требует наличия известного значения измеряемого расстояния, поэтому может применяться для контроля правильности выбранного значения постоянной поправки в полевых условиях.

На ровном участке местности в створе линии визирования устанавливается три штатива (Рис.5.1).

Дальномер устанавливают над точкой 1, измеряют расстояния S_1 и S_2, затем переносят дальномер в точку 2 или 3 и измеряют расстояние S_3. Величину расстояния S_3 рекомендуется выбирать в диапазоне от 50 до 100 метров (в учебных целях – произвольные значения).

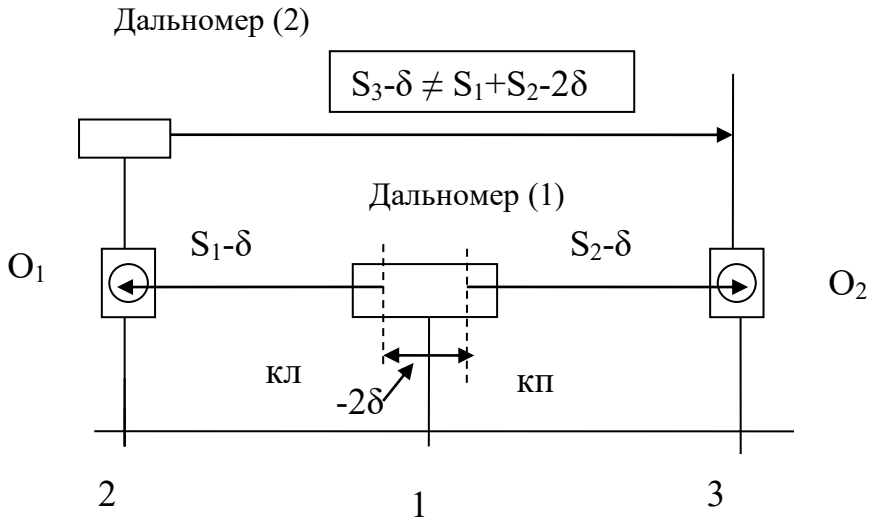


Рис.5.1 Определение постоянной поправки дальномера

При отсутствии систематической погрешности разность $(S1 + S2) - S_3 = 0$. При наличии систематической погрешности δ, вызванной например смещением оси вращения прибора относительно электронно-оптического центра системы начального отсчёта, разность $(S1 + S2 - 2\,\delta) - (S_3 - \delta) = -\delta$, или, окончательно, величина систематической погрешности

$$-\delta = S1 + S2 - S_3.$$

Величина постоянной поправки $К_д = +\,\delta$, знак которой зависит от параметров оптических и электрических цепей, Более точное значение $К_д$ определяется путём измерения известных расстояний.

Метрологическая поверка постоянной поправки основывается на измерении эталонных расстояний, погрешность определения которых не превышает $1+1\cdot10^{-6}$ S.

Определение поправки $К_д$ проводите следующим образом:

1. Установите дальномер на линейном компараторе, на котором размечены точки, расстояния которых от приемопередатчика равны $L_э = (A+i)$, где А - расстояние от дальномера до первой точки интервалы i = 10,20,30м, измеренные более точным прибором с погрешностью не более

±1мм, и принятые за эталонные расстояния. Введите значения температуры и давления.

2. Отражатель установите на выбранные точку и измерьте пятью приёмами расстояние $L_{измі}$, до каждой из точек и вычислите значения $K_{Ді}$ по результатам измерений каждого расстояния по формуле

$$K_{Дi} = L_{Эi} - L_{изм.i}$$

Далее

$$Кд = \frac{\sum_{i}^{n} K_{Дi}}{n},$$

где n - число измеренных расстояний.

Сравните полученные значения поправок Кд для первого и второго способа и дайте заключение.

Постоянная поправка отражателя (марки) определяется измерением любого расстояния, величина которого определена измерением более точным прибором (СКП средства поверки должна быть равна половине СКП поверяемого средства).

Постоянную поправку призмы (марки) Кпр определяют в обязательном порядке при применении призмы не входящей в комплект прибора с учетом известной поправки дальномера.

Постоянная поправка призмы зависит от её размеров и способа крепления относительно центра подставки. На рис. 5.2 приведены три примера различных вариантов.

С целью упрощения объяснений для анализа выбран центральный луч падающий на вершину призмы, исходя из законов геометрической оптики его длина равна длине любого луча падающего на призму параллельно центральному.

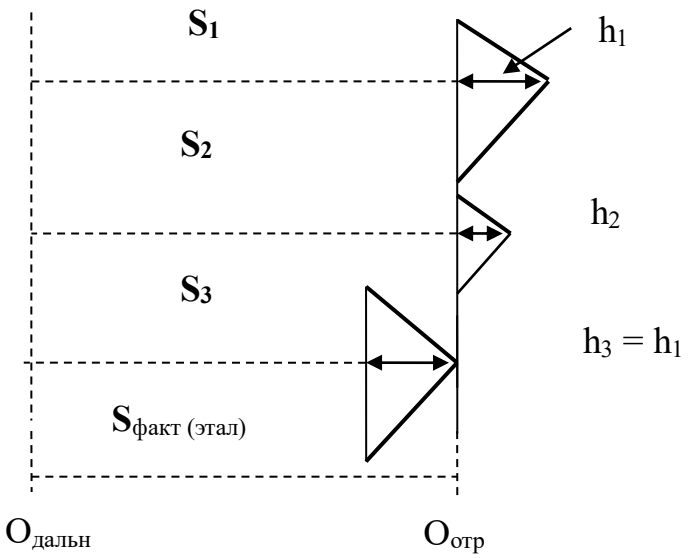


Рис.5.2. Определение постоянной поправки призмы

Из анализа рис.5.2. следует:

1. $Кпр_1 = S_{факт.} - S_1 = -h_1$.
2. $Кпр_2 = S_{факт.} - S_2 = -h_2$.
3. $Кпр_3 = S_{факт.} - S_3 = 0$,

где h – высота призмы.

Из приведённых примеров следует выделить 1 и 3 варианты.

При равных значениях высот призм h, но при разных вариантах крепления призмы относительно вертикальной оси вращения, имеем разные значения Кпр.

Методика поверки постоянной поправки для плёночных или других марок с диффузным отражающим покрытием аналогична рассмотренным вариантам.

В современных дальномерах (дальномерных модулях тахеометров) значение постоянной поправки призмы нанесено на корпус призмы. Предусмотрено два варианта учёта её значения при выявленных отклонениях при поверке. Первый вариант предусматривает изменение величины поправки призмы, второй вариант – изменение постоянной поправки

дальномера. Первый является предпочтительным, т.к. при втором варианте есть вероятность изменения поправок для других режимов измерений.

5.2. Определении средней квадратической погрешности измерения расстояний

Среднюю квадратическую погрешность (СКП) измерения расстояния дальномером определяют по результатам многократного измерения эталонного расстояния или любого расстояния, величина которого остаётся неизменной в процессе измерения. Каждое расстояние должно быть измерено не менее чем шестью приемами. В каждом приеме выполняется 4 наведения на отражатель и регистрируется по 5 отсчётов при каждом наведении.

Значение средней квадратической погрешности измерения расстояния одним приемом

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n \Delta_i^2}{n}} \quad \text{или} \quad \sigma' = \sqrt{\frac{\sum_i^n \Delta_i^2}{n-1}}, \qquad (5.1)$$

где σ - СКП вычисленная по отклонениям результата измерения $S_и$ от эталонного значения ($\Delta = S_э - Sизм_i$), с учётом всех поправок за систематические погрешности;

σ' - СКП вычисленная по отклонениям от среднего значения измеренного расстояния ($\Delta = Sизм_{ср} - Sи_i$) без учёта поправок;

n - количество приёмов измерения.

6. Метрологическая ситтестация электронных тахеометров

6.1. Краткие сведения о тахеометрах и их метрологической аттестации

Тахеометр – оптико-электронный прибор, включающий в себя электронный теодолит, светодальномер, вычислительное устройство и блок памяти.

Электронный тахеометр предназначен для выполнения крупномасштабных топографических съемок, для создания сетей планово-высотного обоснования, для автоматизированного решения в полевых условиях различных геодезических и инженерных задач при помощи прикладных программ.

Тахеометром можно производить измерения углов (вертикальных и горизонтальных), выполнять измерения полярных координат, получать результаты измерения в виде горизонтальных проложений и превышений, а так же в виде вычисленных прямоугольных координат. Результаты измерений могут быть записаны в память. В соответствии с существующим порядком все приборы, используемые для официальных измерений подлежат ежегодной метрологической поверке. **Методика поверок изложена изготовителем в инструкции по эксплуатации тахеометра и по многим пунктам в отношении угломерного модуля тахеометра совпадает с рекомендациями по поверке теодолитов [9, 10].**

Метрологическая аттестация электронных тахеометров, равно как и других маркшейдерско-геодезических приборов утвержденного Росстандартом типа, производят аккредитованной организацией или физическим лицом в лабораторных условиях, с использованием аттестованных в установленном порядке эталонов. **Организации и лица, эксплуатирующие приборы, как правило, не могут получать право производства официальной метрологической аттестации и выдачи метрологических свидетельств. По этой причине разделы 6 и 7 данных методических указаний носят информационный характер и могут быть нужны для студентов, которые в своей дальнейшей деятельности будут в той или иной мере, причастны к метрологической аттестации тахеометров.**

Поверка электронного тахеометра (на примере отечественного прибора 3Та5Р)

Основные характеристики

Температура окружающего воздуха, ˚С от – 20 до +50

Относительная влажность воздуха

При t = +25 ˚С, %, не более 95

Атмосферное давление, мм рт. ст. от 450 до 800

Напряжение питания, в от 6,5 до 8,6

Средняя квадратическая погрешность измерения одним приемом, не более:

Горизонтального угла 5″ (1,5 мгон)

Вертикального угла (зенитного расстояния) 7″ (1,5 мгон)

Наклонного расстояния $(5+ 3\cdot10^{-6} S)$ мм

Диапазон измерения:

Горизонтального угла от 0 до 360˚ (от 0 до 400 гон)

Вертикального угла от + 45 до -45˚ (от+50 до -50 гон)

Зенитного расстояния от 45 до 135˚ (от+50 до 150 гон)

Наклонного расстояния, м

Нижний предел 2

Верхний предел с 1 призмой 1000

Верхний предел с 6 призмами 2000

Диапазон работы датчика наклона

от – 5 до +5′(-90 до+90 мгон)

Систематическая погрешность компенсации

На 1′ (18.5 мгон) наклона, не более 3″(0,9 мгон)

6.2. Средства поверки.

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Номер пункта данных методических указаний	Наименование СИ или вспомогательного средства поверки и их основные метрологические и технические характеристики
7.2	Марка с миллиметровой сеткой
7.4 - 7.7	Коллиматор с фокусным расстоянием не менее 500 мм
7.8, 7.10, 7.11	Два коллиматора с фокусным расстоянием не менее 500 мм, расположенные в створе с электронным тахеометром
7.9, 7.12	Два коллиматора с фокусным расстоянием не менее 500 мм, вертикальный угол между которыми 60˚
7.4	Экзаменатор с ценой деления 1” (типа ЭГЕМ)
7.13	Отражатель из комплекта тахеометра

Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям настоящей рекомендации. Для учебных целей коллиматоры можно заменить неподвижно закреплёнными визирными марками с визирными направлениями около –30° и +30 в вертикальной и горизонтальной плоскостях, величина которых измерена теодолитом Т2.

6.3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки электронных тахеометров допускаются лица, изучившие эксплуатационные документы на поверяемые электронные тахеометры и сдавшие зачёт на оценку не ниже «хорошо».

6.4. Требования безопасности

При проведении поверки электронных тахеометров меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на электронные тахеометры и поверочное оборудование, правилам по технике безопасности, действующим

на месте проведения работ и правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ (ПТБ-88).

6.5. Биологическая (медицинская) безопасность

Мощность излучения $P_{изл}$ > 100мвт и относится к классу 2, продолжительность облучения глаза не должно превышать 0,25сек.

6.6. Условия поверки

При проведении поверки в лабораторном помещении должны соблюдаться следующие условия измерения:

- температура окружающего воздуха (20±10)˚С;
- относительная влажность воздуха (60±20)%;
- изменение температуры воздуха в помещении во время поверки не должно превышать 1˚С в час.

До начала измерений должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- электронный тахеометр должен быть выдержан в рабочем помещении не менее 2,5 часов;
- электронный тахеометр и средства поверки должны быть установлены на прочных и устойчивых основаниях (бетонные тумбы, столбы, массивные металлические столы, штативы), не подвергающихся механическим и температурным воздействиям;
- перед началом поверки электронный тахеометр и средства поверки должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с эксплуатационной документацией.

7. Проведение поверки

7.1. Внешний осмотр и проверка комплектности

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие электронного тахеометра следующим требованиям:

- комплектность прибора должна соответствовать спецификации комплекта поставки в прилагаемой эксплуатационной документации (при первичной поверке) и отвечать установленным требованиям качества их функционирования;
- прибор и футляр не должны иметь механических повреждений, следов коррозии и других дефектов, затрудняющих работу с прибором;
- поверхности оптических деталей должны быть чистыми, без пятен, царапин, следов расклейки, сколов, поле зрения оптической системы должно быть равномерно освещено;
- маркировка прибора должна соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

7.2. Опробование

При опробовании должны быть проверены:

- работоспособность замков и устройств, фиксирующих прибор в футляре;
- плавность и легкость вращения корпуса электронного тахеометра вокруг вертикальной оси;
- плавность и легкость вращения зрительной трубы электронного тахеометра вокруг горизонтальной оси;
- работоспособность закрепительных, наводящих и подъемных винтов;
- плавность и легкость вращения фокусирующего устройства зрительной трубы, оптического центрира, диоптрийных колец окуляра и оптического центрира;
- правильность установки уровней (в случае необходимости провести юстировку цилиндрического и круглого уровня согласно эксплуатационной документации);

- отсутствие наклона сетки нитей (в случае необходимости устранить наклон сетки нитей согласно эксплуатационной документации);
- устойчивость подставки, надежность крепления прибора в трегере, работоспособность защелки трегера;
- работоспособность дисплеев и функциональных клавиш;
- работоспособность подсветки дисплеев и сетки нитей;
- правильность установки оптического центрира (в случае необходимости провести юстировку оптического центрира согласно эксплуатационной документации).

7.3. **Определение ошибки индекса (места нуля) датчика углов наклона**

Цилиндрический уровень должен быть установлен как можно более тщательно, допускается ошибка установки уровня, не превышающая ¼ деления ампулы уровня.

Включить прибор и войти в режим датчика углов наклона. Записать значения датчиков углов наклона, выведенные на дисплей, как X1 и Y1 (X – положение датчика углов наклона по оси X, совпадающей с визирной осью зрительной трубы, Y- положение датчика углов наклона по оси Y, перпендикулярной оси X в горизонтальной плоскости, или совпадающей с осью зрительной трубы).

Повернуть электронный тахеометр вокруг вертикальной оси на 180˚ согласно отсчету горизонтального угла на дисплее. Выдержать паузу не менее 5 секунд для стабилизации пузырька ампулы цилиндрического уровня и записать значения датчика углов наклона, выведенные на дисплей, как X2 и Y2.

Рассчитать значение ошибки индекса датчика углов наклона по формулам:

X = (X1+X2)/2 - ошибка индекса по оси X

Y = (Y1 +Y2)/2 - ошибка индекса по оси Y.

Полученные значения не должны превышать допустимые для поверяемого прибора (приложение Б). В случае превышения допуска устранить ошибку места нуля датчика углов наклона согласно руководству по эксплуатации.

7.4. **Определение диапазона работы и погрешности датчика углов наклона**

Прибор устанавливается в положение, при котором один из подъемных винтов подставки (трегера) расположен на оси, образованной зрительной трубой и коллиматорной целью.

Цилиндрический уровень должен быть установлен как можно более тщательно, допускается ошибка установки уровня, не превышающая ¼ деления ампулы уровня.

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

Совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора или с центром визирной цели установленнных в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (отсчет по вертикальному кругу равен 90˚00'00").

Установить значение горизонтального угла равным 0˚00'00".

Наводящим винтом вертикального круга установить значение вертикального угла 90˚03'00" (изменить значение вертикального угла на +3'00").

Войти в режим датчика углов наклона и записать значения датчика углов наклона, выведенные на дисплей, как X1 и Y1.

С помощью подъемного винта, расположенного на оси, образованной зрительной трубой и коллиматорной целью, снова совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора. Записать значение датчика углов наклона по оси X, выведенное на дисплей, как X2.

Повернуть электронный тахеометр на 90˚в горизонтальной плоскости (отсчет по горизонтальному углу составит 90˚00'00"). Записать значение датчика углов наклона по оси Y, выведенное на дисплей, как Y2.

Рассчитать погрешности работы датчика углов наклона по формулам:

ΔX+3'=X2-X1-3'00" - погрешность датчика углов наклона по оси X при изменении вертикального угла на +3'00"

ΔY+3'=Y2-Y1+3'00" - погрешность датчика углов наклона по оси Y при изменении вертикального угла на +3'00".

Повторить пункты операции, изменяя значение вертикального угла на величину -3'00".

Рассчитать погрешности работы датчика углов наклона по формулам:

ΔX-3'=X2-X1+3'00" - погрешность датчика углов наклона по оси X при изменении вертикального угла на -3'00"

ΔY-3'=Y2-Y1-3'00" - погрешность датчика углов наклона по оси Y при изменении вертикального угла на -3'00"

Значения, полученные для углов +3′00 и - 3′00, не должны превышать допустимых для поверяемого прибора (±1″).

Операции, приведенные в данном разделе, можно повторить для определения погрешности работы датчика углов наклона при наклоне ± 1'00" и при наклоне ± 2'00".

Углы наклона ± 1'00", ± 2'00", ± 3'00"можно задавать с помощью экзаменатора, что упрощает операцию поверки.

Систематическую погрешность компенсации измерения вертикальных углов при наклоне вертикальной оси от отвесного положения на 1' определяют на коллиматоре УК-1 или по визирной цели следующим образом.

Подготавливают тахеометр к работе в соответствии с приложением В.

Проверяемый тахеометр устанавливают так, чтобы один из подъемных винтов подставки расположился по направлению центральной трубы коллиматора или визирной цели. Горизонтируют тахеометр.

Тщательно наводят зрительную трубу на горизонтальный штрих сетки трубы коллиматора (цели) и берут отсчет по вертикальному кругу b0,1 , повторяют наведение трубы и берут отсчет b0,2 (измерения проводят в соответствии с приложением В).

Подъемным винтом подставки наклоняют тахеометр в сторону коллиматора на 2'±15"(величину наклона контролируют по табло тахеометра), после чего снова наводят зрительную трубу на тот же штрих сетки трубы коллиматора и берут отсчет b1,1 , повторяют наведение трубы и берут отсчет b1,2.

Подъемным винтом подставки приводят вертикальную ось в отвесное положение, наводят зрительную трубу на сетку трубы коллиматора и берут отсчет b0,3 , повторяют наведение трубы и берут отсчет b0,.4.

Подъемным винтом подставки наклоняют тахеометр в противоположную сторону (от коллиматора) на 2'±15", после чего наводят зрительную трубу на сетку трубы коллиматора и берут отсчет b2,1 , повторяют наведение трубы и берут отсчет b2,2.

Подъемным винтом подставки приводят тахеометр в исходное положение (по уровню), наводят трубу, снимают отсчеты b0,5 , b0,6 ,- на этом заканчивается один прием. Таких приемов необходимо сделать не менее трех, причем второй и третий прием выполняют, используя для наведения верхний и нижний горизонтальные штрихи сетки зрительной трубы соответственно.

Вычисляют систематические погрешности установки компенсатора на одну минуту наклона тахеометра по формулам:

$$\sigma_k = \frac{(h_v - h_0)\rho''}{2Sv},$$

Погрешность компенсации вычисляют по формуле:

$$\Delta K = \frac{2\sum_{n=1}^{h}(\sigma_{K_i} - \sigma_{кср})}{n-1}$$

где n – число приемов.

Для получения погрешности компенсации, приведенной к одной минуте, полученное значение Δк необходимо разделить на два.

Систематическая погрешность Δк /2 должна быть не более требуемого значения $\geq 3''$.

7.5. Определение наклона (качки) вертикальной оси

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

Совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой.

Поворачивая электронный тахеометр на 360˚ по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки, измерить разницу между положениями горизонтального штриха сетки нитей зрительной трубы прибора и горизонтального штриха сетки нитей коллиматора. Повторить операцию не менее шести раз, среднее арифметическое принять за окончательный результат.

Выполняя перестановку горизонтального круга последовательно на 90˚, 180˚ и 270˚, повторить измерения.

Максимальное измеренное значение не должно превышать допустимого для поверяемого прибора.

7.6. Определение люфта горизонтальной оси (оси зрительной трубы)

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

Совместить вертикальный штрих сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра с вертикальным штрихом сетки нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой.

Поворачивая зрительную трубу вокруг горизонтальной оси на 360˚ по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки, измерить разницу между положениями вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы прибора и вертикального штриха сетки нитей коллиматора. Повторить операцию не менее шести раз, среднее арифметическое принять за окончательный результат.

Максимальное измеренное значение не должно превышать допустимого для поверяемого прибора.

7.7. Определение смещения визирной оси, вызываемое перефокусировкой зрительной трубы

Совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора.

Перефокусировать зрительную трубу вращением головки фокусирующего устройства по ходу и против хода часовой стрелки. Повторить перефокусировку не менее 10 раз, наблюдая за положением сетки нитей зрительной трубы относительно сетки нитей коллиматора в горизонтальном и вертикальном направлении.

Смещение изображения сетки нитей не должно превышать двойную толщину штриха сетки зрительной трубы.

Смещение визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировании проверяют на коллиматоре УК-1.

Наводят зрительную трубу тахеометра последовательно на перекрестия сеток нитей коллиматора, установленных на бесконечность и на 10м, фокусируют ее вращением кремальеры по ходу и против хода часовой стрелки.

Сравнивают смещение перекрестий сеток нитей зрительной трубы и коллиматора с шириной штриха сетки нитей зрительной трубы. Допустимому смещению соответствуют 1,5 ширины штриха. (≥1,5″)

7.8. Определение коллимационной погрешности (неперпендикулярности визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси электронного тахеометра)

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Перевести зрительную трубу на коллиматор, установленный в створе линии «коллиматор А – электронный тахеометр» (коллиматор В) и оценить разницу между положениями вертикального штриха зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха коллиматора В, записав значение разницы как α1.

($\alpha1=КЛ_A$ -($КЛ_B$ - 180˚)

Повторить измерения при положении «круг справа» и оценить смещение вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха сетки нитей коллиматора В как α2.

($\alpha2=КП_A$ -($КП_B$ - 180˚)

Рассчитать значение коллимационной погрешности до целого числа секунд по формуле:

$$C= (\alpha1 – \alpha2)/2$$

Выше описана одна серия определения С. Необходимо выполнить не менее двух серий, среднее арифметическое значение коллимационной ошибки принять за окончательный результат.

Коллимационную погрешность при визировании на «бесконечность» при совмещенных энергетической и визирной осях определяют на коллиматоре УК-1.

Устанавливают тахеометр на столике коллиматора по уровню с погрешностью 0,5 деления ампулы.

Определяют коллимационную погрешность при визировании на перекрестие сетки нитей горизонтальной трубы коллиматора, имитирующую «бесконечность».

Изменение коллимационной погрешности и места нуля (зенита) при визировании от 10м до бесконечности проверяют на коллиматоре УК-1.

Устанавливают тахеометр на столике коллиматора по уровню.

Определяют коллимационные погрешности и значения места нуля при визировании на перекрестия сеток нитей горизонтальной трубы коллиматора, имитирующие 10м и «бесконечность».

Вычисляют изменение коллимационной погрешности (ΔC) и изменения места нуля ($\Delta M0$), в угловых секундах, по формулам:

$$\Delta C = C_{10} - C_{\infty};$$
$$\Delta M0 = M0_{10} - M0_{\infty},$$

где C_{10} , C_{∞} ($\leq 1'$) - коллимационные погрешности, определенные при визировании тахеометра на сетки нитей УК-1, имитирующие 10м и «бесконечность». $M0_{10}$, $M0_{\infty}$ ($\leq 8''$) - значения места нуля, определенные при визировании на сетки нитей УК-1, имитирующие 10м и «бесконечность».

В измеренные значения горизонтальных углов автоматически вводится поправка на коллимационную погрешность, значение которой определяется в процессе начальных установок и хранится в памяти тахеометра до переопределения значения поправки.

При измерении вертикальных углов автоматически вводится поправка в место нуля вертикального круга, а в режиме измерения с учетом угла наклона автоматически вводится поправка в наклон вертикальной оси.

7.9. Определение наклона горизонтальной оси (неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси электронного тахеометра)

Для проведения поверки необходимо установить два коллиматора в вертикальной плоскости с вертикальными углами $\alpha 1 = +30^{\circ}(\pm 2')$ от горизонта (коллиматор А) и $\alpha 2 = -30^{\circ}(\pm 2')$ от горизонта (коллиматор В).

При положении «круг слева» (КЛ) совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора А.

Перевести зрительную трубу на коллиматор В и оценить разницу между положениями вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха сетки нитей коллиматора В, записав значение разницы как α1.

Повторить измерения при положении «круг справа» (КП) и оценить смещение вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха сетки нитей коллиматора В как α2.

Рассчитать значение наклона горизонтальной оси до целого числа секунд по формуле:

$$i = (\alpha 1 - \alpha 1/2).$$

Повторить измерения при КЛ и КП не менее двух раз, среднее арифметическое значение i принять за окончательный результат.

Отклонение от перпендикулярности горизонтальной оси относительно вертикальной оси для тахеометра 3 Та 5 проверяют на коллиматоре УК-1 по трубам, наклоненным на углы ±45˚ или ±25˚ одним из методов, указанных ниже.

Метод 1.

Устанавливают тахеометр по уровню с погрешностью 0,5 деления ампулы и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора (+45˚ или +25˚);

наклоняют зрительную трубу вниз до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора (-45˚ или -25˚);

если перекрестия сеток нитей зрительной трубы и нижней трубы коллиматора не совпали, то половину несовпадения устраняют вращением одного из подъемных винтов подставки, а вторую половину – наводящим винтом для наведения в горизонтальной плоскости;

повторяют наведение на нижнюю и верхнюю трубы до тех пор, пока коллимационная плоскость зрительной трубы не пройдет через перекрестия сеток нитей коллиматора;

переводят зрительную трубу через зенит, поворачивают тахеометр на 180˚ и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы тахеометра с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора;

наклоняют зрительную трубу вниз до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей каждой трубы коллиматора и оценивают смещение вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы относительно изображения вертикального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора.

Допустимому наклону горизонтальной оси соответствует смещение, равное 2,2 ширины биссектора при углах наклона ±45˚ и 1,2 ширины биссектора при углах наклона ±25˚.

Метод 2.

Устанавливают тахеометр по уровню при круге слева и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора;

наклоняют зрительную трубу до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора и берут отсчет «Л» по горизонтальной шкале сетки нитей коллиматор;

переводят зрительную трубу через зенит, поворачивают тахеометр на 180˚ и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы тахеометра с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора;

наклоняют зрительную трубу до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора и берут отсчеты «П» по горизонтальной шкале сетки нитей коллиматора;

вычисляют наклон горизонтальной оси (i), в угловых секундах, по формулам:

при вертикальных углах ±45˚ $i = 0,3(Л-П)\mu$

при вертикальных углах ±25˚ $i = 0,6(Л-П)\mu$

где μ – цена деления шкалы, угловые секунды, μ=10".

Вычисления проводят до целого числа.

Повторяют определение значения i. Разность между значениями наклона горизонтальной наклона горизонтальной оси не должна превышать 10".

Вычисляют среднее арифметическое значение наклона.

Проверка по методу 1 является арбитражной.

7.10. Определение эксцентриситета горизонтального круга

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Установить значение горизонтального угла равным 0˚00’00”.

Повернуть электронный тахеометр на 180˚ и совместить сетку нитей зрительной трубы с сеткой нитей коллиматора, установленного в створе линии «коллиматор А – электронный тахеометр» - (коллиматор В).

Записать значение горизонтального угла как θ1.

При положении «круг справа» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Установить значение горизонтального угла равным 0˚00’00”.

Повернуть электронный тахеометр на 180˚ и совместить сетку нитей зрительной трубы с сеткой нитей коллиматора, установленного в створе линии «коллиматор А – электронный тахеометр» - (коллиматор В).

Записать значение горизонтального угла как θ2.

Рассчитать абсолютное значение эксцентриситета горизонтального круга по формуле:

$$\Delta\theta_H = \left| (\theta 1 - \theta 2) \right| / 2$$

Выполнить переустановку горизонтального круга на 90˚ и повторить измерения и вычисления.

7.11. Определение эксцентриситета вертикального круга

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Записать значение вертикального угла как θ_{90°.

Перевести зрительную трубу на коллиматор, установленный на продолжении линии «коллиматор А - электронный тахеометр» - (коллиматор В) и записать значение вертикального угла как θ_{270°.

При положении «круг справа» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Записать значение вертикального угла как α_{270°.

Перевести зрительную трубу на коллиматор, установленный на продолжении линии «коллиматор А - электронный тахеометр» - (коллиматор В) и записать значение вертикального угла как α_{90°.

Рассчитать абсолютное значение эксцентриситета вертикального круга по формуле:

$$\Delta\theta v = \left| (\theta_{270^\circ} - \theta_{90^\circ}) - (\alpha_{270^\circ} - \alpha_{90^\circ}) \right| /2$$

7.12. Определение «места нуля» вертикального круга

Перед определением места нуля вертикального круга в обязательном порядке должна быть проведена проверка датчика углов наклона. (п.7.3)

Отключить автоматический режим индексации вертикального круга.

Отключить датчик углов наклона.

Войти в режим измерения углов.

Провести индексацию вертикального круга в ручном режиме.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Записать значение вертикального угла как $\theta 1$.

Включить автоматический режим индексации вертикального круга.

Включить датчик углов наклона.

Войти в режим измерения углов и проиндексировать вертикальный круг, повернув зрительную трубу на 360˚.

Снова навестись на коллиматор А и записать значение вертикального угла как θ2.

Рассчитать абсолютное значение места нуля вертикального круга по формуле:

$$\Delta\theta 0 = \left| \theta 1 - \theta 2 \right|$$

7.13. Определение отклонения от соосности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси светодальномера

Отклонение от соосности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси светодальномера определяют визированием на отражатель, установленный на расстоянии 20 ±- 0,5м от электронного тахеометра. При наведении на отражатель определяют максимум сигнала в режиме «наведение» электронного тахеометра, затем определяют положение перекрестия сетки нитей зрительной трубы относительно центра отражателя. Смещение перекрестия сетки нитей зрительной трубы относительно центра отражателя при максимальном обратном сигнале не должно быть более ¼ диаметра отражателя.

Отклонение от параллельности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси приемопередающего канала тахеометра в вертикальной и горизонтальной плоскости (4.19.) поверяют в следующем порядке:

Устанавливают отражатель на расстоянии (50±10)м от тахеометра, наводят перекрестие сетки нитей зрительной трубы тахеометра на марку отражателя;

Измеряют зенитное расстояние и горизонтальный угол (последовательность измерений – в соответствии с приложением В) не менее, чем тремя приемами, и вычисляют среднее арифметическое значение зенитного расстояния А1 и горизонтального угла В1;

Наводят зрительную трубу тахеометра на отражатель по максимуму отраженного сигнала;

Измеряют зенитное расстояние и горизонтальный угол не менее, чем тремя приемами, и вычисляют среднее арифметическое значение зенитного расстояния А2 и горизонтального угла В2;

Вычисляют отклонение от параллельности в вертикальной плоскости (А2-А1) и в горизонтальной плоскости (В2-В1 в угловых секундах. (≤10″)

7.14. Определение отклонения визирной оси оптического (лазерного) центрира от вертикальной оси вращения тахеометра

Определяется с помощью марки с миллиметровой сеткой, устанавливаемой под оптическим центриром на расстоянии 1,5 м, и вычисляется как разность двух отсчетов, полученных относительно марки при повороте алидады на 180°. Отклонение визирной оси оптического центрира от вертикальной оси вращения тахеометра должно быть не более ±0,5 мм.

7.15. Определение СКП измерения горизонтального угла и определение СКП измерения вертикального угла

Среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом определяют по результатам измерения угла β, образованного направлениями на два коллиматора (автоколлимационного стенда УК - 1) или визирные марки. Угол β должен быть в пределах 60° - 120°, а разность вертикальных углов двух визирных целей, между которыми измеряется угол – не менее 20°. Измерения производятся 6-ю приемами (при КП и КЛ).

Вычисляют СКП измерения горизонтального угла (m_β), в угловых секундах, по формуле:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \nu^2}{n-1}},$$

где ν - отклонение измерения угла i-ым приемом от среднего арифметического значения результатов измерения угла, угловые секунды;

n – число приемов измерения угла, $n \geq 6$.

Вычисления проводят до первой значащей цифры после запятой и округляют до целого числа секунд.

В полевых условиях значение m_β определяют по невязкам треугольников в контрольно-поверочной сети (микротриангуляции) по формуле:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n} W_i^2}{3n}}$$

где W^2 – угловая невязка в треугольнике, полученная в i-м приеме;

n – число приемов

Среднюю квадратическую погрешность измерения зенитного расстояния (вертикального угла) одним приемом определяют по результатам измерения вертикальных углов (α) +30˚, 0˚ и -30˚ на коллиматоре УК-1

Измерение каждого угла выполняют не менее, чем четырьмя приемами.

Вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения вертикального угла (m_α), в угловых секундах, по формуле

$$m_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta ik}{k \cdot n}},$$

где Δik – разность между результатом измерения i-ым приемом k-го угла и его действительным значением, угловые секунды;

k – число измеряемых углов, k=2 (k_1= +30°, k_2= - 30°)$

n – число приемов измерения каждого из углов, $n \geq 4$.

Вычисления проводят до первой значащей цифры после запятой и округляют до целого числа секунд

7.16. Определение СКП измерения расстояния

Среднюю квадратическую погрешность измерения наклонного расстояния одним приемом определяют по результатам измерения контрольных линий (линейного базиса) с номинальными длинами 50, 75,100, 200, 300, 400, 500, 700, 1300, 1500м.

Измерение каждой линии проводят не менее, чем четырьмя приемами.

Вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения k-ой образцовой линии (m_{Sk}) в миллиметрах, по формуле:

$$m_{Sk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta l_k}{n-1}}$$

где Δl - разность между результатом измерения i-ым приемом k-ой линии и действительным значением ее длины

n - число приемов измерений k-ой линии, $n \geq 4$

$m_{Sk} = 5+3 \cdot 10^{-6} S$.

При поверке тахеометра результаты измерений заносятся в таблицу и обрабатываются. При положительных результатах поверки выписывается удостоверение утвержденного образца.

Рекомендуемая литература

1. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. – М.: Изд. ЦНИИГА и К, 1999.-56 с.

2. МИ БГЕИ 07-90. Методика института. Нивелиры. Методика поверки. – М.: Изд. ЦНИИГА и К, 1990.-50 с.

3. МИ БГЕИ 08-90. Методика института. Теодолиты. Методы и средства поверки. – М.: Изд. ЦНИИГА и К, 1990.-50 с.

4. Захаров А.И. Геодезические приборы. Справочник. – М.: Недра, 1989.-314 с.

5. Земских Г.В., Кортев Н.В. Маркшейдерско-геодезические приборы. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2015.-146 с.

6. Х.К. Ямбаев. Геодезическое инструментоведение,. М.: Недра, 2012.-364 с.

7. Маркшейдерское дело / Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. – М.: Недра, 1981. – 703 с.

8. Корсунская М.М. Геодезические приборы. – М.: Институт оценки природных ресурсов, 2002.-186 с.

9. МИБГЕИ 08-00. Методика института. Теодолита. Методы и средства поверки. –М: Изд. ЦНИИГА и К, 2000.-51с.

10. Р – 50.

11. Земских Г.В., Кортев Н.В. Маркшейдерско-геодезические приборы. Учебно-методическое пособие к курсовой работе и лабораторным занятиям для студентов специальности 13042 - «Маркшейдерское дело» (МД) направления 130400 – «Горное дело». Часть 1. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2009г. – 37 с.

12. Земских Г.В., Кортев Н.В. Маркшейдерско-геодезические приборы. Учебно-методическое пособие к курсовой работе и лабораторным занятиям для студентов специальности 13042 - «Маркшейдерское дело» (МД)

направления 130400 – «Горное дело». Часть 2. – Екатеринбург: Изд. УГГА, 2004г. – 33 с.

13. Гусев Н.А. Маркшейдерско-геодезические приборы. М.: Недра, 1968. – 220 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1. Оптические теодолиты 6
1.1 Условия проведения поверки 6
1.2 Внешний осмотр и проверка комплектности 7
1.3 Опробование 7
1.4 Определение метрологических характеристик зрительной трубы 8
1.4.1 Определение увеличения зрительной трубы 8
1.4.2 Определения величины поля зрения трубы 9
1.4.3 Разрешающая способность зрительной трубы 10
1.4.4 Определение погрешности визирования 12
1.5 Определение и юстировка инструментальных погрешностей 13
1.5.1 Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней 13
1.5.2 Определение и исправление (юстировка) коллимационной погрешности 14
1.5.3 Определение и юстировка места нуля (места зенита) 15
1.5.4 Проверка правильности хода фокусирующей линзы 16
1.5.5 Определение цены деления уровней 18
1.5.6 Проверка работы компенсатора в полевых условиях (для теодолитов с самоустанавливающимся индексом вертикального круга) 21
1.5.7 Исследование отсчетных приспособлений 22
1.5.8 Определение эксцентриситетов горизонтального круга (лимба) и алидады 26
1.5.9 Определение наклона горизонтальной оси теодолита (электронного теодолита)(неравенство подставок) 31
1.5.10 Проверка оптического центрира 33

2. Электронные теодолиты 34
2.1 Проверка погрешности визирования 34
2.2 Отсчетные устройства 34
2.3 К определению эксцентриситета горизонтального круга, алидады, коллимационной погрешности С и отсчета по вертикальному лимбу при горизонтальном положении трубки (места нуля М0) 35
3. Оптические нивелиры 37
3.1 Условия проведения поверки 37
3.2 Внешний осмотр и проверка комплектности 38
3.3 Опробование 39
3.4 Проверка правильности установки цилиндрического и установочного уровней 40
3.5 Проверка правильности установки сетки нитей 41
3.6 Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол *i*) 41
3.7 Определение ошибки измерения превышений за счет смещения зрительной оси при перефокусировании трубы (проверка правильности хода фокусирующей линзы) 44
3.8 Определение диапазона работы компенсатора (для нивелиров с компенсатором) 46
3.9 Определение ошибки недокомпенсации (для нивелиров с компенсаторами) 47
3.10 Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции ($m_{ст}$) 48
4. Электронные нивелиры 49
4.1 Проверка положения визирной оси цифрового нивелира при измерениях по кодовой рейке 49
4.1.1 Методы поверки положения фотоэлектрической визирной оси 49
4.1.2 Пример выполнения поверки по методу Ферштнера 51
4.1.3 Юстировка положения визирной оси 54

4.1.4 Поверка круглого уровня 55
4.1.5 Распределение поправок в отсчет по рейке и нивелирные плечи 56
4.1.6 Проверка угла i и СКП измерения превышений на эталонном полигоне 57
5. Светодальномеры (лазерные дальномеры) 58
5.1 Определение постоянных поправок дальномера и отражателя 58
5.2. Определении средней квадратической погрешности измерения расстояний 62
6. Метрологическая ситтестация электронных тахеометров 63
6.1. Краткие сведения о тахеометрах и их метрологической аттестации 63
6.2. Средства поверки 65
6.3 Требования к квалификации поверителей 66
6.4. Требования безопасности 66
6.5. Биологическая (медицинская) безопасность 66
6.6. Условия поверки 66
7. Проведение поверки 67
7.1. Внешний осмотр и проверка комплектности 67
7.2. Опробование 67
7.3. Определение ошибки индекса (места нуля) датчика углов наклона 68
7.4. Определение диапазона работы и погрешности датчика углов наклона 69
7.5. Определение наклона (качки) вертикальной оси 72
7.6. Определение люфта горизонтальной оси (оси зрительной трубы 73
7.7. Определение смещения визирной оси, вызываемое перефокусировкой зрительной трубы 73
7.8. Определение коллимационной погрешности (неперпендикулярно

сти визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси электронного тахеометра 74
7.9. Определение наклона горизонтальной оси (неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси электронного тахеометра) 76
7.10. Определение эксцентриситета горизонтального круга 79
7.11. Определение эксцентриситета вертикального круга 79
7.12. Определение «места нуля» вертикального круга 80
7.13. Определение отклонения от соосности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси светодальномера 81
7.14. Определение отклонения визирной оси оптического (лазерного) центрира от вертикальной оси вращения тахеометра 82
7.15. Определение СКП измерения горизонтального угла и определение СКП измерения вертикального угла 82
7.16. Определение СКП измерения расстояния 84
Рекомендуемая литература 85

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Земских Г. В.

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»
специализации маркшейдерское дело

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерско-геодезические приборы: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Г.В. Земских; Уральский государственный горный университет, кафедра Маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с учебным пособием [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности «Горное дело» специализации Маркшейдерское дело».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

© Земских Г.В.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 6
2. Повторение материала лекций. 6
3.Самостоятельное изучение тем курса. 6
4. Подготовка к практическим занятиям . 11
5. Подготовка к зачету, экзамену. 13
6. Подготовка к опросу. 14
7. Подготовка к контрольным работам. 15
8. Подготовка и оформление курсовой работы. 15
Рекомендуемая литература 16

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 324 часов или 9 зачетных единиц. Из них 138 часов (очное обучение) и 275 часов (заочное обучение)отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерско-геодезические приборы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины: повторение материала лекций, самостоятельное изучение тем курса, подготовка к практическим занятиям, подготовка к зачету и экзамену, подготовка к опросу, подготовка к контрольным работам, подготовка к выполнению и оформление курсовой работы.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерско-геодезические приборы». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой тестовых вопросов на зачет и экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебном пособии по курсу [1]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебному пособию[1] освойте каждый структурный элемент темы. .

3.Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Обучающийся должен пользоваться своим конспектом лекций для усвоения пройденного материала..

3. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КУРСА

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи курса Маркшейдерско-геодезические приборы.

Тема 2: Современное маркшейдерское приборное обеспечение

Характеристика приборных комплектов для маркшейдерских работ при различных способах разработки полезных ископаемых и при подземном строительстве. Способы разработки МПИ: подземный (с учетом особенностей способов вскрытия и систем разработки), открытый (карьеры, разрезы, гидравлические полигоны), подводный (шельф, дражные и земснарядные полигоны). Подземное строительство: тоннели различного назначения, прочие подземные объекты гражданского и оборонного назначения.

Тема 3: Основы геометрической оптики

Законы геометрической оптики. Характеристики (оптические параметры) оптических сред. Показатель преломления светового луча. Сорта оптического стекла (кроны, флинты).

Тема 4: Оптические детали и системы приборов

Оптические детали. Призмы (плоско-параллельные пластинки, призмы полного внутреннего отражения, преломляющие призмы). Дисперсия света. Линзы (собирающие, рассеивающие). Геометрические параметры линз. Правила построения изображений точек и предметов линзами.

Формула Аббе (связи геометрических и оптических параметров линз).

Оптические системы. Разрешающая способность систем. Потери света в системах. Визирные зрительные трубы. Микроскопы отсчетных приспособлений в теодолитах.

Тема 5: Осевые системы угломерных приборов

Вертикальные осевые системы. Алидадная и лимбовая части угломерных приборов. Конструктивные особенности вертикальных осевых систем, обеспечивающих их прецезионность.

Горизонтальные осевые системы (ось вращения визирной зрительной трубы). Микрометренно-закрепительные устройства осевых систем.

Тема 6: Инструментальные погрешности угломерных приборов

Классификация погрешностей по способу минимизации их влияния на результаты измерений. Коллимация. Наклон оси вращения трубы (неравенство подставок трубы). Отклонение визирной оси при перемещении фокусирующей линзы. Эксцентриситет алидады. Эксцентриситет лимба. Рен отсчетного микроскопа. Наклон оси вращения трубы (негоризонтальность прибора). Симметричность работы компенсатора. Способы выявления инструментальных погрешностей и способы снижения их влияния на результаты измерений. СКП измерения углов.

Тема 7: Инструментальные погрешности нивелиров

Наклон визизирной оси трубы. Симметричность работы компенсатора. Погрешность недокомпенсации. СКП определения превышений на станции и на 1 км. двойного хода.

Тема 8: Уровни и механические компенсаторы приборов

Круглые (установочные) и цилиндрические уровни. Типы ампул цилиндрических уровней. Контактные призменные системы уровней.

Компенсаторы индекса вертикального круга теодолитов, визирной оси нивелиров.

Тема 9: Способы исключения влияния инструментальных погрешностей

Эффективные методики измерений. Исправление (юстировка) погрешностей. Введение поправок за погрешности в результаты измерений.

Тема 10. Локационные дальномеры. Историческая справка

Спектры несущего излучения локационных дальномеров.

Геодезические радиодальномеры.

Фазовые и импульсные светодальномеры

Звуколокационные дальномеры

Эволюция полевой дальнометрии

Тема 11. Радио и звуколокационные дальномеры

Принцип измерения расстояний радиодальномерами. Преимущества и недостатки при полевых измерениях.

Принцип измерения расстояний звуколокационными приборами. Приборы для измерения глубины взрывных скважин, для измерений в недоступных пустотах, для измерения глубин на акваториях.

Тема 12. Принцип действия лазерных дальномеров

Модуляция несущего излучения. Решение задачи разрешения неоднозначности определения дальности на нескольких частотах модуляции.

Преимущества и недостатки фазовых дальномеров.

Преимущества и недостатки импульсных дальномеров

Тема 13. Устройство лазерных дальномеров

Излучатель. Генератор масштабных частот. Узкополосный спектральный фильтр. Лавинный фотодиод. Канал оптического короткого замыкания. Канал опорный. Гетеродинное преобразование частот. Счетный блок.

Тема 14. Постоянная и циклическая погрешности

Причины и величина возможной постоянной погрешности светодальномеров. Определение постоянной погрешности в полевых и лабораторных условиях.

Понятие цикла фазовых и импульсных измерений. Эталонный линейный базис для определения циклической погрешности светодальномеров.

Тема 15. Нестабильность частоты генератора масштабной частоты (ГМЧ)

Принцип действия ГМЧ. Назначение ГМЧ в функциональной схеме светодальномеров.

Факторы влияющие на нестабильность частоты ГМЧ.

Зависимость точности светодальномерных измерений от величины отклонения масштабной частоты от ее номинала.

Тема 16. Амплитудно-временная погрешность

Комплексное влияние на точность светодальномерных измерений степени усиления модулированного лазерного излучения и точности наведения излучения на центр отражателя.

Тема 17. Электронные тахеометры. Историческая справка

Характеристика 4-х поколений электронных тахеометров. Перспективы совершенствования дальномерных и угломерных маркшейдерских приборов. Конструктивные особенности тахеометров. Автоматические системы наведения.

Тема 18. Устройства считывания углов

Кодовые, динамические (времяимпульсные), накопительные (инкрементальные), комбинированные устройства считывания направлений и углов. Достоинства и недостатки.

Тема 19. Исследование двухосевого компенсатора

Датчики наклона прибора (электронные уровни). Диапазон работы и погрешности датчиков горизонтальности алидады тахеометров. Автоматизированный учет наклона прибора введением поправок в результаты измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Определение систематической погрешности недокомпенсации на одну минуту наклона прибора.

Тема 20. Цифровые нивелиры

Принцип считывания отсчетов и расстояний по штрихкодовым рейкам. Устройство цифровых нивелиров. Классификация цифровых нивелиров.

Тема 21. Маркшейдерские сканеры

Объекты сканирования при маркшейдерских работах. Параметры сканирования: угловой шаг (в плане и профиле), точность измерения длин и углов, скорость сканирования.

Принцип действия и устройство маркшейдерских сканеров для подземных и открытых горных работ.

Система координат лазерного сканера. Программное ослабление инструментальных погрешностей. Камеральная обработка.

Тема 22. Теория спутниковой навигации

История развития спутниковой геодезии. Общий принцип работы. Позиционирование. Глобальные и региональные навигационные спутниковые системы (GPS).

Системы координат и времени: геоцентрические СК, локальные референцные СК, системы высот, системы времени.

Спутниковый сигнал: каналы связи, радиочастотные диапазоны, фазовая модуляция сигнала, альманах навигационной информации, обзор частотных диапазонов современных навигационных систем.

Тема 23. Приборное и программное обеспечение GPS для маркшейдерских работ

Спутниковые системы GPS-Navstar, ГЛОНАСС. Наземный комплекс управления. Космический сегмент. Навигационные спутники.

Спутниковая аппаратура потребителя. Бок-схема. Режимы синхронизации. Спутниковые приемники. Радиочастотный блок. Измерения по кодам. Измерения фазы несущей волны. Инерциальные интегрированные блоки.

Контроллер. Программное обеспечение приемника.

Абсолютный режим измерений. Источники погрешностей, приборные и методические способы уменьшения их влияния на результаты измерений. Точные эфемериды. Метод точного позиционирования.

Планирование спутниковых измерений. Фактор снижения точности (DOP), маска возвышения, мировые карты качества спутникового покрытия ГНСС.

Глобальная и региональная сети DGPS, дифференциальный режим измерений.

Относительный режим измерений. Статический и кинематический режимы измерений. Принципиальные схемы работы. Постобработки измерений.

Кинематический режим измерений. Кинематика в реальном времени. Режим быстрой статики.

Метрологическое обеспечение. Методики метрологических поверок спутниковой аппаратуры.

Тема 24. Гироскопические теодолиты

Принцип работы гиротеодолитов. Теория трехстепенного маятникового гироскопа.

Устройство гиротеодолита с маятниковым гироскопом. Гироблок (системы подвеса, центрирования, токопровода, слежения, арретирования, магнитной и взрывобезопасной защиты). Угломерный блок с устройством следящей системы. Батарея питания.

Погрешности определения гироскопического азимута, продолжительность одного определения (пуска).

В качестве источника информации по всем темам используется учебное пособие: Земских Г.В., Кортев Н.В. «Маркшейдерско-геодезические приборы»: уч. пособие. Екатеринбург, УГГУ, 2019, 146 с.

4. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Темы	Количество часов	Форма проведения, технология
Оптические детали и системы маркшейдерских приборов Определение разрешающей способности, увеличения и поля зрения визирной зрительной трубы.	6	
Осевые системы угломерных приборов Определение эксцентриситетов алидады и лимба горизонтального круга угломерных приборов.	8	
Инструментальные погрешности угломерных приборов Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней. Определение и исправление коллимационной погрешности. Определение юстировка места нуля (зенита) вертикального круга. Проверка правильности хода фокусирующей линзы. Проверка работы компенсатора индекса вертикального лимба. Определение наклона оси вращения трубы (неравенство подставок). Проверка оптического центрира.	28	Контрольная работа
Инструментальные погрешности нивелиров Проверка правильности установки уровней и сетки нитей. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (негоризонтальность визирной оси). Определение симметричности диапазона работы компенсатора. Определение погрешности недокомпенсации. Определение скп измерения превышения на станции.	16	Контрольная работа
Уровни и самоустанавливающиеся компенсаторы Определение цены деления уровней по способу наклонного лимба и на экзаменаторе. Определение работоспособности компенсатора.	6	

Постоянная и циклическая погрешности светодальномеров Полевой трехштативный способ определения постоянной поправки дальномера. Определение постоянной поправки и циклической погрешности на эталонном линейном компараторе.	4	
Нестабильность масштабной частоты светодальномера Определение фактического значения масштабной частоты. Приведение масштабной частоты к номинальному значению.	2	
Амплитудно-временная погрешность Определение погрешности возникающей при неточном наведении дальномерного луча на центр отражателя и при повышенном уровне фотоэлектронного усиления вернувшегося от отражателя дальномерного сигнала.	2	
Исследование двухосевого компенсатора Определение погрешности поправок в горизонтальные и вертикальные углы при работе компенсатора в диапазоне от предельного положения (наклон прибора больше трех минут) до горизонтального.	4	

Приборное и программное обеспечение GPS для маркшейдерских работ Ознакомление с комплектом спутникового оборудования на примере Trimble 5800. Подключение антенны Zephyr-2, приемника Trimble 5800, контроллера Trimble TSC2, дополнительной батареи питания. Проверка свободной памяти контроллера и флэш-карты в приемнике. Ознакомление с программным обеспечением Survey Controller контроллера. Создание проекта. Выбор режимов спутниковых измерений. Обзор программы локализации. Планирование полевых работ посредством программной утилиты Trimble GNSS Planning. Выбор параметров набора измерений, установка длительности эпох 1, 5, 10 секунд, маски возвышений 10, 13, 20 градусов. левые работы по определению трех пунктов методом абсолютного позиционирования, по определению приращений координат трех пунктов статическим относительным позиционированием, по определению координат четвертого пункта (базовой станции) статическим относительным позиционированием с применением программы локализации, определение координат в режиме быстрой статики и в режиме кинематики в т.ч. в реальном времени (RTK)	12	

В качестве источника информации по всем темам используется учебно-методическое пособие: Земских Г.В., Шевелев А.А. «Маркшейдерско-геодезические приборы»: учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности 21.05.04 Горное дело, специализации «Маркшейдерское дело» очного и заочного обучения: Екатеринбург: УГГУ, 2019, 85 с.

5. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ, ЭКЗАМЕНУ

1. Назовите основные задачи (предмет) [i]курса маркшейдерско-геодезические
2. Укажите теодолиты в маркшейдерском исполнении.
3. Какие положения являются осной геометрической оптики?
4. При каких условиях просветление оптических деталей снижает потери света.
5. Эксцентриситет алидады выявляется по изменчивости
6. Юстировочные винты сетки нитей теодолитов предназначены для исправления?
7. Как исправить угол «*i*» в нивелире 2Н3Л?
8. Цена деления установочных уровней (на 2мм).
9. Чем обеспечивается высокая точность отсчитывания по рейке из комплекта нивелира Н-05?
10. Страна – разработчик приборов «Topcon».?

11. Назвать типы несущих излучений локационных дальномеров.
12. Для каких измерений применяются звуколакационные приборы в маркшейдерии?
13. Область лазерного излучения у излучателя светодальномера.
14. Тип лазерного излучателя маркшейдерско-геодезических приборов.
15. Полевой способ определения постоянной светодальномера.
16. Каково допустимое отклонение масштабной частоты от номинала?
17. Для исключения каких погрешностей необходим режим короткого оптического
18. Страна – разработчик приборов марки «Leica»
19. Признаки динамического устройства считывания углов в электронных теодолитах.
20. Какие параметры работы компенсатора могут быть определены в полевых условиях?
21. Цифровые нивелиры измеряют расстояние до рейки
22. Преимущества НЛС перед другими наземными видами.
23. Расстояние до спутника, полученное в приемнике на основе корреляции принятого
24. В качестве высокостабильного опорного генератора на спутнике используются?
25. Назначение маркшейдерских гиротеодолитов.

6. ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

1. Почему результаты измерений содержат погрешности?
2. Длиномер ДА – 2 – это прибор для измерения чего?
3. Разрешающая способность нормального глаза человека составляет?
4. Сорт оптического стекла.
5. К увеличению чего может привести большой эксцентриситет алидады?
6. Точность отсчитывания в теодолите 3Т2КП.
7. Межповерочный интервал периодической поверки маркшейдерских приборов.
8. Для чего предназначен круглый уровень?
9. Наиболее точное визирование при измерении горизонтальных углов.
10. Каково оптимальное количество приемов (перенаведений) при измерении расстояний светодальномерами?
11. Дальность измерений радиодальномерами.
12. Дальность измерений светодальномером при прочих равных условиях больше?
13. Режим короткого оптического замыкания в светодальномерах необходим для исключения погрешностей.
14. Составляющие постоянной поправки светодальномера.
15. От каких факторов зависит стабильность частоты ГМЧ светодальномера?
16. С чем связана необходимость наведения светодальномера по максимуму отраженного сигнала?
17. Перечислить технические возможности роботизированного тахеометра.
18. Какая система применяется для считывания направлений (углов) в электронных тахеометрах (теодолитах)?
19. Какова примерная величина рабочего диапазона компенсаторов тахеометров?
20. Как устраняется негоризонтальность визирной оси, погрешность работы компенсатора составляет?
21. В процесс измерения на сканерной станции.
22. Необходимое минимальное количество одновременно наблюдаемых спутников при решении задачи определения местоположения.
23. В состав ГНСС не входит?
24. Тип гирокомпаса в маркшейдерских гиротеодолитах.

7. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Контрольная работа № 1

1. Юстировочные винты сетки нитей теодолитов предназначены для исправления?
2. Точность отсчитывания в теодолите 3Т2КП.
3. Что не входит в перечень операций при поверке угломерных приборов в соответствии с Р 50.2.024-2002?
4. Коллимация изменяется в зависимости от расстояния до точки визирования.
5. Параллакс.
6. Рекомендации метрологической поверки угломерных приборов.
7. СКО измерения горизонтального угла полным приемом теодолитом 4Т30.
8. Коллимация – это не перпендикулярность осей
9. В перечень операций при поверке угломерных приборов в соответствии с Р 50.2.024-2002 не входит
10. Погрешности хода фокусирующей линзы трубы теодолитов определяют
11. Что создает неравенство подставок теодолита?
12. Рен. Дать определение.
13. Место зенита (MZ). Дать определение.

Контрольная работа № 2

1. Как исправить угол «*i*» в нивелире 2Н3Л?
2. Межповерочный интервал периодической поверки маркшейдерских приборов.
3. Паспортное значение СКП нивелирования на станции для Н3К.
4. Как определяется ошибка хода фокусирующей линзы нивелира?
5. Как исправить угол i в нивелире 2Н3КЛ?
6. Назвать основные элементы методики определения СКП нивелира на станции.
7. Назвать основные элементы методики определения СКП нивелиров на 1км двойного хода.
8. Какова последовательность действий при определении погрешности недокомпенсации нивелиров?
9. Что обозначают цифры и буквы в названии нивелира 3Н3КЛ?
10. Какое допускается расхождение между приемами определения негоризонтальности визирной оси нивелиров?
11. В каких нивелирах исправление негоризонтальности визирной оси (угла i) производится юстировочными винтами сетки нитей?
12. Назвать параметры, определяемые при исследовании компенсаторов нивелиров.

8. ПОДГОТОВКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Другие виды самостоятельной работы (курсовая работа)

Информация по выполнению курсовой работы содержится в методических материалах: Земских Г.В., Шевелев А.А. «Маркшейдерско-геодезические приборы»: учебно-методическое пособие к курсовой работе для студентов специальности 21.05.04. Горное дело, специализации «Маркшейдерское дело». Екатеринбург: УГГУ, 2019, 85 с.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маркшейдерско-геодезические приборы: учеб. пособие / Г.В. Земских, Н.В. Кортев - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. - 145 с.
2. Ямбаев Х. К. Геодезическое инструментоведение. - М: Недра, 2012. – 364 с.

Авторы:
Земских Г.В.

Корректура кафедры шахтного строительства
Подписано к печати
Формат бумаги 60х84 1/16
Печ. л.
Тираж 100 экз. Заказ №
Цена С

Лаборатория множительной техники УГГГА
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров
«_____»_____20_____г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.02 ГЕОМЕХАНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Жабко А.В., доцент, д.т.н.

Одобрен на заседании кафедры
Маркшейдерского дела
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Жабко А.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 15 10.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета
Горно-технологического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург-2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и назва-

ния, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Деформации бортов карьеров
2. Контроль устойчивости откосов бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ
3. Методы расчета (оценки) устойчивости откосов в изотропных массивах
4. Способы расчета устойчивости откосов. Коэффициент запаса устойчивости
5. Расчет устойчивости анизотропных и неоднородных откосов
6. Равноустойчивый откос
7. Расчет устойчивости откосов в сложных горно-геологических условиях.
8. Расчет устойчивости отвалов и оснований сооружений
9. Противодеформационные мероприятия

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Геомеханика» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-10]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если студенты предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Деформации бортов карьеров

1. Факторы, определяющие устойчивость бортов карьеров.
2. Виды деформаций бортов карьеров и условия их возникновения.
3. Динамика и морфология развития.
4. Расчетные показатели при оценке устойчивости откосов.
5. Методы определения показателей при оценке устойчивости откосов.

Тема 2: Контроль устойчивости откосов бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ

1. Контроль устойчивости откосов бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ.
2. Проект наблюдательной станции.
3. Предельные значения деформаций.
4. Паспортизация деформаций бортов карьеров.

Тема 3: Методы расчета (оценки) устойчивости откосов в изотропных массивах

1. Анализ и классификация методов расчета (оценки) устойчивости откосов в изотропных массивах.

2.Поверхность скольжения, способы ее построения.

3. Недостатки существующих методов.

Тема 4: Способы расчета устойчивости откосов. Коэффициент запаса устойчивости

1. Метод предельного напряженного состояния (статика сыпучей среды).

2. Метод предельного равновесия.

3. Коэффициент запаса устойчивости, его нормативное значение.

4. Способы расчета устойчивости откосов, рекомендуемые нормативными документами. Недостатки.

.

Тема 5: Расчет устойчивости анизотропных и неоднородных откосов

1. Расчет устойчивости анизотропных и неоднородных откосов.

2. Углы излома и построение поверхностей скольжения.

Тема 6: Равноустойчивый откос

1. Понятие равноустойчивого откоса.

2. Рациональный профиль борта карьера.

3. Расчет откосов криволинейных в плане.

Тема 7: Расчет устойчивости откосов в сложных горно-геологических условиях.

1. Расчет устойчивости откосов в сложных горно-геологических условиях.

2. Сейсмичность, тектонические поля напряжений, обводненность, подработка подземными горными работами, карст.

.

Тема 8: Расчет устойчивости отвалов и оснований сооружений

1. Расчет устойчивости отвалов и оснований сооружений.

2. Геомеханическое проектирование отвалообразования

Тема 9: Противодеформационные мероприятия

1. Противодеформационные мероприятия.

2. Спецтехнология отработки приконтурных лент.

3. Дренаж карьерного поля.

5. Искусственное укрепление бортов карьеров.

ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для подготовки и написания курсового проекта по дисциплине «*Геомеханика*» разработано учебно-методическое пособие [1].

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы геомеханики открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Разработаны задания и подробно описаны методики их выполнения. Задания для выполнения курсового проекта соответствуют наиболее часто встречаемым производственным задачам инженера-маркшейдера. Методики решения задач соответствуют рекомендациям действующих нормативных документов.

Учебно-методическое пособие содержит методики решения задач по наблюдениям за деформациями уступов, бортов карьеров, определению расчетных характеристик физико-механических свойств горных пород и оценке устойчивости откосов в однородной среде и в анизотропных массивах.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Геомеханика*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Геомеханика*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Устойчивость бортов карьера: учебно-методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Геомеханика» для студентов специализации «Маркшейдерское дело» специальности 130400 – «Горное дело» / А. В. Жабко, А. П. Бадулин. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 59 с.
2. Жабко А.В. Аналитическая геомеханика: научная монография; УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 224 с.
3. Жабко А.В., Бадулин А.П. Геомеханика открытых горных работ: учебное пособие по дисциплине “Геомеханика”; УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 150 с.
4. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.
5. Зотеев О.В. Геомеханика: Учебное пособие. — Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. — 252 с.
6. Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. Устойчивость бортов и осушение карьеров: Учеб. для ВУЗов. – М.: Недра, 1982. – 165 с.
7. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГГУ, 2003. – 473 с.
8. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. – М.: Недра, 1976. – 272 с.
9. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 378 с.
10. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л.: Недра, 1989. – 488 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В. Жабко

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАРКШЕЙДЕРИИ

Учебно-методическое пособие

К курсовой работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

Задания для выполнения курсовой работы 3
1. Комплекс CREDO 4
1.1. Основные функции комплекса CREDO 4
1.2. Обработка инженерно-геодезических изысканий в CREDO 6
1.3 Технологии сбора и обработки ТГИ при наземных съемках. 7
1.4 Проект полигона по замкнутому контуру 9
2. Работа с программой CREDO 19
2.1 Подготовка и использование бумажных картматериалов. 19
2.2. Работа с программой TRANSFORM 21
2.3. Работа с программой CREDO ГЕНПЛАН. 25
Заключение 33
Список литературы 34

Задания для выполнения курсовой работы

1. Произвести расчет и уравнивание маркшейдерской опорной сети, построить эллипсы ошибок плановых измерений в программе CREDO DAT. Получить ведомости ходов, координат пунктов и ведомость погрешностей их положения, осуществить экспорт данных в формат DXF (файл с результатами измерений выдается преподавателем).

2. Осуществить калибровку деформированного плана топографической съемки, осуществить обрезку плана по внешним границам координатной сетки и привязать план к принятой системе прямоугольных координат в программе CREDO TRANSFORM. Осуществить экспорт растрового изображения для дальнейшего использования в программе CREDO ГЕНПЛАН (файл растрового изображения для выполнения задания выдается преподавателем).

3. По результатам предыдущего задания (файл подложки из программы CREDO TRANSFORM) в программе CREDO ГЕНПЛАН создать цифровую модель местности (ЦММ) и цифровую модель рельефа (ЦМР) в существующих границах плана, построить профиль рельефа местности.

4. В программе CREDO ГЕНПЛАН произвести подсчет объемов выемки и насыпи между существующей поверхностью ЦМР (задание 3) и проектной (задается преподавателем), вывести на печать таблицу с получившимися данными.

1. Комплекс CREDO

1.1. Основные функции комплекса CREDO

- камеральные работы при создании государственных и местных сетей геодезической опоры;

- камеральная обработка инженерно-геодезических изысканий;

- обработка геодезических данных при проведении геофизических работ.

- подготовка данных для создания цифровой модели местности инженерного назначения;

- создание и корректировка цифровой модели местности инженерного назначения на основе данных изыскания и существующих картматериалов;

- формирование чертежей топопланов и планшетов на основе цифровой модели местности, экспорт данных по цифровой модели местности в системы автоматизированного проектирования и геоинформационные системы;

- обработка лабораторных данных инженерно-геологических изысканий;

- создание и корректировка цифровой модели местности инженерного назначения на основе данных изысканий и существующих картматериалов;

- формирование чертежей топопланов и планшетов на основе созданной цифровой модели местности, экспорт данных по цифровой модели местности в системы автоматизированного проектирования и геоинформационные системы;

- обработка лабораторных данных инженерно – геологических изысканий;

- создание и корректировка цифровой модели геологического строения площадки или полосы изысканий;

- формирование чертежей инженерно – геологических разрезов и колонок на основе цифровой модели геологического строения местности, экспорт геологического строения разрезов в системы автоматизированного проектирования;

- маркшейдерское обеспечение процесса добычи полезных ископаемых;

- проектирование генеральных планов объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства;

- проектирование профилей внешних инженерных коммуникаций;

- проектирование нового строительства и реконструкции автомобильных дорог;

- ведение дежурных планов территорий и промышленных объектов;

- геодезическое обеспечение строительных работ;

- геодезические работы в землеустройстве

- подготовка сметной документации при проведении инженерно - геодезических и инженерно – геологических изысканий.

1.2. Обработка инженерно-геодезических изысканий в CREDO

Современные требования к качеству проектирования и оперативности принятия проектных решений в промышленном, гражданском и транспортном строительстве требуют применения высокоэффективных технологий на всех стадиях создания проекта, включая этапы инженерных изысканий. Эти требования определяются двумя ключевыми моментами:

- необходимостью вариантного проектирования с быстрой детальной проработкой, экономической и экологической оценкой вариантов проектных решений;
- организацией сквозной технологии изыскания и проектирования на основе единого набора данных для всех элементов технологической цепочки и разделов проекта.

Оба этих момента в комплексе CREDO реализуются на основе цифрового моделирования как в системах обработки изысканий, так и в системах автоматизированного проектирования.

Идеологической основой технологии CREDO является изменение подходов к основным результатам инженерных изысканий и проектирования. Это выражается в переходе от «бумажного» результата (чертежи, планшеты) к модели, т.е. к созданию цифровой модели местности (ЦММ) как результата инженерно-геодезических изысканий, созданию объемной геологической модели (ОГМ) как результата инженерно-геологических изысканий, созданию и оценке цифровой модели проекта (ЦМП) как результата проектирования.

1.3 Технологии сбора и обработки ТГИ при наземных съемках.

Основной системой обработки данных наземных площадных и полосных съемок в комплексе CREDO является система CREDO_DAT, ориентированная на сбор топографо-геодезической информации (ТГИ) как традиционными приборами (теодолиты, нивелиры, рулетки) с записью в журналы, так и электронными тахеометрами, и спутниковыми системами.

CREDO_DAT импортирует данные практически из всех распространенных форматов электронных приборов и регистраторов.

Система CREDO_DAT предоставляет возможность выработать **оптимальный проект** сети планово-высотного обоснования, подобрать необходимую точность измерений, то есть обеспечить эффективность и экономичность работ по созданию опорной сети.

При вводе или импорте данных система производит автоматическое распознавание и сепарацию данных по типам измерений, автоматическое формирование топологии сети планово-высотного обоснования, формирование данных для уравнивания по всем типам и методикам создания плановых геодезических сетей.

Уравнивание плановых и высотных геодезических сетей производится параметрическим способом по методу наименьших квадратов.

Обработка съемки, выполненной электронными тахеометрами или традиционным тахеометрическим методом, ведется с одновременным формированием семантики топографических объектов.

Рациональной организации полевых и камеральных работ способствует возможность эффективного **манипулирования данными** – возможность объединение данных из разных наборов, замораживание, перенос, удаление отдельных измерений и блоков.

На всех этапах обработки обеспечивается одновременная **графическая иллюстрация** действий, позволяющая выполнять визуальный контроль операций.

1.4 Проект полигона по замкнутому контуру

Запускаем программу CREDO DAT IV

Создаем новый проект

Настройка проекта осуществляется путем изменения свойств. Для этого открываем на панели инструментов вкладку «Файл», выбираем пункт «Свойства проекта».

В открытом окне, во вкладках: «Общие сведения», «Параметры», «Точность представления», вносим необходимые изменения.

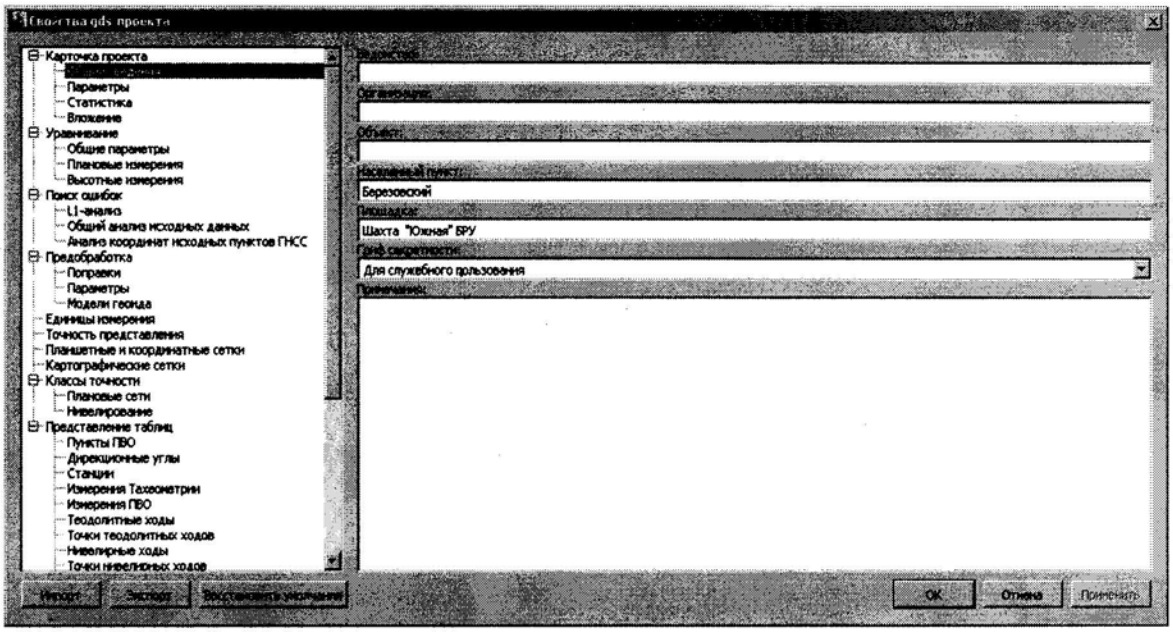


Рисунок 1

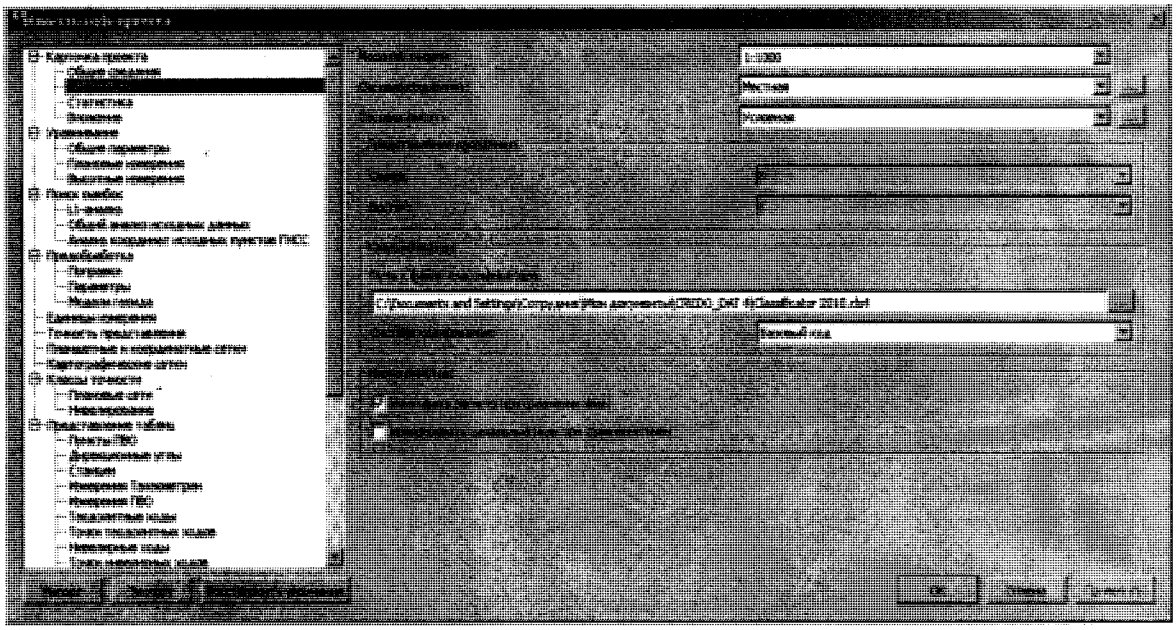


Рисунок 2

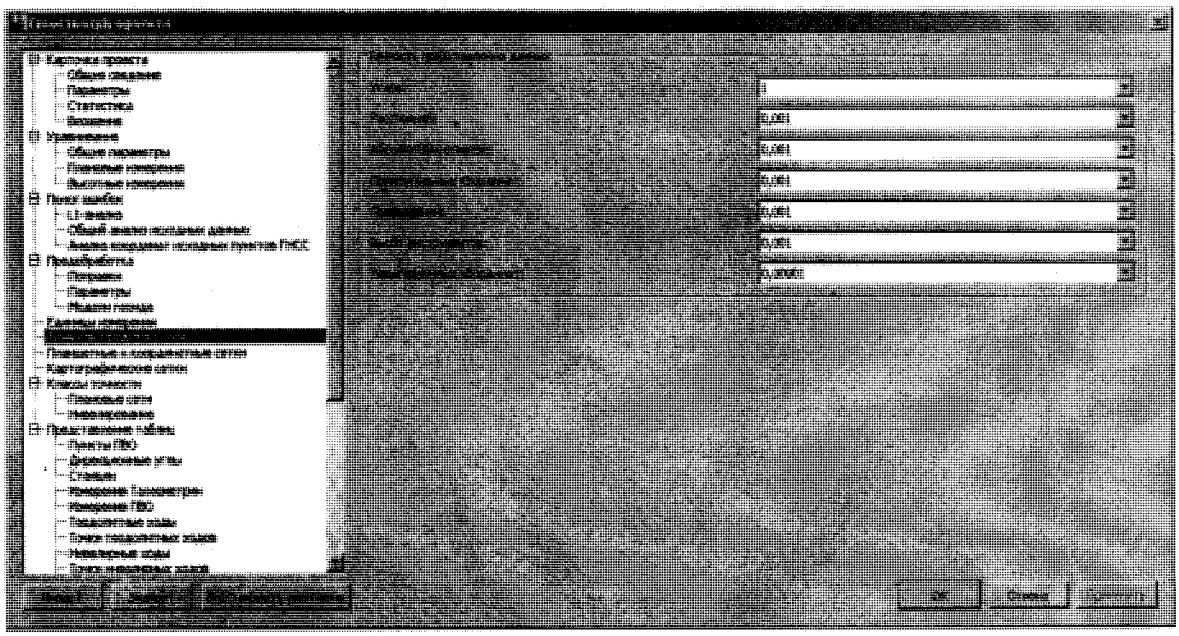


Рисунок 3

Вводим координаты исходного пункта точки VIII, во вкладке «Пункты ПВО» на панели инструментов; изменяем «Тип пункта» на «Исходный».

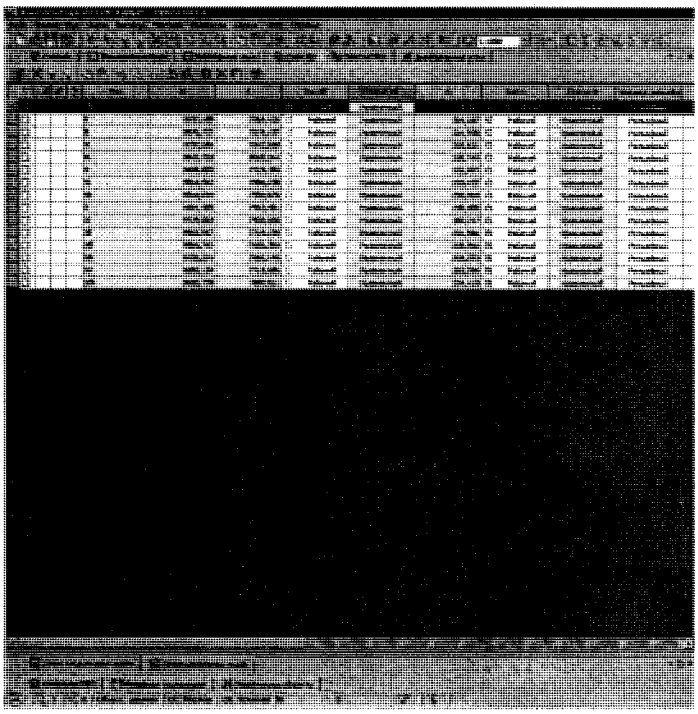


Рисунок 4

Вводим дирекционный угол исходной стороны VIII-VII, во вкладке «Дирекционные углы». Изменяем «Класс NE» на 1-й разряд.

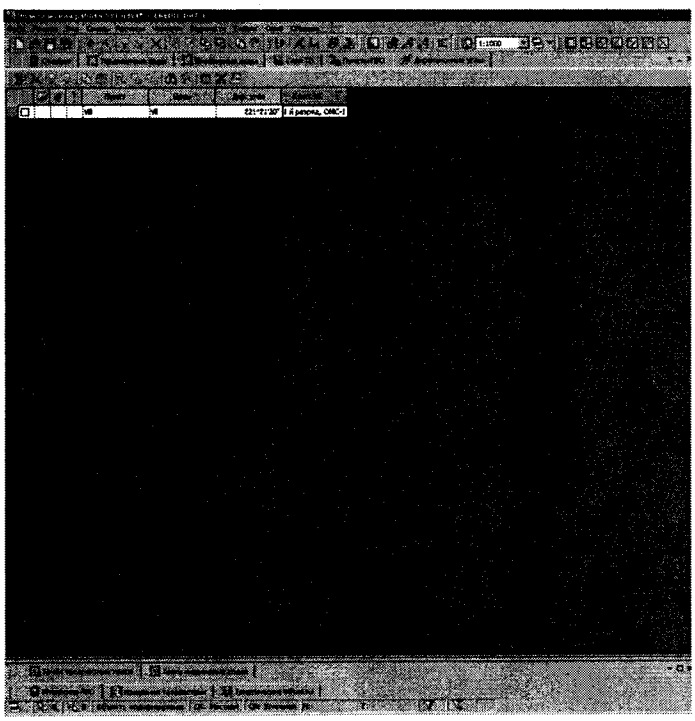


Рисунок 5

Создаем первый и второй теодолитные хода, изменяя «Класс NE» на 1-й разряд. Вводим номера пунктов, горизонтальные углы и расстояния между точками, во вкладке «Точки теодолитных ходов» в нижнем окне.

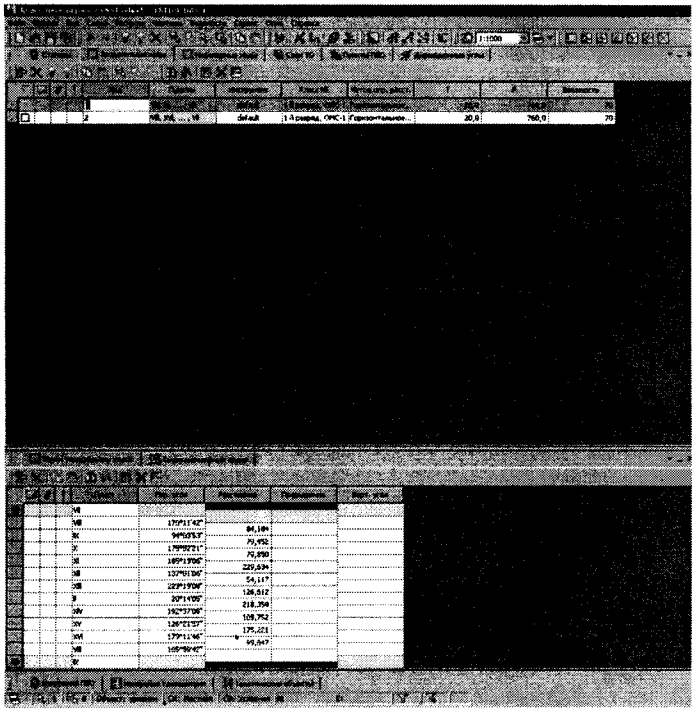


Рисунок 6

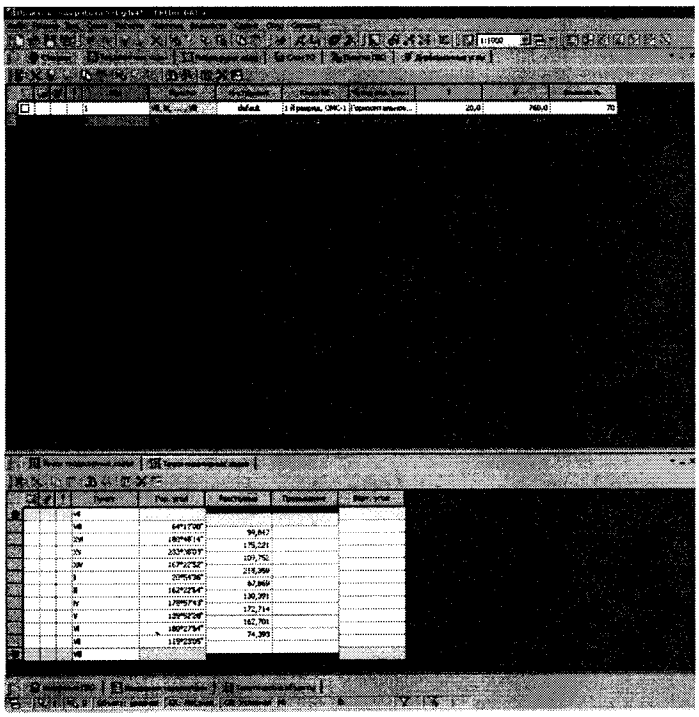


Рисунок 7

Создаем первый и второй нивелирные хода, изменяя «Класс Н» на IV-й класс. Вводим номера пунктов, превышения и расстояния между точками, во вкладке «Точки нивелирных ходов» в нижнем окне.

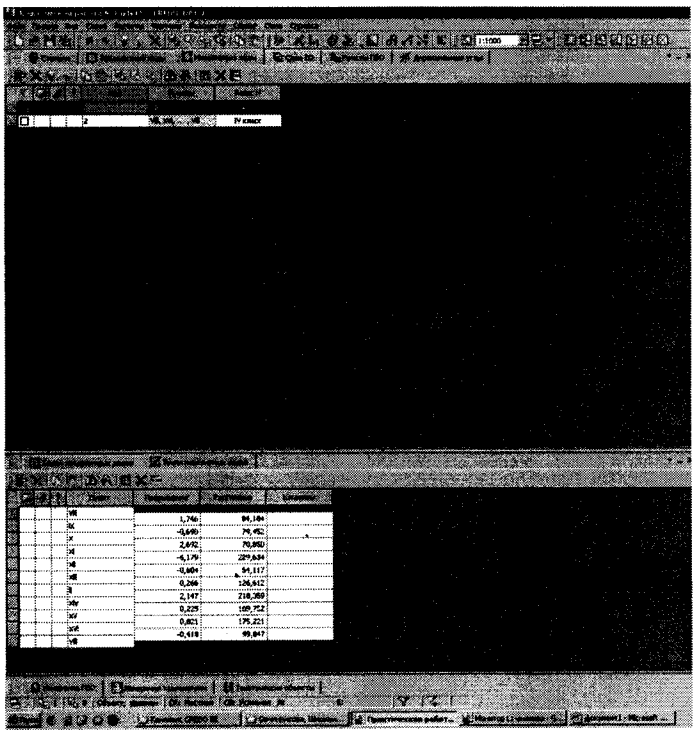


Рисунок 8

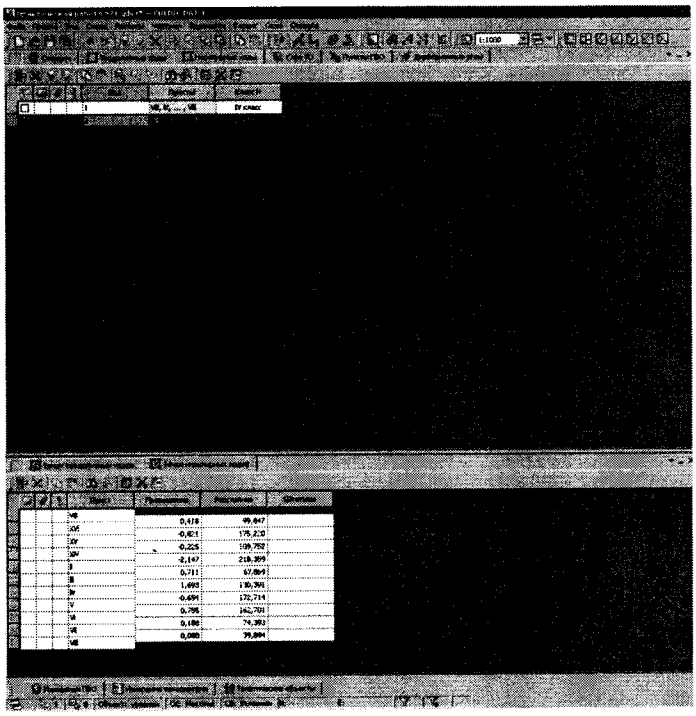


Рисунок 9

На панели инструментов во вкладке «Расчеты» выбираем пункт «Предобработка» - «Расчет».

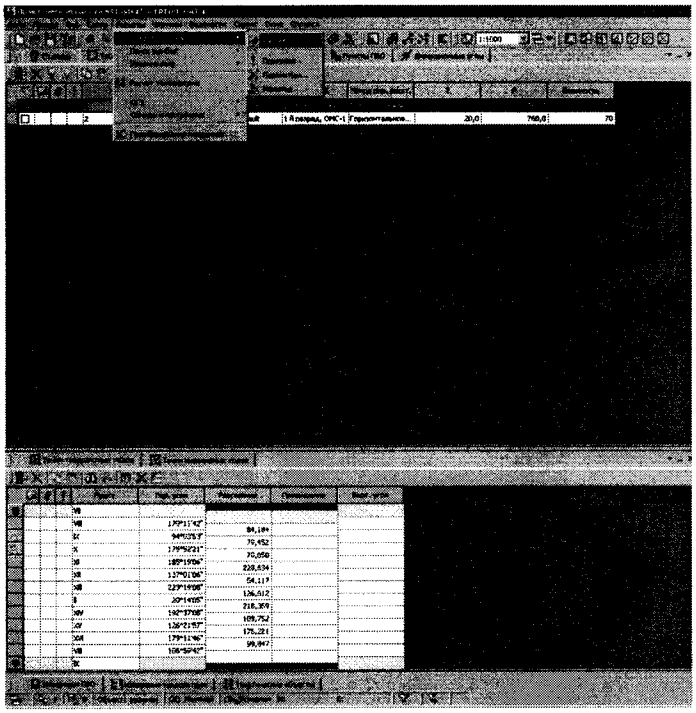


Рисунок 10

На панели инструментов во вкладке «Расчеты» выбираем пункт «Уравнивание» - «Расчет».

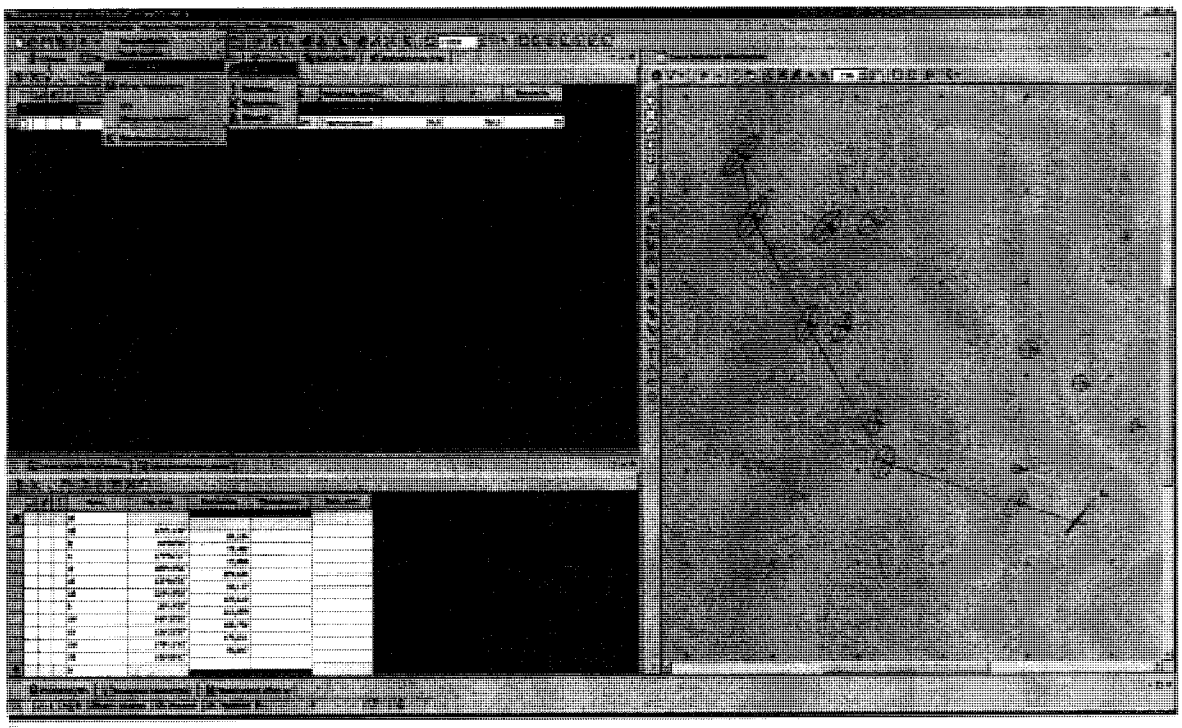


Рисунок 11

На панели инструментов во вкладке «Ведомости» выбираем пункт «Уравнивание» - «Ведомость оценки точности положения пунктов»

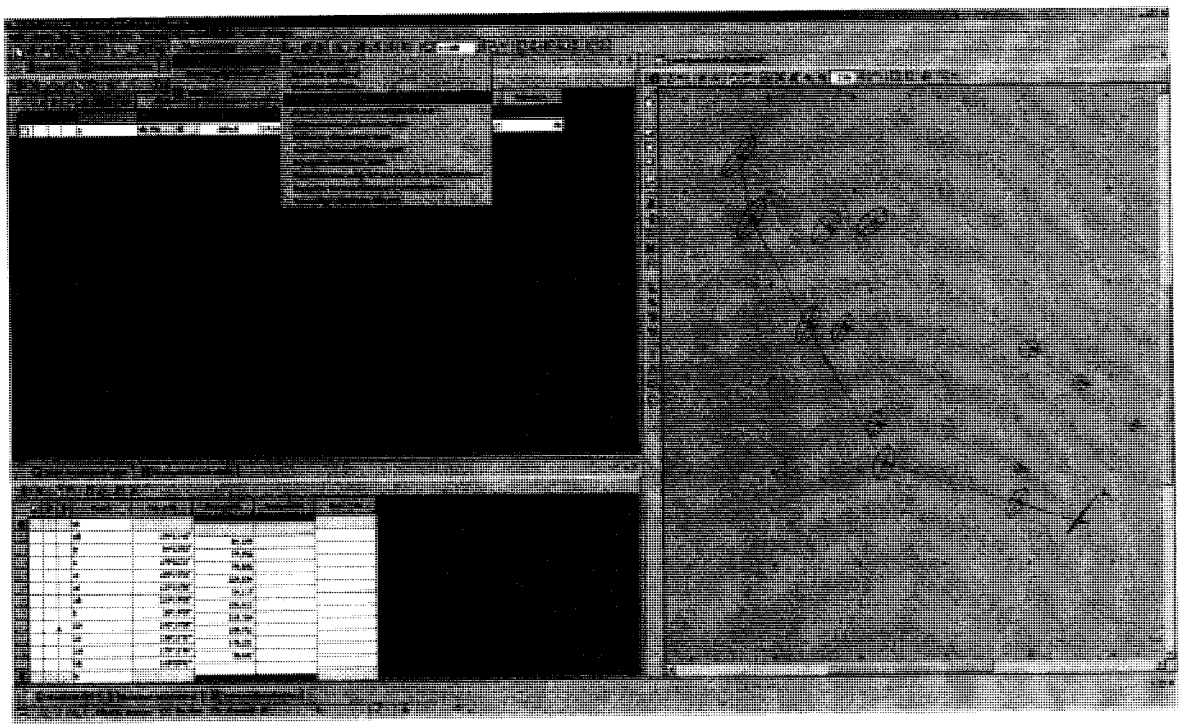
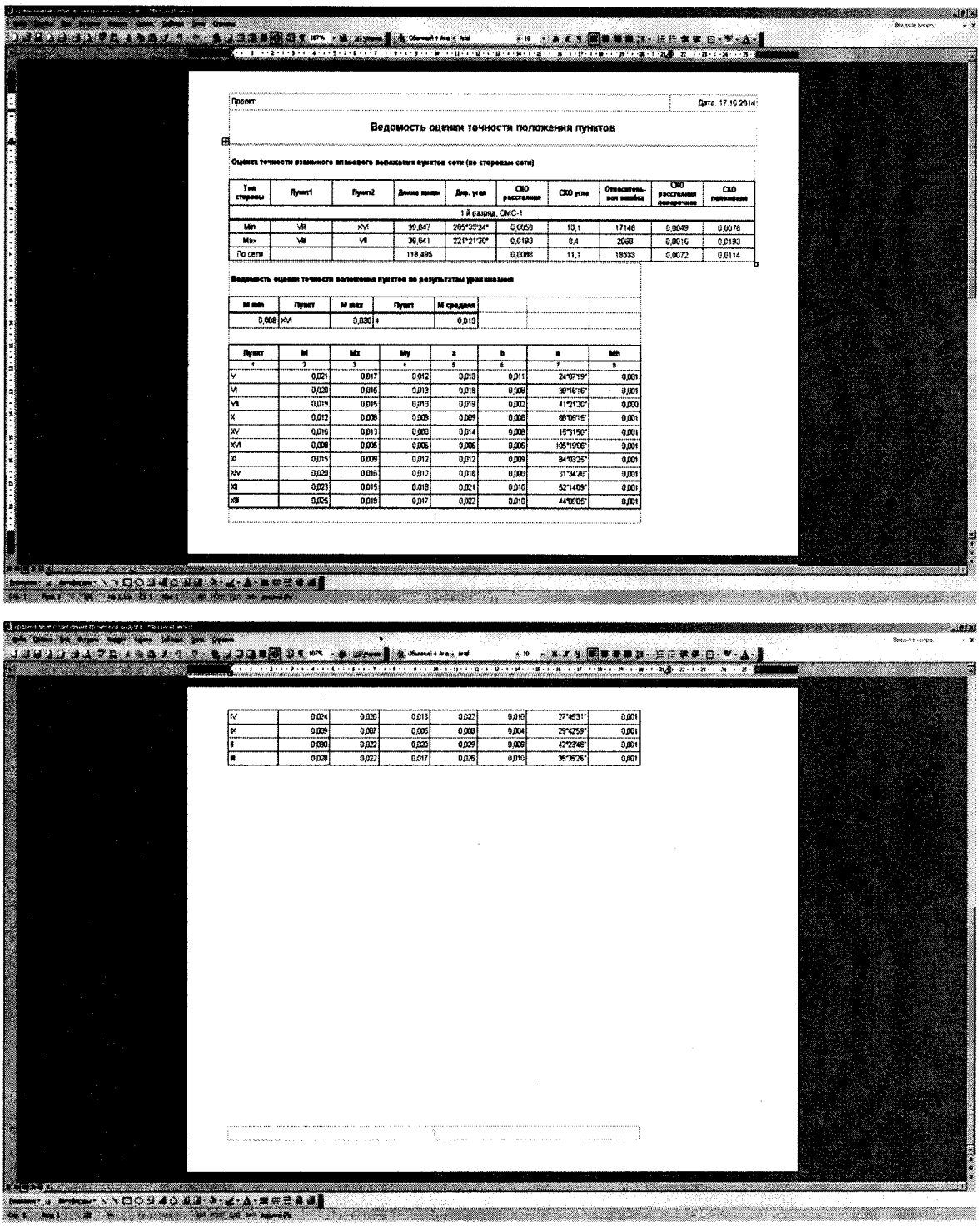


Рисунок 12

Ведомость открывается в новом окне.



Проект: Дата: 17.10.2014

Ведомость оценки точности положения пунктов

Оценка точности взаимного планового положения пунктов сети (по сторонам сети)

Тип стороны	Пункт1	Пункт2	Длина линии	Дир. угол	СКО расстояния	СКО угла	Относительная ошибка	СКО расстояния поперечная	СКО положения
1 й разряд, ОМС-1									
Min	VIII	XVI	39,847	265°35'24"	0,0056	10,1	17148	0,0049	0,0076
Max	VIII	VII	39,641	221°21'20"	0,0193	6,4	2068	0,0016	0,0193
По сети			118,495		0,0068	11,1	18533	0,0072	0,0114

Ведомость оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания

M min	Пункт	M max	Пункт	M средняя
0,008	XVI	0,030	II	0,019

Пункт	M	Mx	My	a	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
V	0,021	0,017	0,012	0,019	0,011	24°07'19"	0,001
VI	0,020	0,015	0,013	0,018	0,009	38°16'16"	0,001
VII	0,019	0,015	0,013	0,019	0,002	41°21'20"	0,000
X	0,012	0,008	0,009	0,009	0,008	88°08'15"	0,001
XV	0,016	0,013	0,009	0,014	0,008	15°31'50"	0,001
XVI	0,008	0,005	0,006	0,006	0,005	135°19'08"	0,001
XI	0,015	0,009	0,012	0,012	0,009	84°03'25"	0,001
XIV	0,020	0,016	0,012	0,018	0,008	31°34'20"	0,001
XII	0,023	0,015	0,018	0,021	0,010	52°14'09"	0,001
XIII	0,025	0,018	0,017	0,022	0,010	44°08'05"	0,001

IV	0,024	0,020	0,013	0,022	0,010	27°46'31"	0,001
IX	0,009	0,007	0,005	0,009	0,004	29°42'59"	0,001
II	0,030	0,022	0,020	0,029	0,009	42°23'48"	0,001
III	0,028	0,022	0,017	0,026	0,010	35°35'26"	0,001

Рисунок 13

Аналогичную работу при необходимости производим с другими ведомостями.

На панели инструментов во вкладке «Ведомости» выбираем пункт «Уравнивание» - «Ведомость оценки теодолитных ходов»

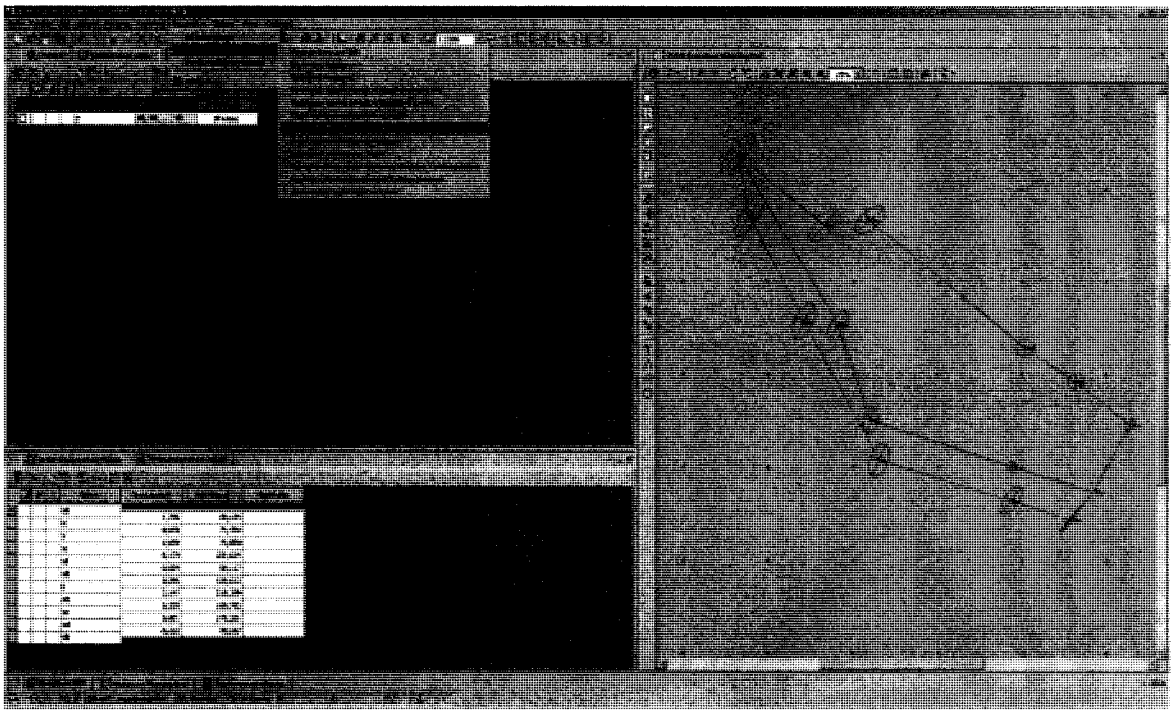


Рисунок 14

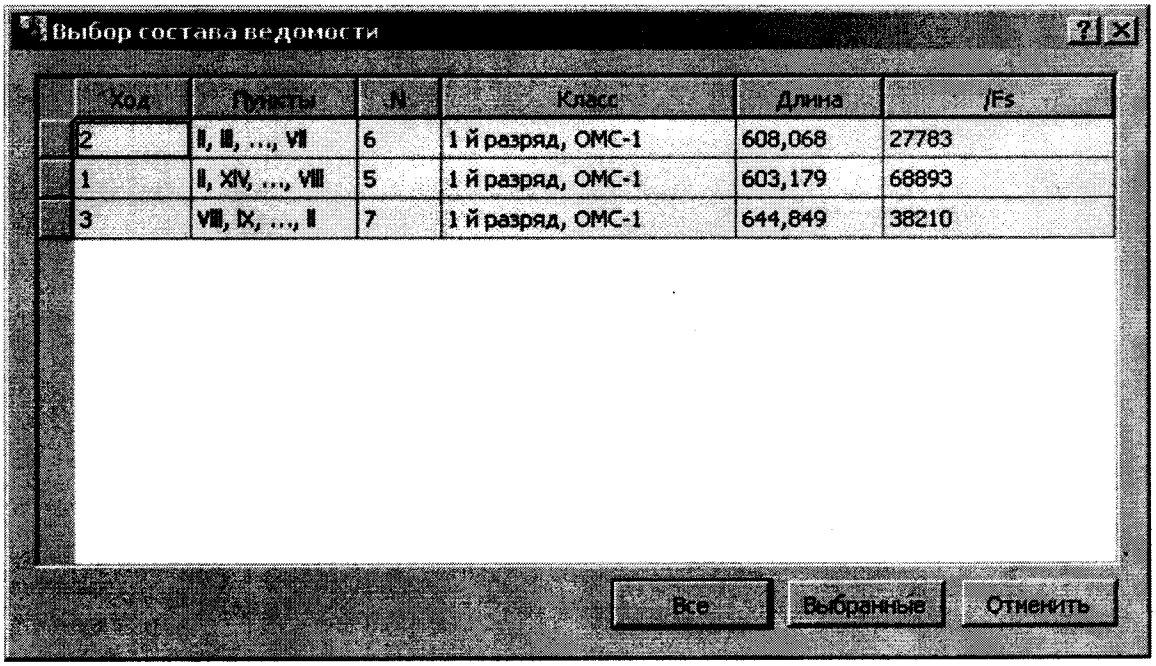
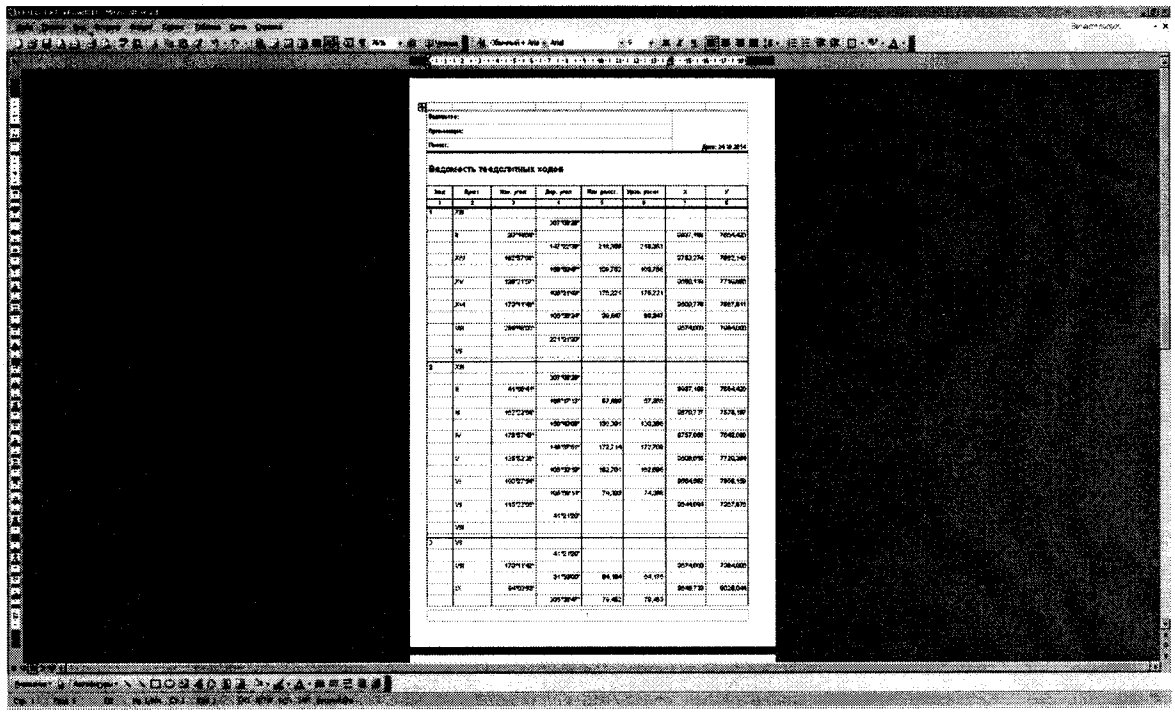


Рисунок 15

Ведомость открывается в новом окне.



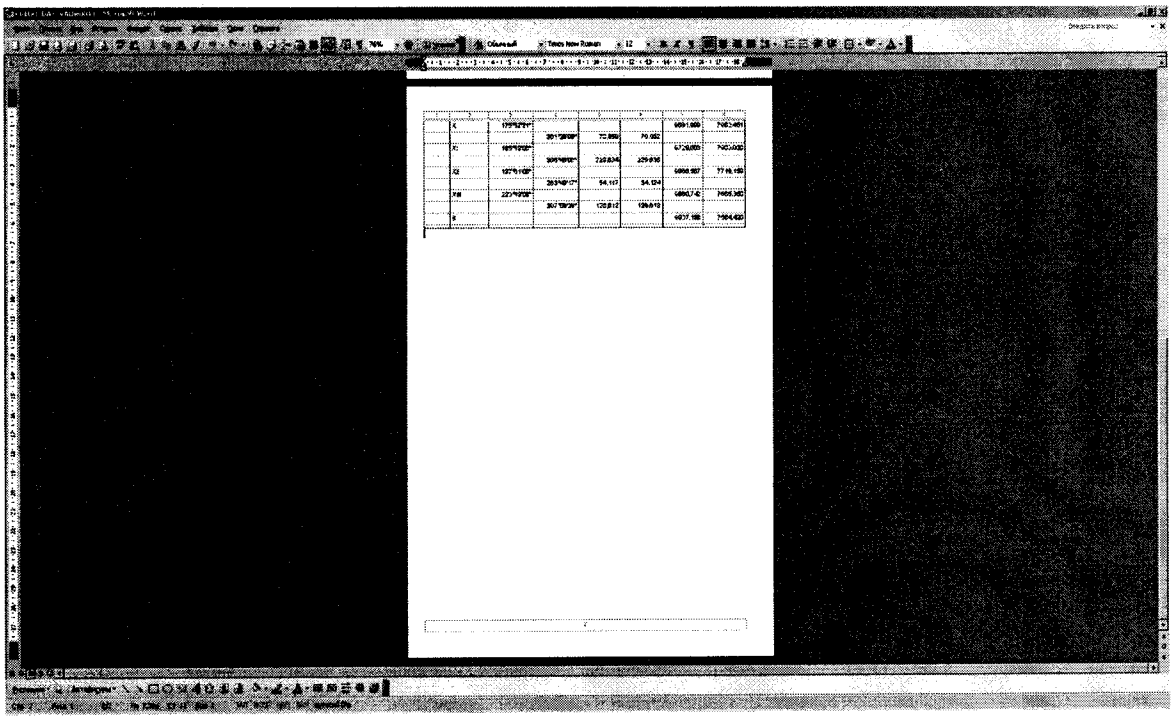


Рисунок 16

2. Работа с программой CREDO

2.1 Подготовка и использование бумажных картматериалов.

Далеко не всегда изыскания проводятся с применением только наземной съемки. При изысканиях на стадии ТЭО широко используются карты мелких масштабов, на застроенной территории зачастую имеются крупномасштабные топографические планы (планшеты). В таких ситуациях существующий картматериал сканируется и используется для создания ЦММ в качестве растровой подложки.

Для подготовки таких растров в CREDO используется программа **TRANSFORM.** С ее помощью карты и планы сканируются. Отсканированные фрагменты трансформируются в рабочую систему координат, причем локальные и общие деформации исходного материала частично или полностью устраняются. Фрагменты растра «сшиваются», «обрезаются» в нужной конфигурации и экспортируются в CREDO.

По растровым подложкам, в зависимости от задач изысканий, в заданной полосе или на заданной площади ведется дигитализация (оцифровка) растра, то есть создается ЦММ нужного содержания.

Участки местности, на которых не стоится ЦММ, но необходимые заказчику для обзора прилегающей к участку территории, остаются в растровом виде.

Результаты инженерно-геодезических изысканий представляются в следующих видах:

- Собственно, **ЦММ в форматах CREDO,** позволяющая проектировщикам, работающим в CREDO, немедленно приступать к проектированию, минуя трудоемкие стадии конвертации, дигитализации.
- **Чертежи** – традиционные, оформленные по ГОСТ листы топографических планов на бумажном носителе.

• **Планшеты,** оформленные в принятой разграфке с соответствующим зарамочным оформлением.

• Файлы в форматах **ГИС MapInfo (MIF/MID),** позволяющие данные изысканий вносить в действующую на территории города или предприятия базу.

• Файлы в **формате DXF,** обеспечивающие передачу данных в САПР. CREDO экспортирует ЦММ в выбранном фрагменте или нескольких фрагментах в двух видах: 2D – «плоская» модель, оформленная в виде чертежа (в форматах ГОСТ) или 3D – трехмерная модель в реальных координатах.

• Файлы с **данными трасс –** продольного, поперечного профилей и пересечек в текстовом или бинарном формате для систем проектирования дорог и трубопроводов (СЕТИ, CAD_CREDO, DROGA и других).

2.2. Работа с программой TRANSFORM.

В качестве исходных данных для работы в программе CREDO мы используем планшет, отсканированный программой TRANSFORM.

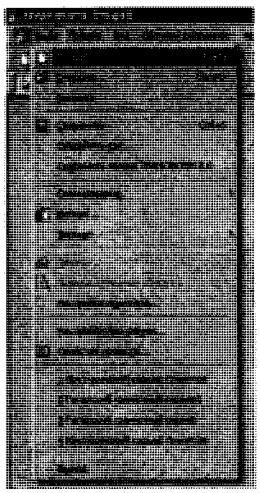


Рисунок 17

Открываем программу ТРАНСФОРМ, создаем новый проект, импортируем предварительно отсканированные и сохраненные файлы в формате PDF.

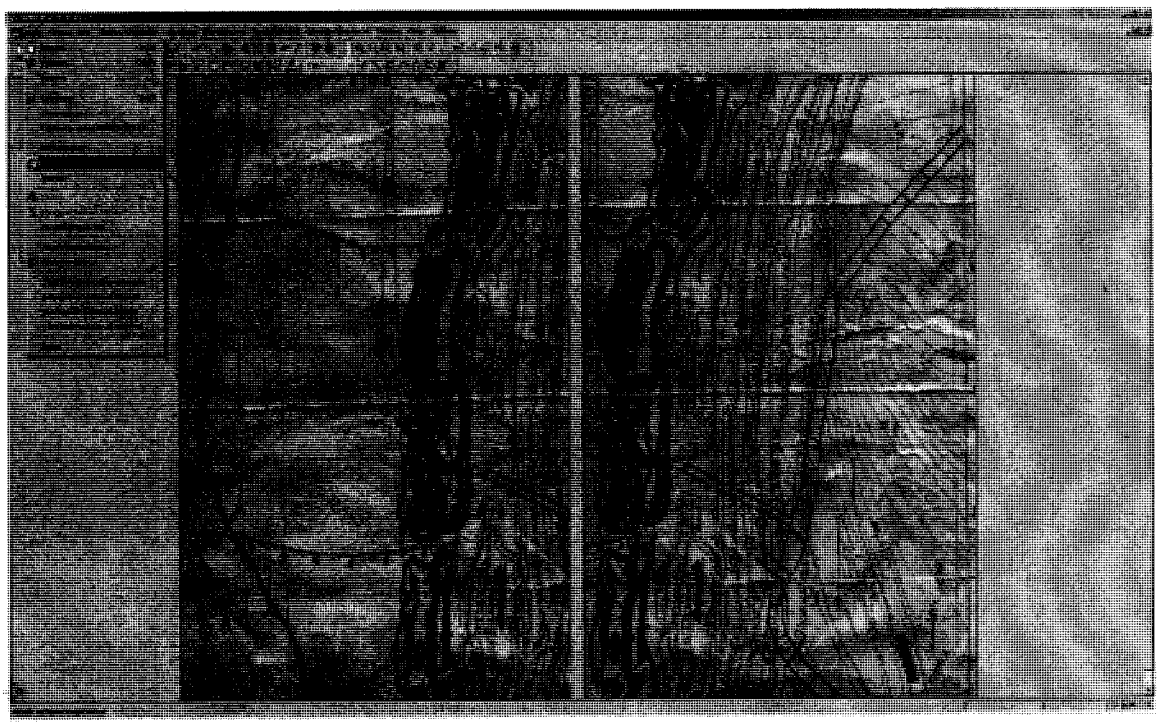


Рисунок 18

Для того чтобы трансформировать отсканированные файлы, с помощью инструмента «опорные точки по сетке» присваиваем координаты с планшета на изображения. Это позволяет соединить два отсканированных изображения в одно и убрать искажения, которые были допущены при сканировании.

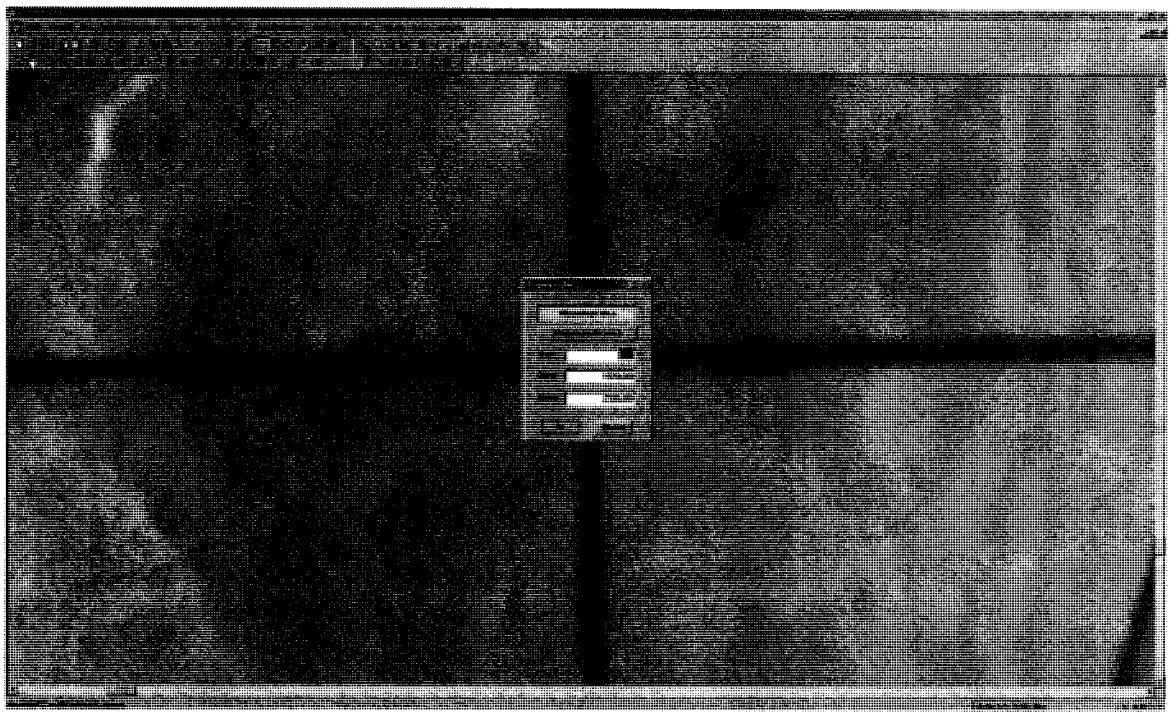


Рисунок 19

Координаты наносятся на оба изображения с перекрытиями.



Рисунок 20

Трансформировали изображение. После трансформации, возможно, на линии соединения изображения будет сдвиг. Для исправления, необходимо задать относительные точки, выбирая характерные точки изображения в полосе перекрытия, с одинаковыми именами. После чего изображение заново трансформируется.

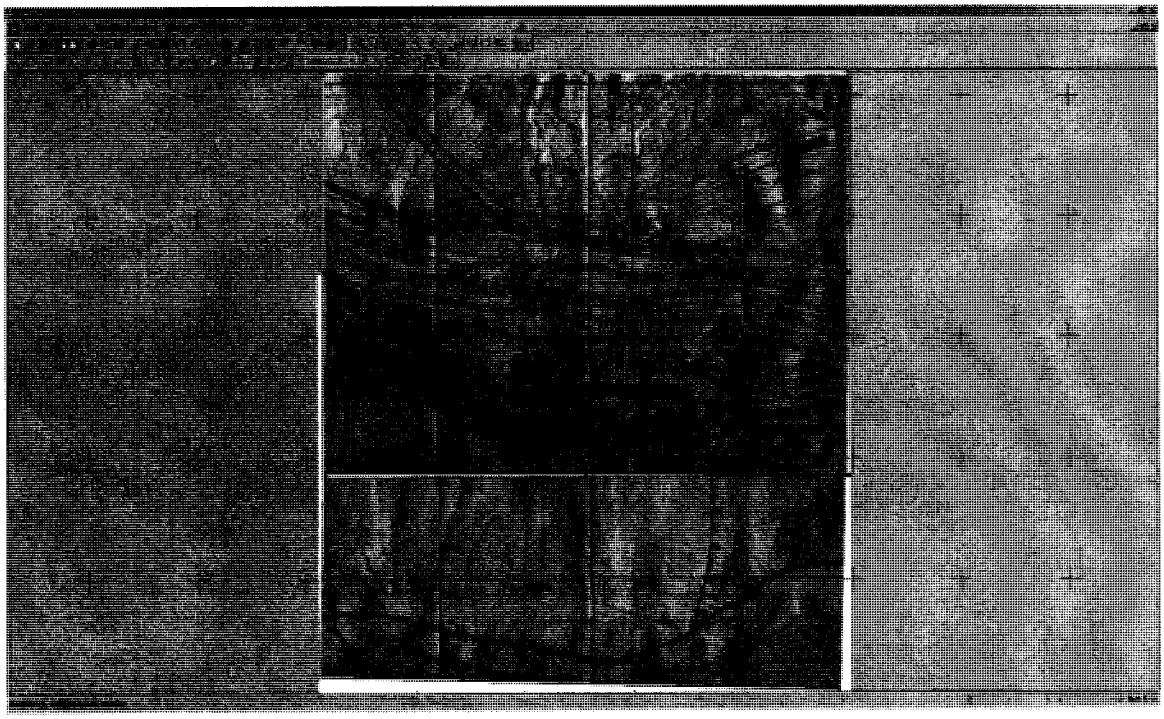


Рисунок 21

Чтобы убрать просветы в трансформированном изображении, а также избавиться от полосы перекрытия, применяем команду «Создать контур видимости». Выделяем области, которые нам необходимо соединить.

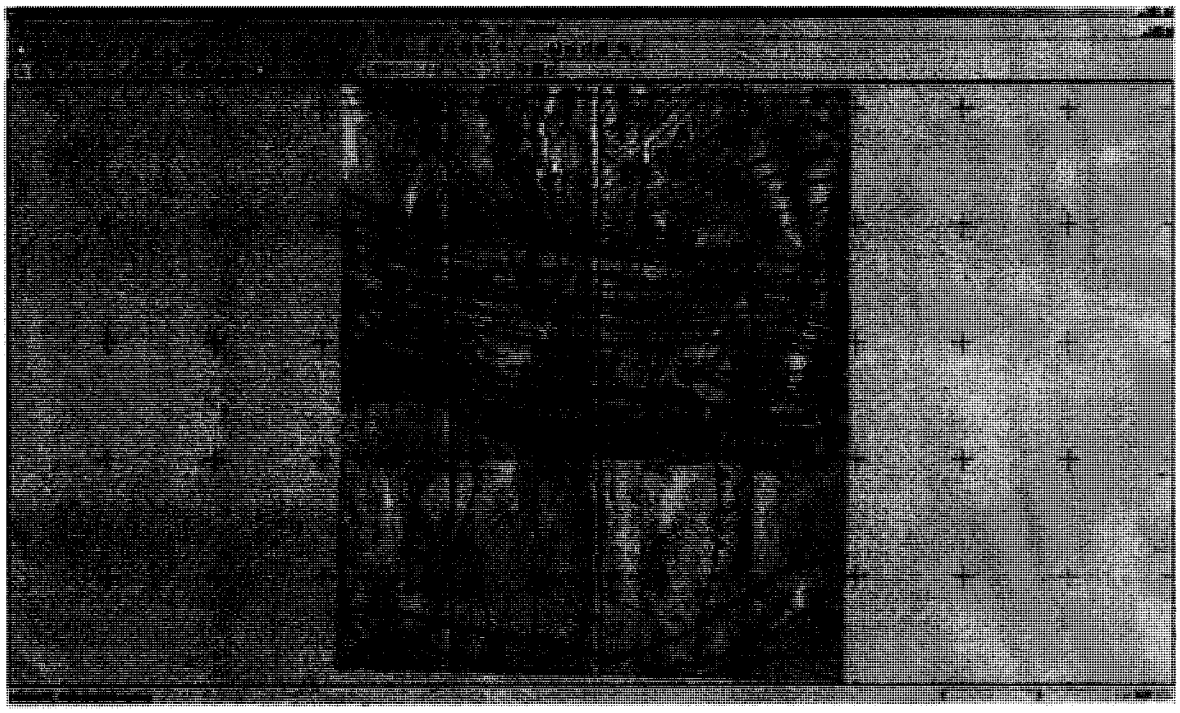


Рисунок 22

Так выглядит изображение после нанесения контура видимости.

2.3. Работа с программой CREDO ГЕНПЛАН.

В программе Credo ГЕНПЛАН создаём новый проект. В меню «Данные» выбираем «Растровые подложки», затем в появившемся окне выбираем «Импортировать».

В появившемся окне указываем способ импорта «Из файла», затем выбираем папку, из которой необходимо импортировать транспонированный объект. После импортирования закрываем окно «Управление растровыми подложками» и находим растр путём нажатия кнопки «Показать всё» на панели инструментов, в результате чего изображение встанет по центру экрана.

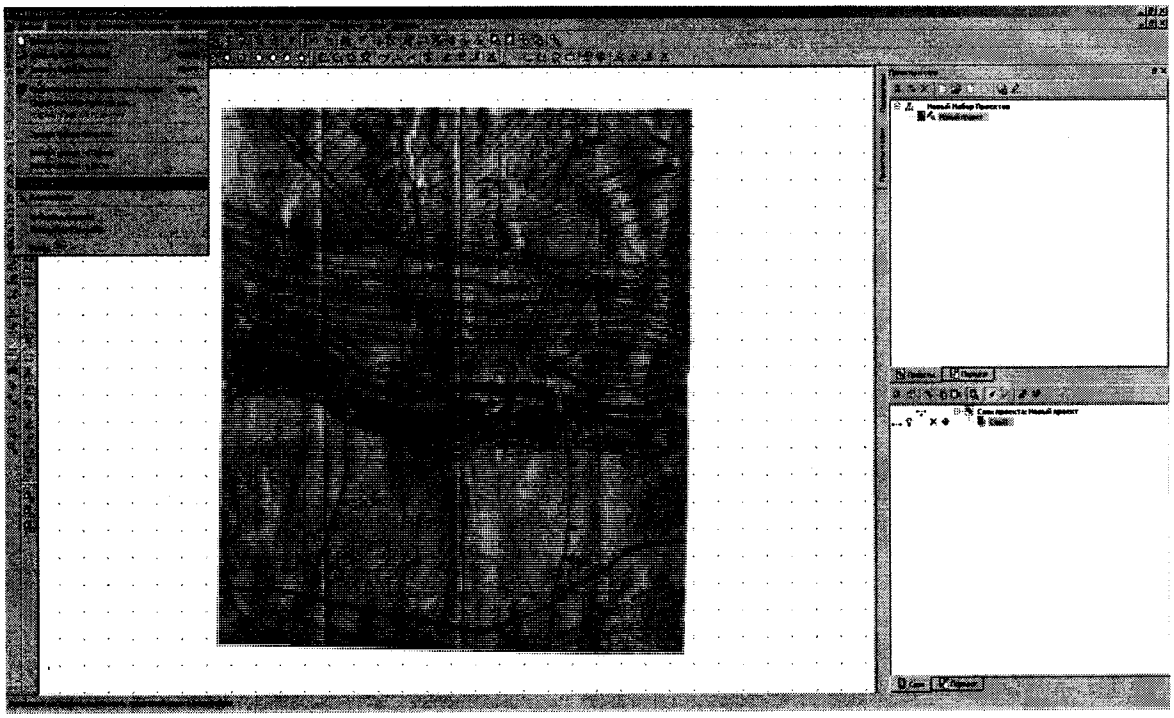


Рисунок 23

Для правильного отображения размеров на чертеже в меню «Установки» выбираем «Свойства набора проекта», затем в «Карточке набора проектов» в поле «Масштаб» меняем масштаб на 1:2000 в соответствии с масштабом отсканированного планшета. Также меняем остальные поля, если это необходимо. Растр встает по координатам сетки.

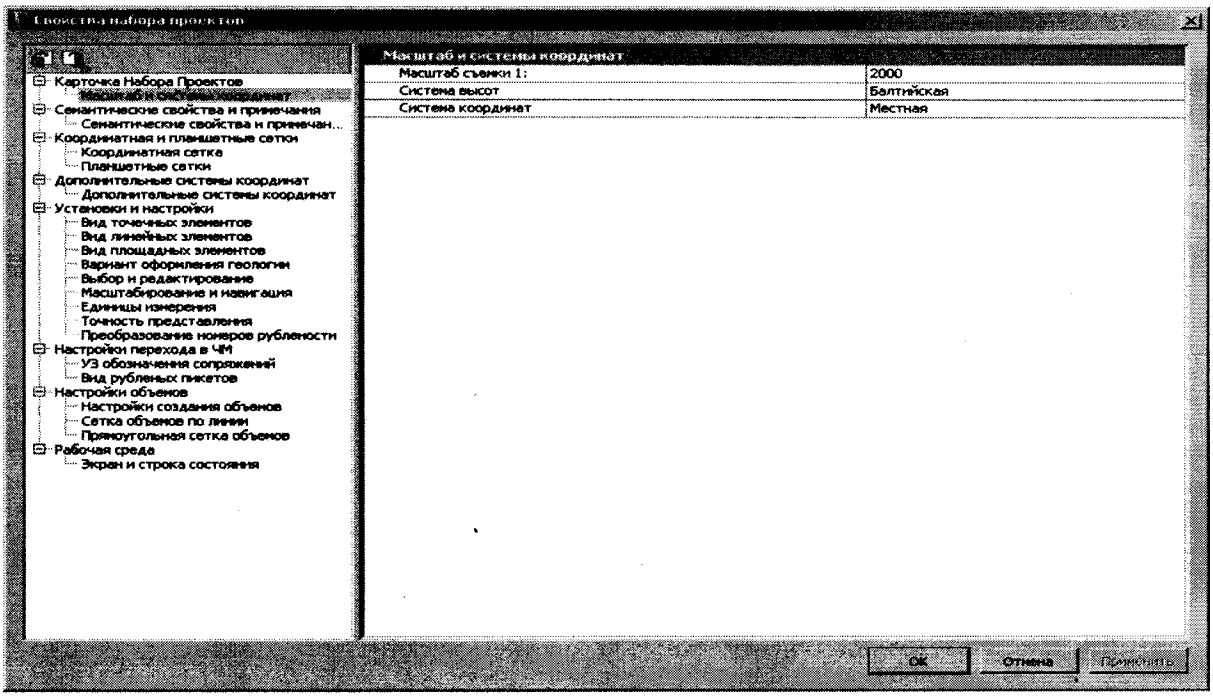


Рисунок 24

Переименовываем слой, в котором будет храниться растр в «Растр» и больше в этом слое не работаем, для того, чтобы не перегружать систему. С помощью организатора слоев создаем новый слой на том же уровне и называем его «Точки», устанавливаем его активным и сохраняем набор проектов.

Увеличиваем квадрат, который необходимо оцифровать, немного выходя за границы квадрата сетки и отмечаем характерные высотные точки, назначаем их высоту. Создаем еще два слоя: «Горизонтали» и «Бровки». Инструментом «Сплайн по точкам» в первом слое отрисовываем горизонтали с «постоянной высотой», задаем высоту в специальном поле. В слое «Бровки» этим же инструментом проводим верхние и нижние бровки уступа, привязываясь к характерным точкам. Меняем «С постоянной высотой» на «Сплайн-интерполяцию».

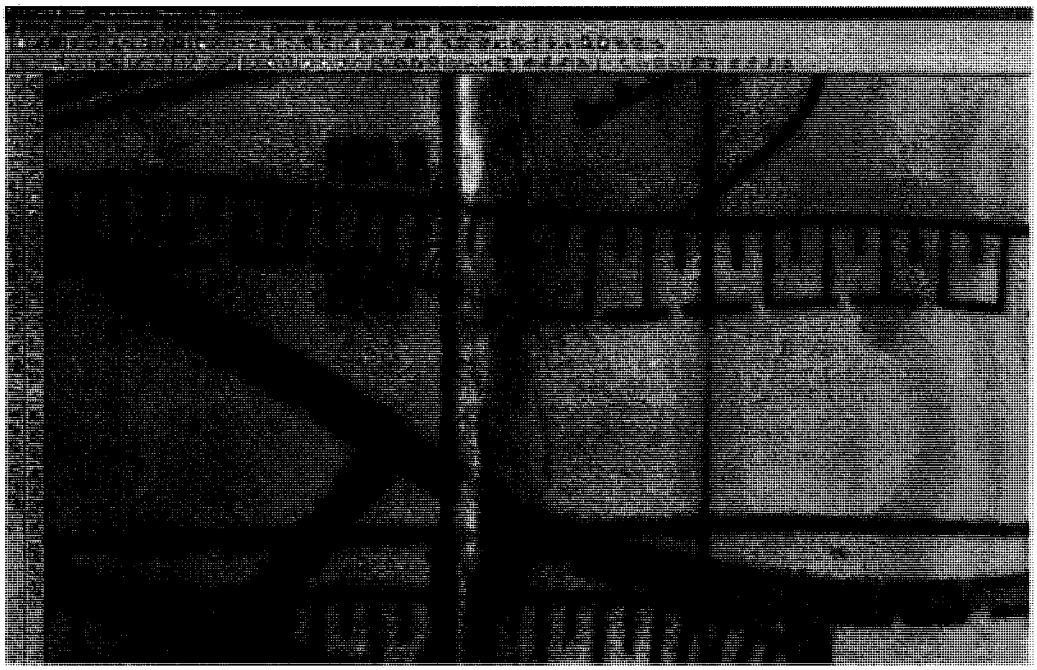


Рисунок 25

По отрисованным горизонталям и бровкам строим разрез.

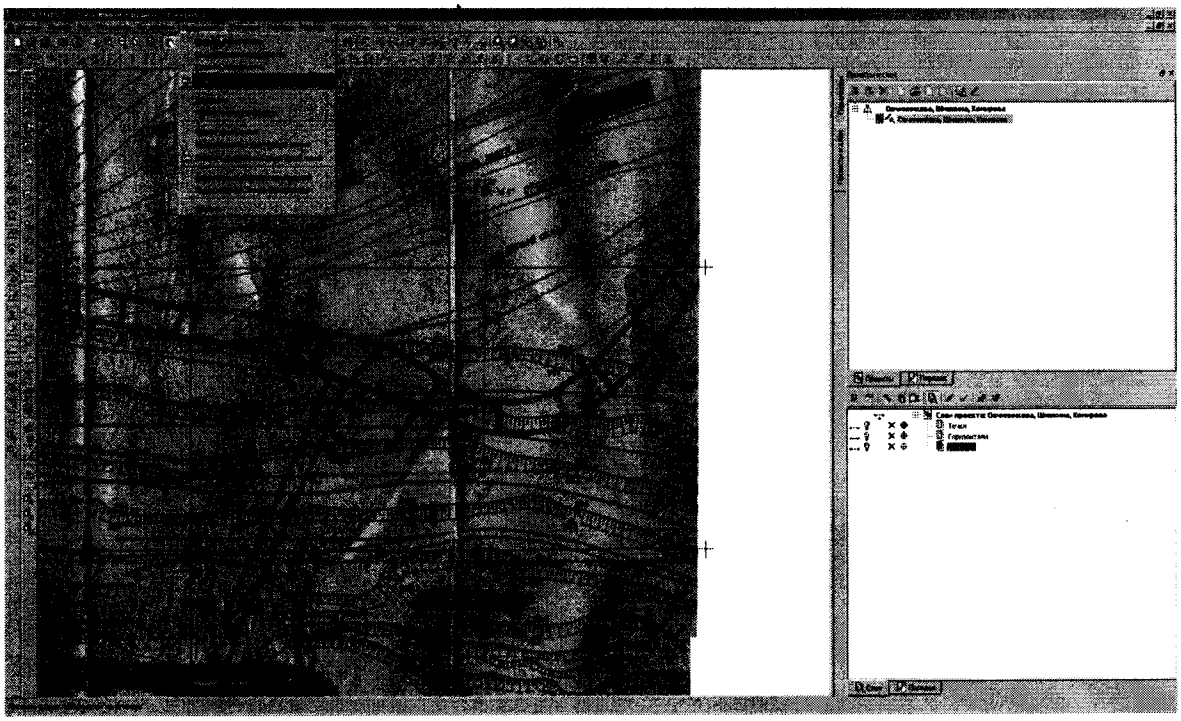


Рисунок 26

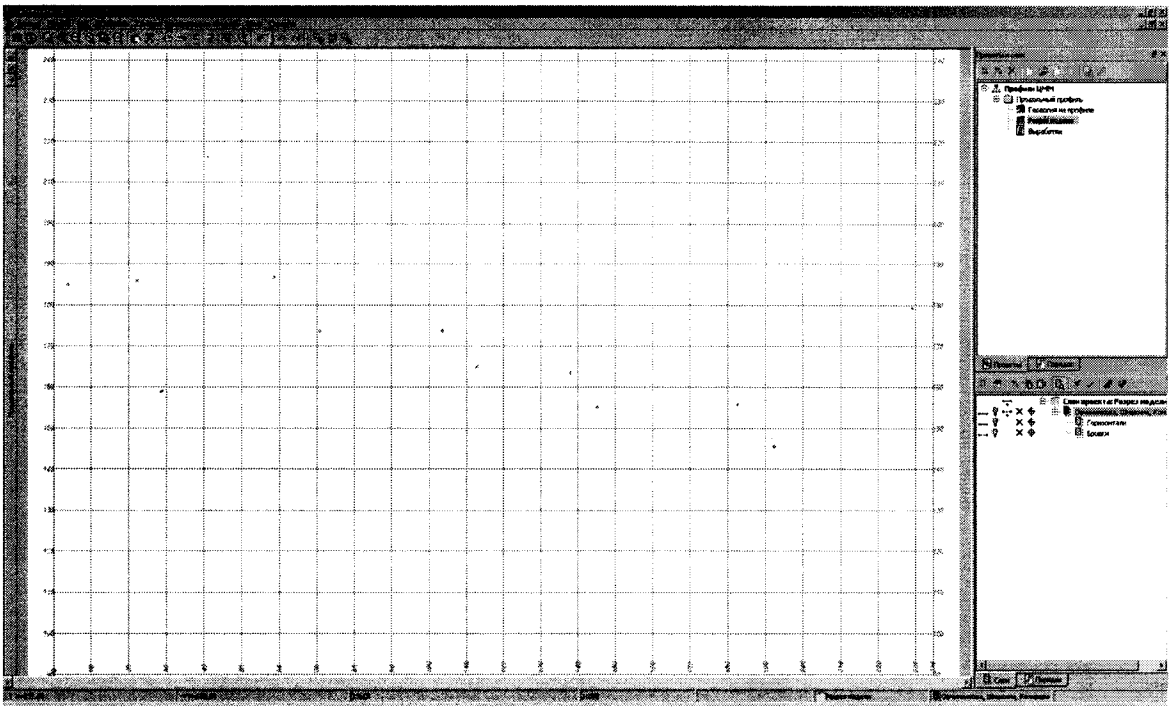


Рисунок 27

Создаем базовую поверхность с помощью инструмента «Поверхность» - «Создать поверхность» - «Создать в слое». Выбираем «Стиль поверхности» - горизонтали проектные.

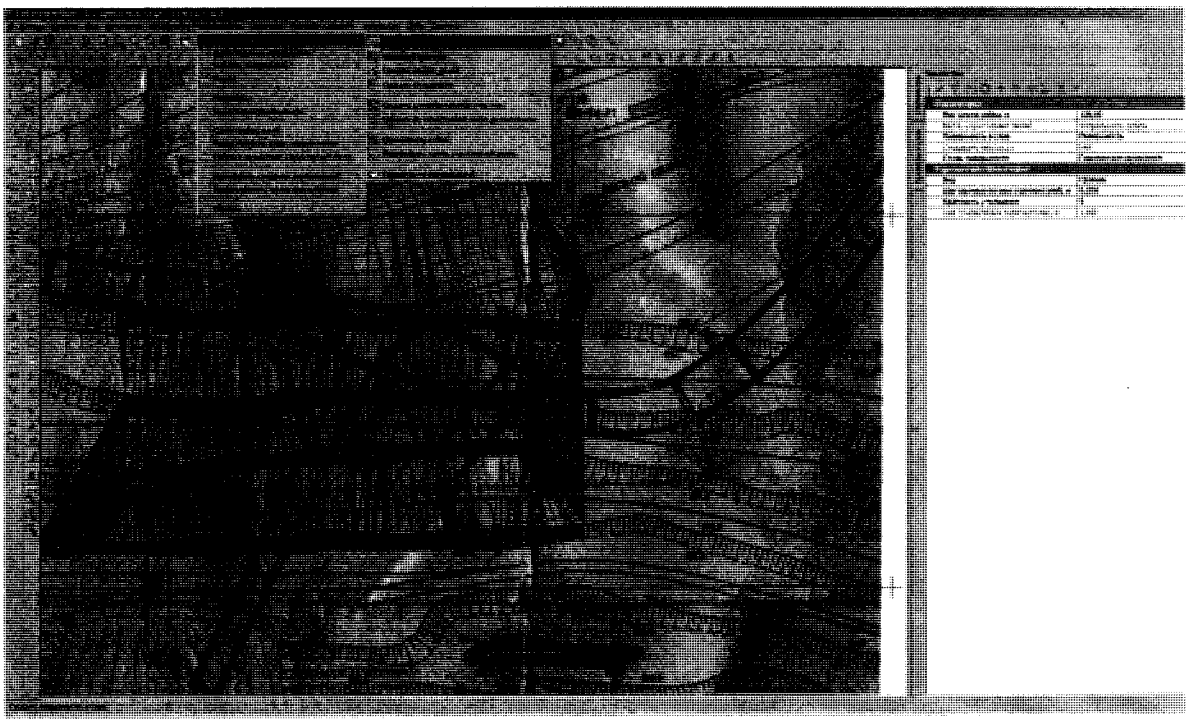


Рисунок 28

Заново строим разрез.

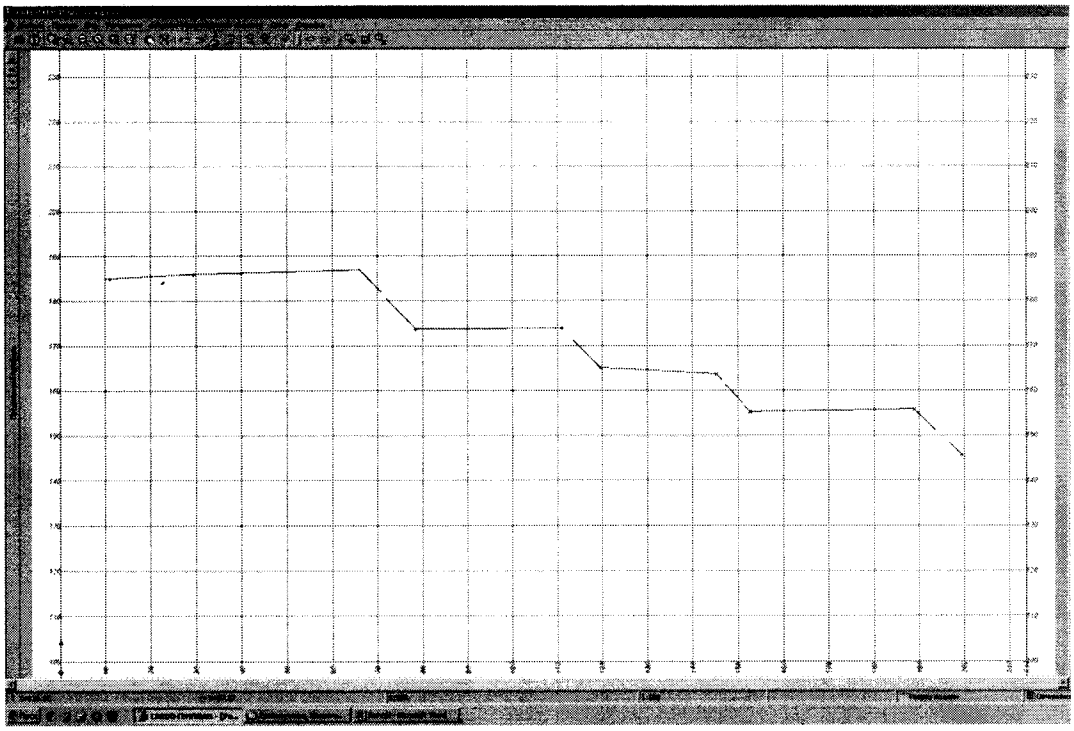


Рисунок 29

Для подсчета объемов необходимо изменить положение уступа, для этого воспользуемся новыми координатами положения уступа.

Создаем новый узел в проекте на том же уровне, «Новый проект» и импортируем в него координаты точек по варианту в формате txt. Переносим координаты в проект предварительно назначив номера точек и координаты XYZ.

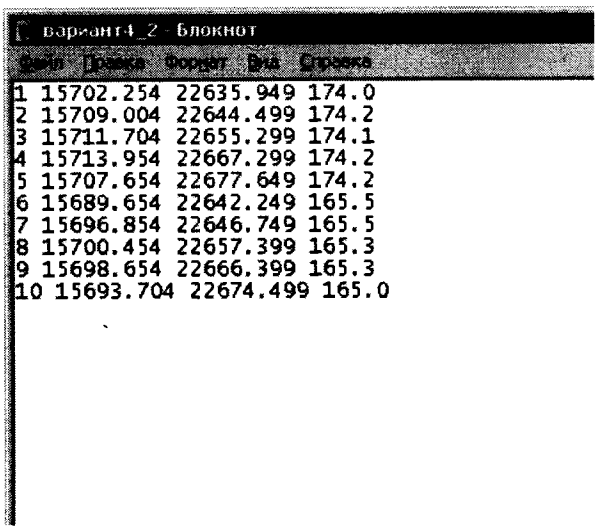


Рисунок 30

Далее открываем «Менеджер слоев» (в котором находится «Слой 1», его переименовываем в слой «Точки»). Создаем в этом проекте слой «Бровки» и копируем в него «Бровки» из предыдущего проекта и «Точки» из этого же. При копировании пользуемся инструментом «Врезать в слой». Сохраняем набор проектов.

Редактируем бровки уступов, для начала разрезаем структурную линию, удаляем лишний отрезок. Снова воспользовавшись инструментом «Сплайн по точкам» продолжаем бровку, привязываясь уже к новым точкам.

Снова строим поверхность, но «стиль поверхности» меняем на «без отображения». Затем копируем полученную поверхность в новый слой базового проекта. Считаем объем «между слоями».

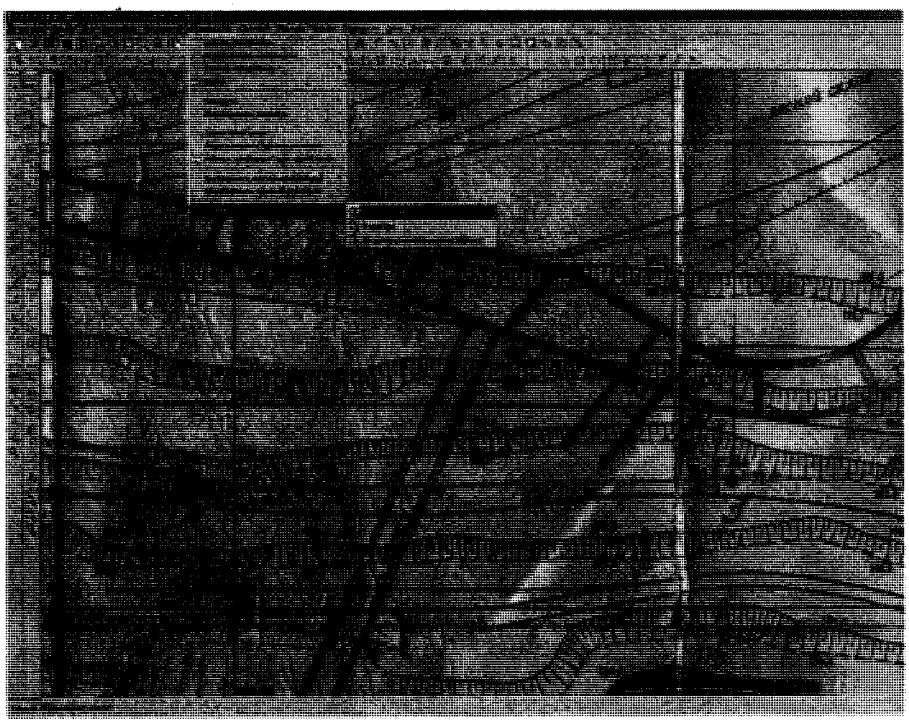


Рисунок 31

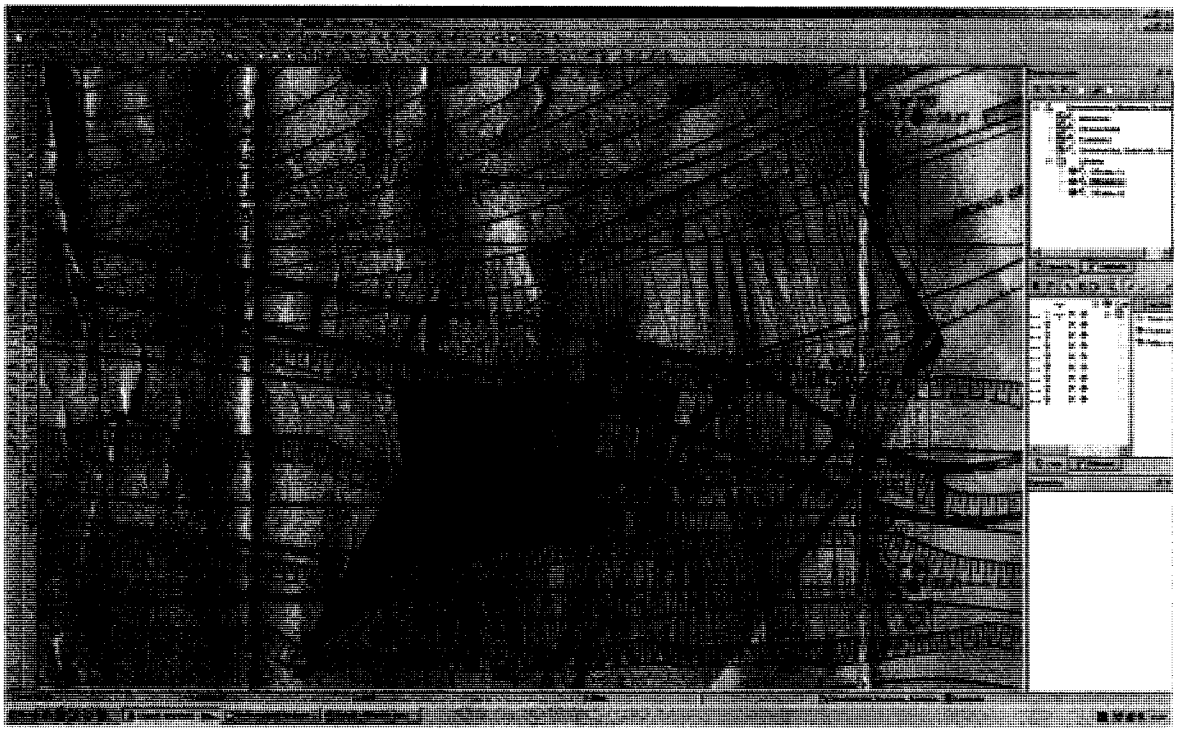


Рисунок 32

Строим разрез по вертикальной линии. На чертеже отчетливо видны положительные и отрицательные объемы.

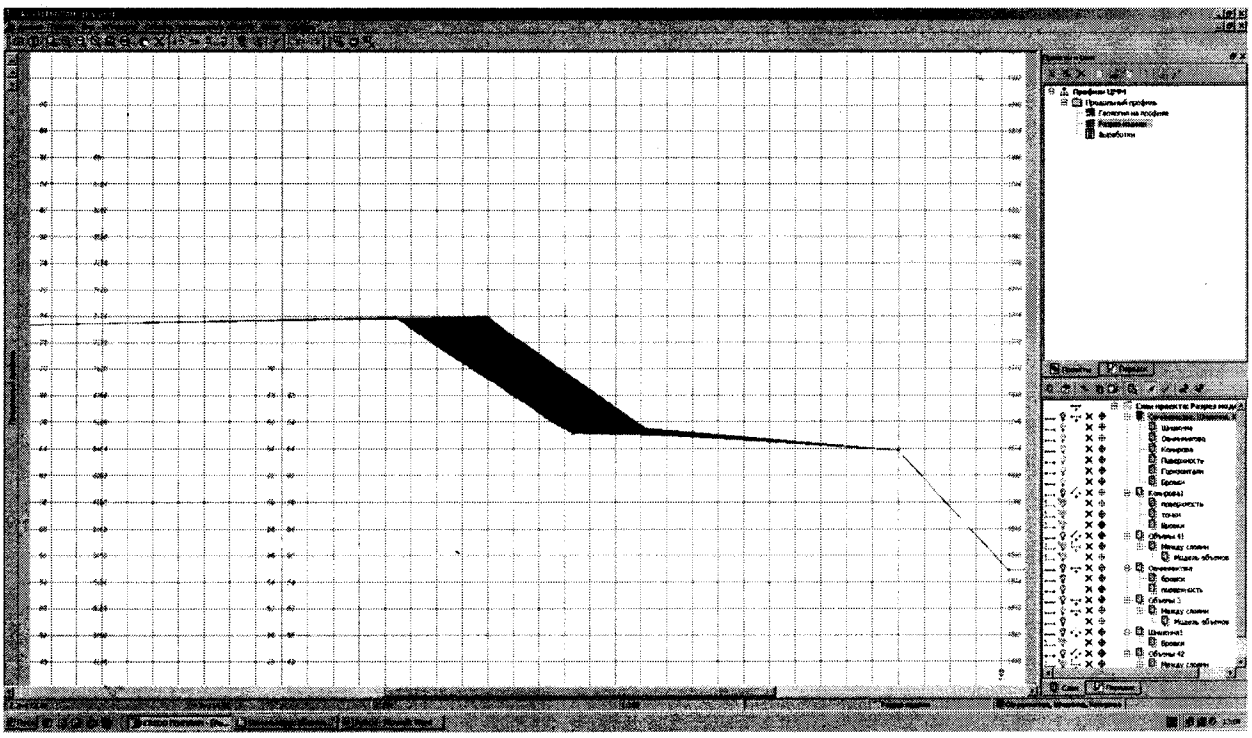


Рисунок 33

Откосы строим по уже существующим структурным линиям «Ситуация – откосы - создать». Выделяем первую точку и последнюю.

Для исправления направления бергштрихов необходимо зайти «Ситуация – Откосы - Исправить»

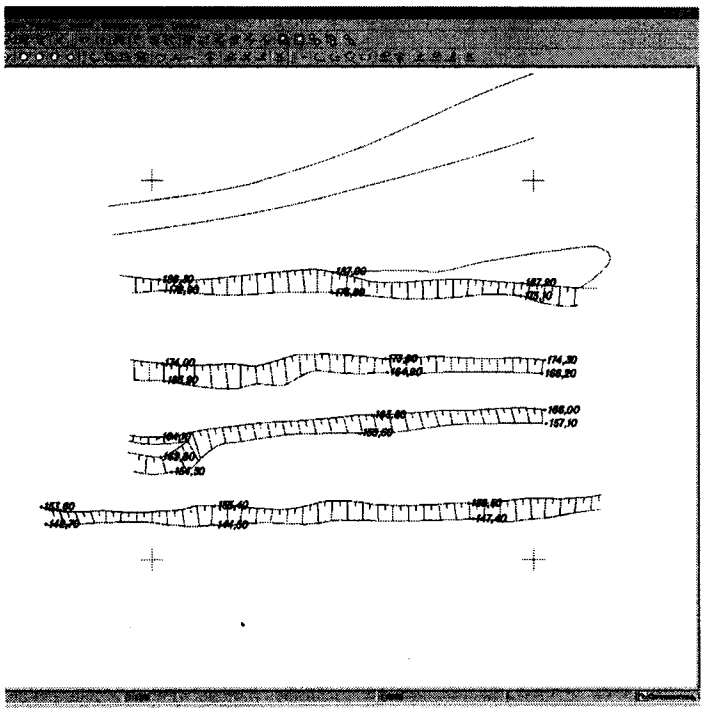


Рисунок 34

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

В.Л. Клепко

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие

К практическим занятиям
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....3
Лабораторная работа № 1.....4-9
Лабораторная работа № 2.....10-42
Лабораторная работа № 3.....43-70
Лабораторная работа № 4.....71-79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....81

ВВЕДЕНИЕ

Одним из разделов дисциплины «Высшая геодезия» является «Основные геодезические работы». Успешному освоению теоретических положений этого раздела должно способствовать выполнение лабораторных работ.

Все лабораторные работы выполняются в одной ученической тетради. Все записи должны вестись ручкой аккуратно, запрещается исправлять вычисления путем написания "цифры по цифре". Разрешается оформление выполненной работы с помощью компьютера, но все листы должны быть пронумерованы и сброшюрованы в папке.

Прежде чем приступить к выполнению любой лабораторной работы, необходимо ознакомиться с последовательностью всех действий на предлагаемом примере.

Лабораторная работа № 1

Обработка результатов измерений горизонтальных направлений

Горизонтальные направления в сети триангуляции 1-го разряда измерены теодолитом Т2 способом круговых приемов. Число приемов – VI. Результаты измерений записаны в журнале (табл. 1) в столбцах 3,4,5.

Журнал, в котором записаны измерения трех приемов, выдается каждому студенту. Необходимо вычислить в журнале значения направлений (табл. 2) и произвести вывод средних направлений на пункте из шести приемов (табл. 3). Значения средних направлений в IV, V и VI приемах выдаются преподавателем.

Таблица 1

Журнал измерений горизонтальных направлений способом круговых приемов

Пункт Барвинка **Прием** I

Дата 9.07.2007 г. **Т** +18° **Погода** облачная **Ветер** слабый

Время 16 ч. 35м. **Видимость** удовлетворительная **Изображения** четкие

Название направления	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчеты по микрометру a_1	a_2	$\frac{a_1+a_2}{2}$	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направлений
1	2	3	4	5	6	7	8
Ольгино	Л	0° 00'	03,1"	03,2"			
	П	180 00	06,4	06,5			
Кашино	Л	60 17	25,3	25,3			
	П	240 17	31,5	31,1			
Роща	Л	111 15	08,6	07,8			
	П	291 15	58,1	57,6			
Ольгино	Л	0 00	07,7	08,2			
	П	180 00	11,0	11,1			

Незамыкание: $\Delta_л =$ $\Delta_п =$ $\Delta_{ср} =$

Образец вычислений значений измеренных направлений в приеме I, приведенных в табл.1, показан в табл.2.

Таблица 2

Журнал измерений горизонтальных направлений способом круговых приемов

Пункт Барвинка **Прием** I

Дата 9.07.2007 г. **Т** +18° **Погода** облачная **Ветер** слабый

Время 16 ч. 35м. **Видимость** удовлетворительная **Изображения** четкие

Название направления		Отсчет по штрихам лимба	Отсчеты по микрометру a_1	a_2	$\frac{a_1+a_2}{2}$	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направлений
1	2	3	4	5	6	7	8
Ольгино	Л	0° 00'	03,1"	03,2"	**03,2"**		
	П	180 00	06,4	06,5	**06,4**	04,8"	0° 00' 00,0"
Кашино	Л	60 17	25,3	25,3	25,3	– 1,6	
	П	240 17	31,5	31,1	31,3	28,3	60 17 21,9
Роща	Л	111 15	08,6	07,8	08,2	– 3,1	
	П	291 14	58,1	57,6	57,8	03,0	111 14 55,1
Ольгино	Л	0 00	07,7	08,2	**08,0**	– 4,7	
	П	180 00	11,0	11,1	**11.0**	09,5	

Незамыкание: $\Delta_Л = +4{,}8$; $\Delta_П = +4{,}6$; $\Delta_{ср} = +4{,}7$

В столбе 6 по каждому направлению выводят средние значения отсчетов по микрометру при КЛ и КП.

Вычисляют расхождения между результатами наблюдений на начальное направление в начале и в конце полуприема (незамыкание) $\Delta_Л$ и $\Delta_П$. Например, на пункт Ольгино в конце полуприема среднее из отсчетов равно 8,0", а в начале полуприема – соответственно 3,2". Следовательно,

$$\Delta_Л = 8{,}0'' - 3{,}2'' = +4{,}8'', \text{ аналогично } \Delta_П = 11{,}0'' - 6{,}4'' = +4{,}6''.$$

Значения $\Delta_Л$ и $\Delta_П$ не должны превышать 8". Вычисляют среднее значение: $\Delta_{ср} = \frac{\Delta_Л + \Delta_П}{2} = +4{,}7''$.

В столбце 7 вычисляют среднее значение каждого направления, причем разность средних значений начального направления, вычисленные дважды – в начале и в конце приема, должна равняться среднему значению незамыкания горизонта $\Delta_{ср}$.

Величину $\Delta_{ср}$ распределяют в средние значения направлений путем введения поправки с обратным знаком:

$$\delta_k = \frac{-\Delta_{ср}}{n}(k-1),$$

где δ_k – поправка в направление; n – число направлений (в примере n=3); k – порядковый номер направления.

Поправка в начальное направление равна 0 (k=1), поправка в начальное направление в конце приема должна равняться $\Delta_{ср}$ (в примере $\delta_4 = -4{,}7$").

Вычисленные поправки записывают в столбец 7 над значениями направлений (за исключением первого направления).

Значения направлений вычисляют и записывают в столбец 8. Начальное направление принимают равным 0° 00' 00,0", остальные значения направлений получают путем вычитания из среднего значения каждого направления (с учетом поправки) среднего значения первого направления. Например, значение третьего направления получают:

111°14' 59,9" – 0° 00' 04,8" =111° 14' 55,1".

Аналогично вычисляются значения направлений в остальных приемах. Колебания значений направлений, приведенных к общему нулю, в отдельных приемах не должны превышать установленных допусков (например, при измерениях теодолитом Т2 – 8").

Вывод средних направлений на пункте выполняют в таблице 3.

В столбцы 3 и 5 выписывают значения направлений, полученных во всех приемах в порядке их номеров. По каждому направлению вычисляют

среднее значение из всех приемов, а затем уклонения V значений направлений в каждом приеме от среднего. Значения V записывают со своим знаком в столбцы 4 и 6. ΣV должна равняться нулю. Возможно не соблюдение равенства $\Sigma V = 0$ из-за ошибок округления при вычислении среднего значения направления из всех приемов. Затем получают сумму абсолютных значений V из всех приемов $|V|$, которая необходима для оценки точности угловых измерений. Средняя квадратическая погрешность направления, измеренного одним приемом, вычисляют по формуле:

$\mu = K\frac{\sum|V|}{n}$, где $K = \frac{1,25}{\sqrt{m(m-1)}}$, n – число направлений, m – число приемов.

Средняя квадратическая погрешность направления, полученного из всех приемов, вычисляют по формуле:

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{m}}.$$

Таблица 3

Вывод средних направлений на пункте Барвинка

Начальное направление Ольгино 0° 00' 00,0"

Номер приема	Установка лимба	Кашино		Роща		Наибольшая величина незамыкания
		60° 17'	V	111° 14'	V	
1	2	3	4	5	6	7
I	0° 00'	21,9"	- 0,9"	55,1"	+ 2,2"	
II	60 10	19,8	- 3,0	51,7	- 1,2	
III	120 20	26,3	+ 3,5	49,5	- 3,4	
IV	180 30	20,7	- 2,1	54,3	+ 1,4	
V	240 40	23,5	+ 0,7	53,9	+ 1,0	
VI	300 50	24,8	+ 2.0	53,0	+ 0,1	
	Среднее	22,8		52,9		
	$\Sigma(+V)$		6,2		4,7	$\Sigma V^2 = 57,77$
	$\Sigma(-V)$		6,0		4,6	$\Sigma\|V\| = 21,5"$

Средняя квадратическая погрешность направления, измеренного одним приемом

$$\mu = 0,23\frac{21,5}{3} = 1,65".$$

Средняя квадратическая погрешность направления, полученная из VI приемов

$$M = \frac{1,65"}{\sqrt{6}} = 0,67".$$

Лабораторная работа № 2

Предварительные вычисления в сети триангуляции

Конечной целью предварительных вычислений является составление сводных таблиц всех измеренных в геодезической сети величин, приведенных к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера. Кроме этого, одной из важнейших задач является анализ результатов измерений и их контроль по свободным членам условных уравнений.

Предварительные вычисления в сети триангуляции предусматривают:

– вывод средних направлений на пункте и оценка их точности;

– составление рабочей схемы сети;

– предварительное решение треугольников;

– вычисление поправок в направления за центрировку прибора и редукцию визирных целей;

– вычисление приближенных координат пунктов;

– вычисления поправок в направления за кривизну изображения геодезических линий на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера;

– составление сводной таблицы приведенных к центам пунктов и редуцированных на плоскость измеренных направления;

– оценка точности измерений

Пример предварительных вычислений в сети триангуляции

Исходные данные приведены в табл. 4.

Порядок составления сводок измеренных направлений (вывод средних направлений на пункте) и оценка их точности рассмотрены в лабораторной работе № 1.

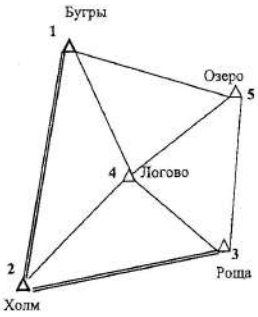


Таблица 4

Исходные данные

Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Бугры		l = 0,101 м
Озеро	0° 00' 00"	θ = 10° 00'
Логово	48 45 46	l_1 = 0,150 м
Холм	84 36 40	θ_1 = 15° 00'
		на Озеро
Холм		l = 0,071 м
Бугры	0 00 00	θ = 100° 15'
Логово	38 36 25	l_1 = 0,051 м
Роща	74 20 16	θ_1 = 20° 00'
		на Бугры
Роща		l = 0,053 м
Холм	0 00 00	θ = 210° 15'
Логово	39 00 34	l_1 = 0,055 м
Озеро	87 49 45	θ_1 = 10° 00'
		на Холм
Логово		
Бугры	0 00 00	
Озеро	68 40 55	
Роща	149 11 41	
Холм	254 27 23	
Озеро		
Роща	0 00 00	l_1 = 0,101 м
Логово	50 39 58	θ_1 = 190° 30'
Бугры	113 13 18	на Роща

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Бугры	6 800 240,1	11 622 090,1
Холм	6 795 842,3	11 621 210,3
Роща	6 796 159,9	11 625 378,7

Рабочая схема сети составляется на листе бумаги (можно миллиметровой) формата А4 в произвольном масштабе. Оцифровку координатных осей выбирают так, чтобы схема была расположена в центре листа. Исходные пункты наносят по прямоугольным координатам (табл. 4), положение остальных пунктов получают графически засечками по измеренным направлениям с точностью до 0,5° с помощью транспортира (рис. 1). В начале строят направления с исходных пунктов на определяемые, а затем с определяемых пунктов.

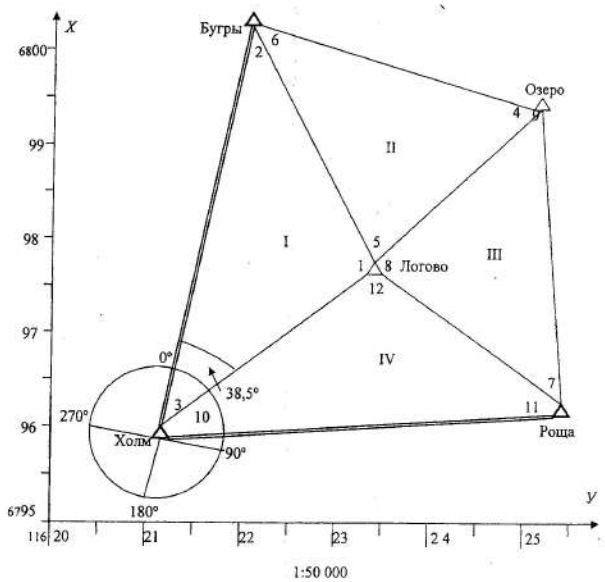


Рис. 1. Рабочая схема сети триангуляции

Рабочая схема сети позволяет в дальнейшем осуществлять приближенный контроль правильности вычислений углов и длин сторон.

Для дальнейших вычислений необходимо знать дирекционные углы исходных направлений и длины сторон между исходными пунктами. Их получают из решения обратных геодезических задач (табл. 5).

Таблица 5

Исходные пункты	Координаты, м		Дирекционные углы	Длины сторон, м
	X	*Y*		
Бугры	6 800 240,1	11 622 090,1	191° 18' 46,6"	4484.9
Холм	6 795 842.3	11 621 210,3	85 36 34,5	4180,5
Роща	6 796 159,9	11 625 378,7		

Предварительное решение треугольников выполняют с целью определения длин сторон сети, которые необходимы для вычисления поправок за центрировки прибора и редукции визирных целей (табл. 6).

Сообразуясь с рабочей схемой сети (см. рис. 1), составляют треугольники в следующем порядке:

– в каждом треугольнике в столбец 3 записывают в первой строке номер угла, лежащий против исходной стороны, а в третьей – номер угла, лежащий против стороны, которая будет исходной в следующем треугольнике;

– в столбец 4 записывают значения этих углов, получаемые как разность направлений, вычисляют их сумму, которая должна быть близкой к 180°, и определяют невязку *w*. Невязку вычисляют как разность между суммой углов и 180° и записывают в столбец 5.

В столбец 6 выписывают значение исходной стороны в треугольнике I, лежащей против угла 1 и полученной из решения обратной геодезической задачи. Затем вычисляют остальные длины сторон этого треугольника. В треугольнике с измеренными углами *A*, *B*, *C* длины противолежащих сторон *a*, *в*, *c* связаны соотношением (теорема синусов):

$$\frac{a}{\sin A}=\frac{в}{\sin B}=\frac{c}{\sin C}=q.$$

Если $\frac{a}{\sin A}=q$, то $в = q \cdot \sin B$, $c = q \cdot \sin C$. Длины сторон вычисляют с точностью до метра.

В следующих треугольниках в столбце 6 записывают в первой строке значение длины стороны, полученной в третьей строке предыдущего треугольника. Пример предварительного решения треугольников приведен в таблице 6.

Таблица 6

Предварительное решение треугольников

Номер треугольника	Название вершины	Номер угла	Углы	w (невязка), с	Длины сторон, м
1	2	3	4	5	6
I	Логово	1	105° 32' 37"		4485
	Бугры	2	35 50 54		**2726**
	Холм	3	38 36 25		2905
		Σ	179 59 56	- 4"	
II	Озеро	4	62 33 20		2905
	Логово	5	68 40 55		3050
	Бугры	6	48 45 46		2462
		Σ	180 00 01	+ 1	
III	Роща	7	48 49 11		2462
	Логово	8	80 30 46		3226
	Озеро	9	50 39 58		2530
		Σ	179 59 55	- 5	
IV	Холм	10	35 43 51		2530
	Роща	11	39 00 34		**2727**
	Логово	12	105 15 42		4180
		Σ	180 00 07	+7	

Контролем правильности вычислений является сходимость длин сторон, вычисленных дважды. Например, в треугольнике IV длина стороны напротив угла 12 равна 2727 м, а эта же длина стороны в треугольнике I против угла 2 равна 2726 м.

Поправки в направления за центрировку прибора и редукцию визирных целей вычисляют по формулам:

$$c'' = \frac{l \sin(\mathrm{M} + и)}{s} \mathrm{c}'',$$

где c'' – поправка в направление за центрировку прибора;

l и θ – линейный и угловой элементы центрировки;

s – расстояние между пунктами;

M – измеренное направление;

$\mathrm{c}'' = 206265''$.

$$r = \frac{l_1 \sin(M + \theta_1)}{s} \mathrm{c}'',$$

где r – поправка в направление за редукцию визирной цели;

l_1 и θ_1 – линейный и угловой элементы редукции.

Значения расстояний между пунктами выбирают из таблицы 6. Поправки c и r вычисляют с точностью до 0,1". Пример вычислений приведен в табл. 7.

Таблица 7

Вычисление поправок за центрировку и редукцию

Назв. пункта	Назв. напр.	M	$M+\theta$	$M+\theta_1$	S, м	c''	r''
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	0° 00' 00	10° 00' 00	15° 00' 00"	3050	+1,2	**+2,6**
	4	48 45 46	58 45 46	63 45 46	2906	+6,1	+9,6
	2	84 36 40	94 36 40	99 36 40	4487	+4,6	+6,8
2	1	0 00 00	100 15 00	20 00 00	4487	+3,2	+0,8
	4	38 36 25	138 51 25	58 36 25	2728	+3,5	+3,2
	3	74 20 16	174 35 16	94 20 16	4181	+0,3	+2,5
3	2	0 00 00	210 15 00	10 00 00	4181	-1,3	+0,5
	4	39 00 34	249 15 34	49 00 34	2530	-4.0	+3,4
	5	87 49 45	298 04 45	97 49 45	3226	-3,0	+3,5

Окончание табл. 7

Назв. пункта	Назв. напр.	M	$M+\theta$	$M+\theta_1$	S, м	c''	r''
1	2	3	4	5	6	7	8
4	1	0 00 00			2906		
	5	68 40 55			2462		
	3	149 11 41			2530		
	2	254 27 23			2728		
5	3	0 00 00		190 30 00	3226		-1,2
	4	50 39 58		241 09 58	2462		-7,4
	1	113 13 18		303 43 18	3050		-5,7

Для вычислений поправок в измеренные направления за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера необходимо знать ***приближенные координаты пунктов***. Приближенные координаты пунктов в данном примере вычисляют (табл. 8) по формулам прямой геодезической задачи на плоскости:

$$x_P = x_A + s_{AP}\cos\alpha_{AP};$$
$$y_P = y_A + s_{AP}\sin\alpha_{AP}.$$

Таблица 8

Вычисление приближенных координат пунктов

Пункт	Углы	α	s, км	Δx, км	Δy, км	X, км	Y, км
2							
		11° 18'					
1	84° 37'					**6 800,24**	**11 622,09**
		106 41	3,05	-0,88	+2,92		
5	62 33					6 799,36	11 625,01
		224 08	2,46	-1,77	-1,71		
4	279 29					6 797,59	11 623,30
		124 39	2,53	-1,44	+2,08		
3	39 01					**6 796,15**	**11 625,38**
		265 38					
2	74 20						
		11 18					

Поправки за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера вычисляются по формуле;

$$\delta_{1-2} = f(x_1 - x_2)y_{\text{ср}},$$

где δ_{1-2} – поправка в направление с пункта 1 на пункт 2;

$f = \frac{\rho''}{2R^2}$ – коэффициент, значение которого в триангуляции 1 разряда принимают равным 0,00253;

x_1, x_2 - приближенные абсциссы точек 1 и 2;

$y_{\text{ср}}$ - среднее расстояние сети от осевого меридиана.

Для вычисления $y_{\text{ср}}$ необходимо вычислить истинные значения y' для всех точек сети, т. е. отбросить номер зоны и вычесть 500 км, а затем взять среднее значение (табл. 9).

Таблица 9

Вычисление $y_{\text{ср}}$

Номер точки	y	y'
1	11 622,09	122,09
2	11 621,21	121,21
3	11 625,38	125,38
4	11 623,30	123,30
5	11 625, 01	125,01
	среднее	**123,40**

Поправка в направление $д_{i-k}$ должна быть равна с противоположным знаком поправке $д_{k-i}$, что является контролем правильности вычисления поправок. Поправки δ вычисляют с точностью до 0,1".

Составление сводной таблицы направлений, приведенных к центрам пунктов и редуцированных на плоскость проекции Гаусса-Крюгера.

Все вычисления выполняются в таблице 10. В столбцы 1, 2, 3 заносят данные из аналогичных столбцов табл. 7, в столбец 4 – вычисленные значения поправки c. Особое внимание следует обратить на правильную запись

поправок r за редукцию визирной цели. Вычисленное значение редукции в измеренные направления на пункте заносятся в столбец 5, но для тех пунктов, с которых производились наблюдения на данный пункт.

Таблица 10

Сводная таблица направлений, приведенных к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера

Назв. пункта	Назв. напр.	Измеренное направление	c	r	δ	$(c+r+\delta)$	$(c+r+\delta) - (c+r+\delta)_0$	Приведенное направление
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5	0° 00' 00"	+1.2	-5,7	+0,3	**-4,2**	**0**	0° 00' 00"
1	4	**48 45 46**	+6,1	-	+0,8	**+6,9**	**+11,1**	**48 45 57**
	2	84 36 40	+4,6	+0,8	+1,4	+6,8	+11,0	84 36 51
	1	0 00 00	+3,2	+6,8	-1,4	+8,6	0	0 00 00
2	4	38 36 25	+3,5	-	-0,5	+3,0	-5,6	38 36 19
	3	74 20 16	+0,3	+0,5	-0,1	+0,7	-7,9	74 20 08
	2	0 00 00	-1,3	+2,5	+0,1	+1,3	0	0 00 00
3	4	39 00 34	-4.0	-	-0,4	-4,4	-5,7	39 00 28
	5	87 49 45	-3.0	-1,2	-1,0	-5,2	-6,5	87 49 38
	1	0 00 00	-	+9,6	-0,8	+8,8	0	0 00 00
4	5	68 40 55	-	-7,4	-0,5	-7,9	-16,7	68 40 38
	3	149 11 41	-	+3,4	+0,4	+3,8	-5,0	149 11 36
	2	254 27 23	-	+3,2	+0,5	+3,7	-5,1	254 27 18
	3	0 00 00		+3,5	+1,0	+4,5	0	0 00 00
5	4	50 39 58		-	+0,5	+0,5	-4,0	50 39 54
	1	113 13 18		**+2,6**	-0,3	+2,3	-2,2	113 13 16

Например, на пункте 1 вычислено значение редукции в направление 1–5: r = +2,6" (табл.7, столбец 8). Это значение должно быть записано в столбец 5 (табл. 10) на пункте 5 в направление 5–1 с тем же знаком: r = +2,6".

В столбце 7 записывают вычисленное значение суммарной поправки $(c+r+\delta)$. В столбец 8 записывают $(c+r+\delta) - (c+r+\delta)_0$, где $(c+r+\delta)_0$ – суммарное значение поправки $(c+r+\delta)$ в исходное направление на каждом пункте. Например, на пункте 1: $(c+r+\delta)$ в направление 1–5 равно: – 4,1", а в направление 1– 4: +6,9". В столбец 8 записано в направление 1– 5: $(c+r+\delta) - (c+r+\delta)_0 = 0$, а в направление 1– 4: $(c+r+\delta) - (c+r+\delta)_0$ = + 6,9" – (– 4,1") = + 11,0".

В столбце 9 получают приведенные направления по формуле

$$M' = M + (c + r + \partial) - (c + r + \partial)_0,$$

где M – измеренное направление (например, направление 1–4: 48° 45' 46");

M' – направление, приведенное к центрам пунктов и редуцированное на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера (например, 48°45'46"+11"= 48° 45' 57").

Оценка точности результатов измерений

По приведенным направлениям (см. табл.10, столбец 9) составляют треугольники аналогично составлению треугольников при их предварительном решении (табл. 6) и вычисляют невязку в каждом треугольнике по формуле:

$$w = \sum \beta - 180^\circ,$$

где w – угловая невязка; $\sum\beta$ – сумма углов в треугольнике.

Предельные невязки в треугольниках вычисляют по формуле

$$w_{пред} = 2{,}5\,m''\sqrt{3},$$

где m – средняя квадратическая погрешность измерения угла в триангуляции соответствующего класса. В триангуляции 1 разряда m = 5". Следовательно, предельная невязка в треугольнике не должна превышать ±20".

Вычисления выполняются в табл. 11.

Таблица 11

Вычисления невязок треугольников

Номер треугольника	Номер угла	Углы	w
1	2	3	4
I	1	105° 32' 42"	- 5"
	2	35 50 54	
	3	38 36 19	
	Σ	179 59 55	

Продолжение табл. 11

II	4	62 33 22	- 3"
	5	68 40 38	
	6	48 45 57	
	Σ	179 59 57	
III	7	48 49 11	+ 3"
	8	80 30 58	
	9	50 39 54	
	Σ	180 00 03	
IV	10	35 43 57	+ 7"
	11	39 00 28	
	12	105 15 42	
	Σ	180 00 07	

По полученным угловым невязкам треугольников (см. табл. 11, столбец 4) вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения угла по формуле Ферреро

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{\sum w^2}{3n}} = \pm\sqrt{\frac{5^2+3^2+3^2+7^2}{12}} = \pm\sqrt{\frac{92}{12}} \pm 2{,}8'',$$

где n – число треугольников.

Средняя квадратическая погрешность измерения углов, вычисленная по невязкам треугольников, не должна превышать в триангуляции 1 разряда 5".

Вторым критерием оценки качества угловых измерений является соответствие свободных членов синусных условий допустимым значениям.

В рассматриваемой в качестве примера сети триангуляции возникают два синусных условия: полюсное и базисное.

Полюсное условие (полюс в пункте 7) имеет вид:

$$\frac{\sin 2\sin 4\sin 7\sin 10}{\sin 3\sin 6\sin 9\sin 11} = \frac{\Pi_1}{\Pi_2} = 1,$$

где Π_1 и Π_2 – произведения синусов углов в числителе и знаменателе соответственно.

Свободный член полюсного условия

$$W_\Pi = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_2} \cdot \rho'' = \frac{0{,}22844 - 0{,}22843}{0{,}22843} \cdot 206263'' = 9{,}03''.$$

$$W_{доп} = \pm 2{,}5m\sqrt{\sum \operatorname{ctg}^2\beta} = \pm 2{,}5 \cdot 5''\sqrt{8{,}412} = 36{,}25''.$$

Вычисления выполнены в табл. 12.

Таблица 12

Вычисление свободного члена полюсного условия и коэффициента для вычисления его допустимого значения

Номер угла	Значение угла	sin β	ctg β	ctg²β
2	35° 50' 54"	0,58564	1,384	1,915
4	62 33 22	0,88746	0,519	0,269
7	48 49 11	0,75264	0,875	0,766
10	35 43 57	0,58400	1,390	1,932
	Π_1 =	**0,22844**		
3	38 36 19	0,62395	1,252	1,568
6	48 45 57	0,75202	0,876	0,767
9	50 39 54	0,77345	0,820	0,672
11	39 00 28	0,62942	1,234	1,523
	Π_2 =	**0,22843**		

W_Π = 9,03"

$W_{доп}$ = 36,25"

$\sum \operatorname{ctg}^2\beta$ = 8,412

Базисное условие возникает при наличии в сети триангуляции избыточных исходных сторон (непосредственно измеренных или вычисленных по координатам исходных пунктов). В сети триангуляции (см. рис. 1) получены длины исходных сторон из решения обратных геодезических задач на плоскости (см. табл.4). При составлении базисного условия выделяют в сети цепочку треугольников, соединяющих исходные стороны по наикратчайшему пути. Вычисления выполнены в табл. 13.

Свободный член базисного условия вычисляют по формуле

$$W_Б = \left(\frac{\sin 3\sin 6\sin 9\sin 12}{\sin 1\sin 4\sin 7\sin 10} - \frac{Б_2}{Б_1}\right) = \left(\frac{\Pi_1}{\Pi_2} - \frac{Б_2}{Б_1}\right) \cdot \rho'',$$

где $П_1$ и $П_2$ – произведение синусов углов в числителе и знаменателе соответственно;

$Б_1$ и $Б_2$ – длины исходных сторон 2-1 и 2-3 .

$$\frac{П_1}{П_2} = \frac{0{,}35012}{0{,}37581} = \mathbf{0{,}93164}; \quad \frac{Б_2}{Б_1} = \frac{4181{,}2}{4487{,}4} = \mathbf{0{,}93176}; \quad \sum \mathrm{ctg}^2\beta = \mathbf{6{,}125}$$

$$W_Б = (0{,}93164 - 0{,}93176)\ 206265'' = 24{,}75''$$

$$W_{доп} = \pm 2{,}5 \cdot m\sqrt{\sum \mathrm{ctg}^2\beta} = \pm 2{,}5 \cdot 5''\sqrt{6{,}125} = 30{,}94''.$$

Таблица 13

Вычисление свободного члена базисного условия и коэффициента для вычисления его допустимого значения

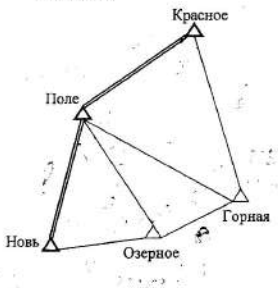
Номер угла	Значение угла	sin β	ctg β	ctg ^{2}β
3	38 36 19	0,62395	1,252	1,568
6	48 45 57	0,75202	0,876	0,767
9	50 39 54	0,77345	0,820	0,672
12	105 15 42	0,96473	- 0.273	0,074
	$П_1$ =	**0,35012**		
1	105 32 42	0,96342	- 0,278	0,077
4	62 33 22	0,88746	0,519	0,269
7	48 49 11	0,75264	0,875	0,766
10	35 43 57	0,58400	1,390	1,932
	$П_2$ =	**0,37581**		

$W_Б$ = -24,75" $\quad W_{доп} = 30{,}94''$. $\quad \sum \mathrm{ctg}^2\beta = \mathbf{6{,}125}$

Ниже приведены варианты для выполнения лабораторной работы. Номер варианта должен соответствовать номеру, под которым записан студент в журнал учета посещаемости студентов.

Вариант № 1

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Поле		l = 0,152 м
Красное	0°00'00"	θ = 188°30′
Горная	51 46 01	l_1 = 0,169 м
Озерное	82 15 18	θ_1 = 150°00′
Новь	136 31 52	на Красное
Красное		l = 0,074 м
Горная	0 00 00	θ = 15°30′
Поле	60 47 40	l_1 = 0,140 м
		θ_1 = 28°30′
		на Горная
Новь		l = 0,196 м
Поле	0 00 00	θ = 120°30′
Озерное	52 44 49	l_1 = 0,183 м
		θ_1 = 108°00′
		на Волок
Горная		
Озерное	0 00 00	l_1 = 0,179 м
Поле	76 16 34	θ_1 = 27°00′
Красное	143 42 44	на Озерное
Озерное		
Новь	0 00 00	l_1 = 0,116 м
Поле	72 58 40	θ_1 = 273°30′
Горная	~~146 13 09~~	на Новь

146°12'58"

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*Y*
Красное	5 366 684,6	10 397 047,6
Поле	5 364 733,1	10 392 283,5
Новь	5 359 325,5	10 389 847,2

Вариант № 2

Схема сети



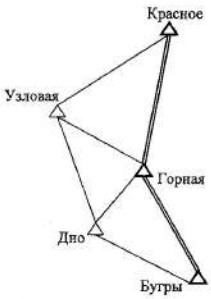
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Нилово		l = 0,216 м
Морская	0° 00' 00"	и = 296°30′
Обрыв	258 38 16	l_1 = 0,191 м
Межевая	314 28 24	$и_1$ = 302°30′
		на Морская
Морская		l = 0,048 м
Нилово	0 00 00	и = 212°40′
Обрыв	25 56 20	l_1 = 0,042 м
Межевая	53 17 20	$и_1$ = 305°10′
Высокая	121 39 37	на Нилово
Высокая		l_1 = 0,044 м
Морская	0 00 00	$и_1$ = 314°30′
Межевая	56 51 00	на Морская
Межевая		
Нилово	0 00 00	
Обрыв	42 09 15	l= 0,127 м
Высока	224 02 05	и = 26°30′
Морская	278 48 52	на Нилово
Обрыв		l = 0,064 м
Нилово	0 00 00	и = 87°00′
Межевая	277 59 26	l_1 = 0,053 м
Морская	307 18 03	$и_1$ = 345°50′
		на Нилово

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Нилово	6 349 490,2	11 358 226,0
Морская	6 347 866,0	11 354 578,5
Высокая	6 345 077,7	11 354 203,6

Вариант № 3

Схема сети



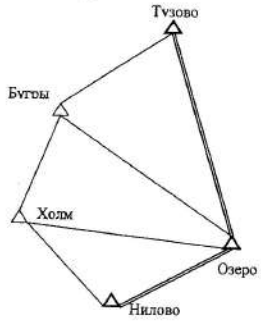
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Красное		l = 0,154 м
Узловая	0°00'00"	θ = 51°00′
Горное	305 01 46	l_1 = 0,202 м
		$θ_1$ = 64°30′
		на Узловая
Горная		
Бугры	0 00 00	l_1 = 0,120 м
Дно	88 50 57	$θ_1$ = 328°00′
Узловая	134 44 05	На Бугры
Красное	199 32 25	
Бугры		l = 0,237 м
Горное	0 00 00	θ = 31°30′
Дно	324 22 04	l_1 = 0,475 м
		$θ_1$ = 32°00′
		на Горное
Дно		
Узловая	0 00 00	
Горная	102 58 49	
Бугры	158 30 17	
Узловая		
Красное	0 00 00	l_1 = 0,048 м
Горное	60 13 12	$θ_1$ = 117°30′
Дно	91 21 06	на Красное

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Красное	6 366 684,6	11 397 047,6
Горная	6 362 337,5	11 396 519,2
Бугры	6 359 311,1	11 397 196,7

Вариант № 4

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Озеро		$l = 0{,}021$ м
Нилово	0°00'00"	$\theta = 93°30'$
Холм	17 35 03	$l_1 = 0{,}015$ м
Бугры	42 48 54	$\theta_1 = 73°30'$
Тузово	92 31 55	на Нилово
Тузово		$l_1 = 0{,}018$м
Озеро	0 00 00	$\theta_1 = 302°00'$
Бугры	76 55 06	На Озеро
Нилово		$l = 0{,}067$м
Холм	0 00 00	$\theta = 302°00'$
Озеро	137 59 44	$l_1 = 0{,}014$ м
		$\theta_1 = 261°30'$
		на Холм
Бугры		
Холм	0 00 00	$l_1 = 0{,}022$ м
Тузово	200 22 16	$\theta_1 = 284°00'$
Озеро	253 44 14	На Холм
Холм		$l = 0{,}043$ м
Бугры	0 00 00	$\theta = 168°30'$
Озеро	48 30 16	$l_1 = 0{,}040$ м
Нилово	72 55 28	$\theta_1 = 151°30'$
		На Бугры

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Тузово	6 428 517,8	11 358 193,5
Озеро	6 425 406,4	11 358 305,7
Нилово	6 425 167,0	11 355 323,6

Вариант № 5

Схема сети



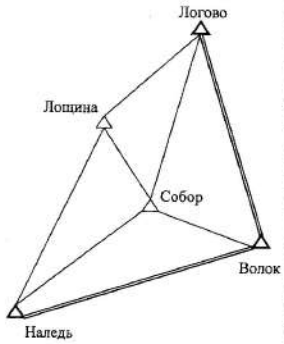
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Лужки		
Верное	0°00'00"	$l_2 = 0{,}087$ м
Северка	33 04 11	$\theta_1 = 237°30'$
Лесная	72 22 54	на Верное
Новый		$l = 0{,}425$м
Верное	0 00 00	$\theta = 101°00'$
Лесная	316 19 04	$l_1 = 0{,}335$ м
Северка	342 19 36	$\theta_1 = 104°30'$
		на Верное
Верное		$l = 0{,}219$м
Новый	0 00 00	$\theta = 141°00'$
Северка	29 17 20	$l_1 = 0{,}030$ м
Лужки	66 54 19	$\theta_1 = 108°30'$
		на Новый
Северка		
Новый	0 00 00	
Лесная	68 36 02	
Лужки	117 38 43	
Верное	226 57 38	
Лесная		
Новый	0 00 00	
Лужки	182 57 42	
Северка	274 36 22	

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Лужки	6 350 094,5	11 350 757,0
Верное	6 345 833,2	11 352 987,4
Новый	6 345 303,6	11 346 312,2

Вариант № 6

Схема сети



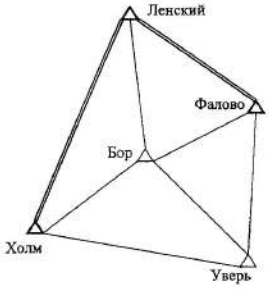
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Логово		$l = 0{,}011$м
Волок	0°00'00"	$\theta = 96°10'$
Собор	33 04 10	$l_1 = 0{,}014$ м
Лощина	72 22 56	$\theta_1 = 153°10'$
		на Волок
Наледь		$l = 0{,}014$м
Волок	0 00 00	$\theta = 210°30'$
Лощина	316 19 04	$l_1 = 0{,}010$ м
Собор	342 19 35	$\theta_1 = 15°10'$
		на Волок
Волок		$l = 0{,}013$м
Наледь	0 00 00	$\theta = 92°10'$
Собор	29 17 19	$l_1 = 0{,}010$ м
Логово	66 54 19	$\theta_1 = 230°10'$
		на Наледь
Собор		$l = 0{,}039$м
Наледь	0 00 00	$\theta = 141°15'$
Лощина	68 36 02	$l_1 = 0{,}012$ м
Логово	117 38 41	$\theta_1 = 191°10'$
Волок	226 57 40	на Наледь
Лощина		$l = 0{,}010$м
Наледь	0 00 00	$\theta = 155°20'$
Логово	182 57 44	$l_1 = 0{,}017$ м
Собор	274 36 21	$\theta_1 = 210°10'$
		на Наледь

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*Y*
Логово	6 455 122,9	11 455 984,1
Волок	6 449 611,8	11 458 833,6
Наледь	6 448 971,9	11 450 221,1

Вариант № 7

Схема сети



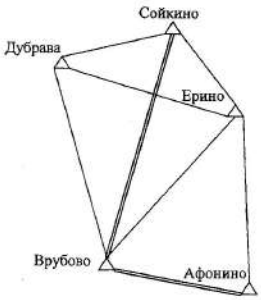
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Ленский		$l = 0{,}139$м
Фалово	0°00'00"	$\theta = 255°00'$
Бор	40 28 38	$l_1 = 0{,}170$ м
Холм	60 05 30	$\theta_1 = 210°00'$
		на Фалово
Холм		$l = 0{,}146$м
Ленский	0 00 00	$\theta = 146°30'$
Бор	34 04 19	$l_1 = 0{,}117$ м
Уверь	68 09 56	$\theta_1 = 116°00'$
		на Ленский
Фалово		
Ленский	0 00 00	$l = 0{,}051$ м
Уверь	239 01 23	$\theta = 117°20'$
Бор	279 46 54	на Ленский
Бор		
Холм	0 00 00	$l_1 = 0{,}100$ м
Ленский	126 19 05	$\theta_1 = 336°00'$
Фалово	185 37 11	на Холм
Уверь	259 22 38	
Уверь		
Холм	0 00 00	$l_1 = 0{,}101$ м
Бор	45 17 09	$\theta_1 = 127°30'$
Фалово	110 46 01	на Холм

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*Y*
Ленский	6 364 733,1	11 392 283,5
Холм	6 359 325,5	11 389 847,2
Фалово	6 361 816,0	11 394 390,3

Вариант № 8

Схема сети



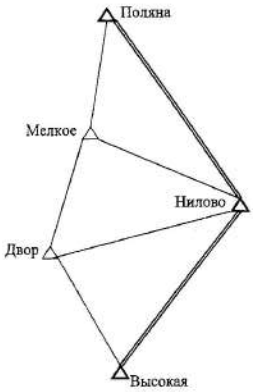
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Сойкино		l = 0,170м
Ерино	0°00′00″	$\theta = 156°10'$
Врубово	40 39 24	l_1 = 0,126 м
Дубрава	90 13 16	$\theta_1 = 233°20''$
		на Ерино
Врубово		l = 0,088м
Дубрава	0 00 00	$\theta = 283°40'$
Сойкино	28 20 59	l_1 = 0,186 м
Ерино	48 06 48	$\theta_1 = 217°40''$
Афонино	110 23 36	на Дубрава
Афонино		l = 0,210м
Врубово	0 00 00	$\theta = 210°50'$
Ерино	63 17 07	l_1 = 0,118 м
		$\theta_1 = 328°00''$
		на Врубово
Дубрава		l = 0,140м
Сойкино	0 00 00	$\theta = 320°10'$
Ерино	38 35 47	l_1 = 0,096 м
Врубово	102 05 07	$\theta_1 = 15°10''$
		на Сойкино
Ерино		l = 0,142м
Афонино	0 00 00	$\theta = 76°40'$
Врубово	54 26 06	l_1 = 0,193 м
Дубрава	122 49 55	$\theta_1 = 250°10''$
Сойкино	174 01 24	на Афонино

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*У*
Сойкино	6 482 623,1	11 435 673,4
Врубово	6 477 045,0	11 433 336,5
Афонино	6 475 992,8	11 437 326,2

Вариант № 9

Схема сети



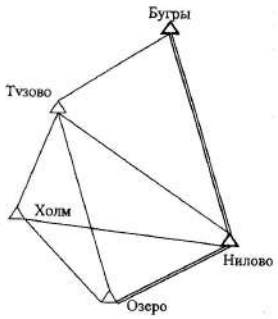
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Нилово		l = 0,223 м
Поляна	0°00′00″	$\theta = 15°30'$
Высокая	258 47 12	l_1 = 0,215 м
Двор	297 49 26	$\theta_1 = 20°00'$
Мелкое	333 19 24	на Поляна
Полина		l = 0,057 м
Нилово	0 00 00	$\theta = 308°00'$
Мелкое	41 24 19	l_1 = 0,035 м
		$\theta_1 = 316°00'$
		на Нилово
Высокая		l_1 = 0,033 м
Нилово	0 00 00	$\theta_1 = 327°30'$
Двор	302 52 32	на Нилово
Мелкое		
Нилово	0 00 00	l_1 = 0,045 м
Двор	102 02 16	$\theta_1 = 115°30'$
Поляна	248 04 58	На Нилово
Двор		
Нилово	0 00 00	l_1 = 0,138 м
Высокая	83 50 16	$\theta_1 = 126°00'$
Мелкое	317 32 30	На Нилово

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*У*
Нилово	6 349 490,2	11 358 226,0
Поляна	6 353 418,8	11 355 326,0
Высокая	6 345 077,7	11 354 203,6

Вариант № 10

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Нилово		$l = 0{,}021$ м
Озеро	0°00'00"	$\theta = 93°30'$
Холм	17 35 03	$l_1 = 0{,}015$ м
Тузово	42 48 54	$\theta_1 = 73°30'$
Бугры	92 31 55	на Озеро
Бугры		$l_1 = 0{,}018$ м
Нилово	0 00 00	$\theta_1 = 302°00'$
Тузово	76 55 06	На Нилово
Озеро		$l = 0{,}067$ м
Холм	0 00 00	$\theta = 302°00'$
Тузово	52 52 22	$l_1 = 0{,}014$ м
Нилово	137 59 44	$\theta_1 = 261°30'$
		на Холм
Тузово		
Холм	0 00 00	$l_1 = 0{,}022$ м
Бугры	200 22 16	$\theta_1 = 284°00'$
Нилово	253 44 14	На Холм
Озеро	305 47 54	
Холм		$l = 0{,}043$ м
Тузово	0 00 00	$\theta = 168°30'$
Нилово	48 30 16	$l_1 = 0{,}040$ м
Озеро	72 55 28	$\theta_1 = 151°30'$
		На Тузово

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Бугры	6 328 517,8	11 408 193,5
Нилово	6 325 406,4	11 408 305,7
Озеро	6 325 167,0	11 405 323,6

Вариант № 11

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Волок		$l = 0{,}210$ м
Красное	0°00'00"	$\theta = 188°30'$
Горная	51 46 01	$l_1 = 0{,}233$ м
Озерное	82 15 18	$\theta_1 = 150°00'$
Новь	136 31 52	на Красное
Красное		$l = 0{,}102$ м
Горная	0 00 00	$\theta = 15°30'$
Волок	60 47 40	$l_1 = 0{,}193$ м
		$\theta_1 = 28°30'$
		на Горная
Новь		$l = 0{,}270$ м
Волок	0 00 00	$\theta = 120°30'$
Озерное	52 44 49	$l_1 = 0{,}252$ м
		$\theta_1 = 108°00'$
		на Волок
Горная		
Озерное	0 00 00	$l_1 = 0{,}247$ м
Волок	76 16 34	$\theta_1 = 27°00'$
Красное	143 42 44	на Озерное
Озерное		
Новь	0 00 00	$l_1 = 0{,}160$ м
Волок	72 58 40	$\theta_1 = 273°30'$
Горная	146 13 09	на Новь

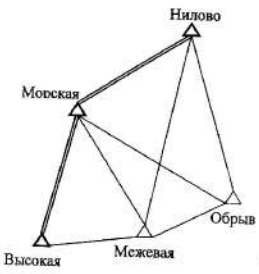
146°12'58"

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Красное	6 373 962,4	11 838 957,0
Волок	6 371 269,3	11 832 382,5
Новь	6 363 806,8	11 829 020,4

Вариант № 12

Схема сети



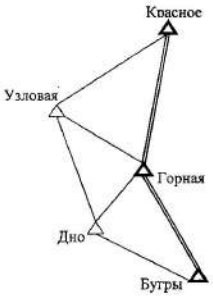
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Нилово		l = 0,179 м
Морская	0° 00′ 00″	θ = 296°00′
Обрыв	258 38 16	l_1 = 0,158 м
Межевая	314 28 24	θ_1 = 302°30′
		на Морская
Морская		l = 0,040 м
Нилово	0 00 00	θ = 212°40′
Обрыв	25 56 15	l_1 = 0,035 м
Межевая	53 17 20	θ_1 = 305°10′
Высокая	121 39 37	На Нилово
Высокая		l_1 = 0,036 м
Морская	0 00 00	θ_1 = 314°30′
Межевая	56 51 00	на Морская
Межевая		
Нилово	0 00 00	
Обрыв	42 09 15	l= 0,105 м
Высока	224 02 05	θ = 26°30′
Морская	278 48 52	на Нилово
Обрыв		l = 0,053 м
Нилово	0 00 00	θ = 87°00′
Межевая	277 59 26	l_1 = 0,044 м
Морская	307 18 03	θ_1 = 345°50′
		на Нилово

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*Y*
Нилово	6 421 532,5	11 361 772,5
Морская	6 420 184,4	11 358 745,1
Высокая	6 417 870,1	11 358 433,9

Вариант № 13

Схема сети



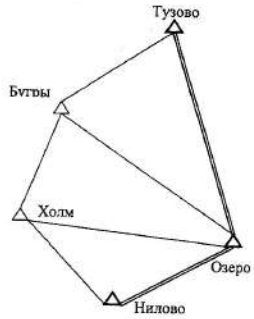
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Красное		l = 0,109 м
Узловая	0°00′00″	θ = 51°00′
Горное	305 01 46	l_1 = 0,143 м
		θ_1 = 64°30′
		на Узловая
Горная		
Бугры	0 00 00	l_1 = 0,085 м
Дно	88 50 57	θ_1 = 328°00′
Узловая	134 44 05	На Бугры
Красное	199 32 25	
Бугры		l = 0,168 м
Горное	0 00 00	θ = 31°30′
Дно	324 22 04	l_1 = 0,337 м
		θ_1 = 32°00′
		на Горное
Дно		
Узловая	0 00 00	
Горная	102 58 49	
Бугры	158 30 17	
Узловая		
Красное	0 00 00	l_1 = 0,034 м
Горное	60 13 12	θ_1 = 117°30′
Дно	91 21 06	на Красное

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	*X*	*Y*
Красное	6 500 349,1	11 547 585,4
Горная	6 497 262,6	11 547 210,3
Бугры	6 495 113,9	11 547 691,3

Вариант № 14

Схема сети



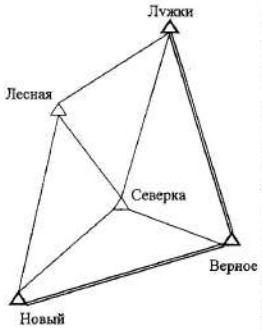
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Озеро		l = 0,017 м
Нилово	0°00'00"	θ = 93°30′
Холм	17 35 03	l_1 = 0,012 м
Бугры	42 48 54	θ_1 = 73°30′
Тузово	92 31 55	на Нилово
Тузово		l_1 = 0,014м
Озеро	0 00 00	θ_1 = 302°00′
Бугры	76 55 06	На Озеро
Нилово		l = 0,054м
Холм	0 00 00	θ = 302°00′
Озеро	137 59 44	l_1 = 0,011 м
		θ_1 = 261°30′
		на Холм
Бугры		
Холм	0 00 00	l_1 = 0,018 м
Тузово	200 22 16	θ_1 = 284°00′
Озеро	253 44 14	На Холм
Холм		l = 0,035 м
Бугры	0 00 00	θ = 168°30′
Озеро	48 30 16	l_1 = 0,032 м
Нилово	72 55 28	θ_1 = 151°30′
		На Бугры

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	У
Тузово	6 824 715,2	11 835 319,4
Озеро	6 822 195,0	11 835 410,3
Нилово	6 822 001,1	11 832 994,8

Вариант № 15

Схема сети



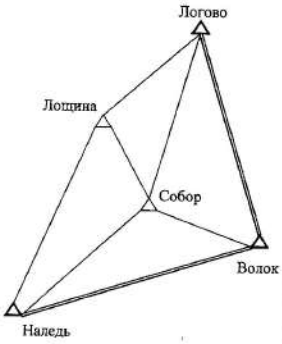
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Лужки		
Верное	0°00'00"	l_1 = 0,069 м
Северка	33 04 11	θ_1 = 237°30′
Лесная	72 22 54	на Верное
Новый		l = 0,336м
Верное	0 00 00	θ = 101°00′
Лесная	316 19 04	l_1 = 0,265 м
Северка	342 19 36	θ_1 = 104°30′
		на Верное
Верное		l = 0,173м
Новый	0 00 00	θ = 141°00′
Северка	29 17 20	l_1 = 0,024 м
Лужки	66 54 19	θ_1 = 108°30′
		на Новый
Северка		
Новый	0 00 00	
Лесная	68 36 02	
Лужки	117 38 43	
Верное	226 57 38	
Лесная		
Новый	0 00 00	
Лужки	182 57 42	
Северка	274 36 22	

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	У
Лужки	6 547 189,7	11 646 625,8
Верное	6 543 823,3	11 648 387,8
Новый	6 543 413,5	11 643 113,7

Вариант № 16

Схема сети



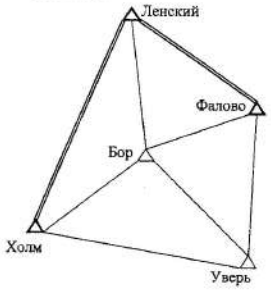
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Логово		l = 0,008м
Волок	0°00'00"	θ = 96°10′
Собор	33 04 10	l_1 = 0,011 м
Лощина	72 22 56	θ_1 = 153°10′
		на Волок
Наледь		l = 0,011м
Волок	0 00 00	θ = 210°30′
Лощина	316 19 04	l_1 = 0,008 м
Собор	342 19 35	θ_1 = 15°10′
		на Волок
Волок		l = 0,010м
Наледь	0 00 00	θ = 92°10′
Собор	29 17 19	l_1 = 0,008 м
Логово	66 54 19	θ_1 = 230°10′
		на Наледь
Собор		l = 0,030м
Наледь	0 00 00	θ = 141°15′
Лощина	68 36 02	l_1 = 0,009 м
Логово	117 38 41	θ_1 = 191°10′
Волок	226 57 40	на Наледь
Лощина		l = 0,008м
Наледь	0 00 00	θ = 155°20′
Логово	182 57 44	l_1 = 0,013 м
Собор	274 36 21	θ_1 = 210°10′
		на Наледь

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Логово	6 498 303,6	11 582 217,8
Волок	6 494 115,2	11 584 383,4
Наледь	6 493 628,9	11 577 837,9

Вариант № 17

Схема сети



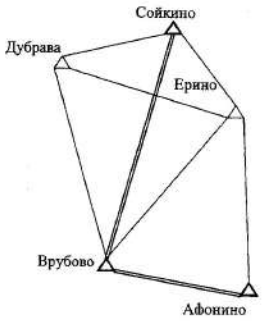
Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Ленский		l = 0,107м
Фалово	0°00'00"	θ = 255°00′
Бор	40 28 38	l_1 = 0,131 м
Холм	60 05 30	θ_1 = 210°00′
		на Фалово
Холм		l = 0,112м
Ленский	0 00 00	θ = 146°30′
Бор	34 04 19	l_1 = 0,090 м
Уверь	68 09 56	θ_1 = 116°00′
		на Ленский
Фалово		
Ленский	0 00 00	l = 0,039 м
Уверь	239 01 43	θ = 117°20′
Бор	279 46 54	на Ленский
Бор		
Холм	0 00 00	l_1 = 0,077 м
Ленский	126 19 05	θ_1 = 336°00′
Фалово	185 37 11	на Холм
Уверь	259 22 38	
Уверь		
Холм	0 00 00	l_1 = 0,078 м
Бор	45 17 09	θ_1 = 127°30′
Фалово	110 46 41	на Холм

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Ленский	6 939 417,4	11 400 363,2
Холм	6 935 253,5	11 398 487,2
Фалово	6 937 171,2	11 401 985,3

Вариант № 18

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Сойкино		l = 0,138м
Ерино	0°00'00"	θ = 156°10′
Врубово	40 39 24	l_1 = 0,102 м
Дубрава	90 13 16	θ_1 = 233°20′
		на Ерино
Врубово		l = 0,071м
Дубрава	0 00 00	θ = 283°40′
Сойкино	28 20 59	l_1 = 0,151 м
Ерино	48 06 48	θ_1 = 217°40′
Афонино	110 23 36	на Дубрава
Афонино		l = 0,170м
Врубово	0 00 00	θ = 210°50′
Ерино	63 17 07	l_1 = 0,096 м
		θ_1 = 328°00′
		на Врубово
Дубрава		l = 0,113м
Сойкино	0 00 00	θ = 320°10′
Ерино	38 35 47	l_1 = 0,078 м
Врубово	102 05 07	θ_1 = 15°10′
		на Сойкино
Ерино		l = 0,115м
Афонино	0 00 00	θ = 76°40′
Врубово	54 26 06	l_1 = 0,156 м
Дубрава	122 49 55	θ_1 = 250°10′
Сойкино	174 01 24	на Афонино

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Сойкино	6 482 236,9	11 435 736,6
Врубово	6 477 718,6	11 433 843,7
Афонино	6 476 866,3	11 437 075,4

Вариант № 19

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Нилово		l = 0,167 м
Поляна	0°00'00"	θ = 15°30′
Высокая	258 47 12	l_1 = 0,161 м
Двор	297 49 26	θ_1 = 20°00′
Мелкое	333 19 24	на Поляна
Поляна		l = 0,043 м
Нилово	0 00 00	θ = 308°00′
Мелкое	41 24 19	l_1 = 0,026 м
		θ_1 = 316°00′
		на Нилово
Высокая		l_1 = 0,025 м
Нилово	0 00 00	θ_1 = 327°30′
Двор	302 52 32	на Нилово
Мелкое		
Нилово	0 00 00	l_1 = 0,034 м
Двор	102 02 16	θ_1 = 115°30′
Поляна	248 04 58	На Нилово
Двор		
Нилово	0 00 00	l_1 = 0,104 м
Высокая	83 50 16	θ_1 = 126°00′
Мелкое	317 32 30	На Нилово

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	Y
Нилово	6 349 490,2	11 358 226,0
Поляна	6 352 436,6	11 356 051,0
Высокая	6 346 181,0	11 355 209,2

Вариант № 20

Схема сети



Название пункта	Измеренные направления	Элементы приведения
Поле		l = 0,152 м
Красново	0°00'00"	θ = 188°30′
Горное	51 44 31	l_1 = 0,169 м
Озерное	82 14 24	θ_1 = 150°00′
Бор	136 29 22	на Красново
Красново		l = 0,074 м
Горное	0 00 00	θ = 15°30′
Озерное	26 37 30	l_1 = 0,140 м
Поле	82 45 18	θ_1 = 28°30′
		на Горное
Бор		l = 0,196 м
Поле	0 00 00	θ = 120°30′
Озерное	62 58 24	l_1 = 0,183 м
		θ_1 = 108°00′
		на Поле
Горное		
Озерное	0 00 00	l_1 = 0,179 м
Поле	63 40 50	θ_1 = 27°00′
Красново	109 10 56	на Озерное
Озерное		
Бор	0 00 00	
Поле	62 46 41	l_1 = 0,116 м
Красново	104 24 29	θ_1 = 273°30′
Горное	148 36 17	на Бор

Координаты исходных пунктов, м

Пункт	X	У
Красново	6 265 926,5	11 495 198,8
Поле	6 264 733,1	11 492 283,5
Бор	6 261 149,0	11 490 670,7

Лабораторная работа № 3

Предварительные вычисления в полигонометрическом ходе

Целью предварительных вычислений в полигонометрическом ходе является составление сводных таблиц приведенных к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера измеренных направлений и длин линий и вычисление рабочих координат пунктов полигонометрического хода.

Предварительные вычисления в полигонометрическом ходе предусматривают:

– составление рабочей схемы сети;

– приведение измеренных горизонтальных направлений к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера;

– приведение измеренных длин линий к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера;

Исходные данные для выполнения предварительных вычислений в конкретном полигонометрическом ходе, как пример, приведены в табл. 14, 15, 16.

Таблица 14

Прямоугольные координаты и абсолютные высоты исходных пунктов

Исходные пункты	X, м	У, м	H, м
Луговая	6 352 171,11	11 436 867,71	
Роща	6 348 547,60	11 436 173,83	230,28
Холм	6 345 896,09	11 436 485,28	215,50
Волок	6 342 465,99	11 434 339,44	

Таблица 15

Измеренные длины линий, превышения между пунктами хода и их высоты

Название пункта	D, м	h, м	H, м
Роща			**230,28**
	798,32	-50,44	
пп 213			179,84
	706,23	-23,90	
пп 214			155,94
	548,98	+18,88	
пп 215			174,82
	639,26	+40,68	
Холм			**215,50**

Таблица 16

Измеренные направления и элементы приведений

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Луговая	Роща		l_1 = 0,933 м
			Θ_1 = 125° 00'
Роща	Луговая	0° 00' 00"	l = 0,375 м
	пп 213	154 09 30	Θ= 104° 30'
			l_1 = 0,165 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 213	Роща	0° 00' 00"	
	пп 214	185 11 41	
пп 214	пп 213	0° 00' 00"	
	пп 215	192 20 49	
пп 215	пп 214	0° 00' 00"	
	Холм	176 48 29	
Холм	пп 215	0° 00' 00"	l = 0,469 м
	Волок	212 44 59	Θ= 160° 30'
			l_1 = 0,357 м
			Θ_1 = 315° 15'
Волок	Хдлм		l_1 = 0,754 м
			Θ_1 = 10° 45'

Рабочая схема полигонометрического хода составляется в произвольном масштабе. Вначале наносятся исходные пункты по их прямоугольным координатам, затем пункты полигонометрического хода построением углов поворота и отложением измеренных длин линий (рис. 2).

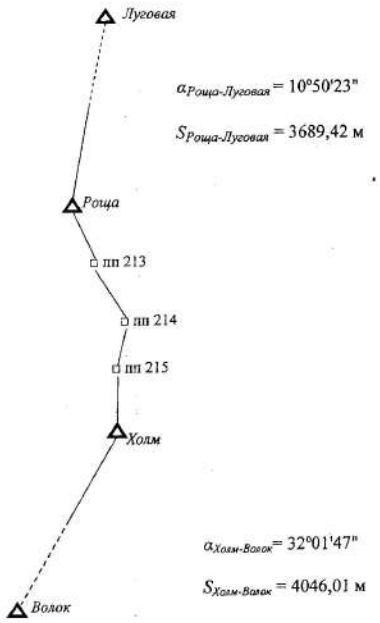


Рис. 2. Схема полигонометрического хода

Приведение измеренных направлений к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится так же, как в предварительных вычислениях в сети триангуляции (см. табл. 6, 7, 8, 9).

Таблица 17

Вычисление поправок за центрировку и редукцию

Назв. пункта	Назв. напр.	M	M + θ	M + θ_1	*S*, м	*c*″	*r*″
1	2	3	4	5	6	7	8
Луговая	Роща	0° 00' 00"	-	125° 00'	3689	-	42,7
Роща	Луговая	0° 00' 00"	104°30'	200 45	3689	20,3	-3,3
	пп 213	154 09 30	258 39	354 54	798	-95,0	–3,8
Холм	пп 215	0 00 00	160 30	315 15	639	50,5	-81,1
	Волок	212 44 59	13 15	168 00	4046	5,5	3,8
Волок	Холм	-	-	10 45	4046	-	7,2

Таблица 18

Вычисление приближенных координат пунктов полигонометрии

Название пункта	Измерен. угол	*D*, км	Дирекционный угол	Приращения координат, км		Координаты, км	
				Δ*X*	Δ*Y*	*X*	*Y*
Луговая							11 436,87
			190°50'				
Роща	154° 07'					6 348,55	11 436,17
		0,798	164 57	-0,77	+0,21		
пп 213	185 12					6 347,78	11 436,38
		0,706	170 09	-0,70	+0,12		
пп 214	192 21					6 347,08	11 436,50
		0,549	182 30	-0,55	-0,02		
пп 215	176 47					6 346,53	11 436,48
		0,639	179 17	-0,64	+0,01		
Холм	212 44					6 345,89	11 436,49
			212 01				
Волок							11 434,34
						$Y_{среднее}$ =	436,18

$$Y'_{среднее} = 436{,}18\text{км} - 500\text{км} = -63{,}82\text{км},$$

Таблица 19

Сводная таблица направлений, приведенных к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера

Назв. пункта	Назв. направления	Изм. направление	*c*″	*r*″	*δ*″	*c*+*r*+*δ*	(*c*+*r*+*δ*) - (*c*+*r*+*δ*)$_0$	Приведенное направление
Роща	Луговая	0 00 00	+20,3	+ 42,7	+ 0,6	63,6	0	0° 00' 00"
	пп 213	154 09 30	-95,0	0	-0,1	-95,1	-158,7	154 06 51
пп 213	Роща	0 00 00		- 3,8	+0,1	-3,7	0	0 00 00
	пп 214	185 11 41			-0,1	-0,1	3,6	185 11 45
пп 214	пп 213	0 00 00			+0,1	0,1	0	0 00 00
	пп 215	192 20 49			-0,1	-0,1	-0,2	192 20 49
пп 215	пп 214	0 00 00			+0,1	0,1	0	0 00 00
	Холм	176 48 29		-81,1	-0,1	-81,2	-81,3	176 47 08
Холм	пп 215	0 00 00	+50,5	0	+0,1	50,6	0	0 00 00
	Волок	212 44 59	+ 5,5	+ 7,2	-0,5	12,2	-38,4	212 44 21

Приведение измеренных длин линий к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится путем введения поправок: $\Delta D_Ц, \Delta D_Г, \Delta D_Н, \Delta D_П$.

Приведение длин линий к центрам пунктов производится путем введения поправки $\Delta D_Ц$ по формуле

$$\Delta D_Ц = -\left[l_i \cos(M_{i-j} + \theta_i) + l_j \cos(M_{j-i} + \theta_j)\right]$$

где i и j – номера пунктов, между которыми измерена длина линии;

M_{i-j}, M_{j-i} - начальные направления на пунктах i и j соответственно;

l_i, θ_i - элементы центрировки, определенные на пункте i ;

l_j, θ_j - элементы центрировки, определенные на пункте j.

Например, при измерении длины линии Роща - пп 213 светодальномер был установлен на пункте Роща, а отражатель – на пункте пп 213 над центром пункта. Следовательно, элементы центрировки определены только на пункте Роща (табл.16), и поправка за центрировку вычисляют по формуле:

$$\Delta D_Ц = -\left[l_i \cos(M_{i-j} + \theta_i)\right]$$

Приведенная длина линии вычисляют по формуле:

$$D_Ц = D_M + ДD_Ц,$$

где $D_Ц$ – приведенная к центрам пунктов длина стороны;

D_M – измеренное расстояние (см. табл. 15).

Поправка за центрировку в длину линии Роща–пп. 213

$$\Delta D_Ц = -\left[0{,}375\text{ м}\cos(154^\circ09' + 104^\circ30')\right] = +0{,}07\text{ м},$$

а приведенная к центрам пунктов длина стороны –

$$D_Ц = 798{,}32\text{ м} + 0{,}07\text{ м} = 798{,}39\text{ м}.$$

Приведение $D_Ц$ к горизонту осуществляется по формулам:

$$D_Г = D_Ц + \Delta D_Г;\quad \Delta D_Г = -\frac{h_{i-j}^2}{2D_Ц};\quad h_{i-j} = H_j - H_i,$$

где $D_Г$ – приведенная к горизонту длина линии $D_Ц$;

$D_Ц$ – приведенная к центру пунктов измеренная длина линии;

H_i, H_j – абсолютные высоты начальной и конечной точек линии;

h_{i-j} – превышение между начальной и конечной точками линии.

Длина линии Рощино – пп 213, приведенная к центрам пунктов, $D_Ц = 798{,}39$ м; $h = -50{,}44$ м.

$$\Delta D_Г = -\frac{(-50{,}44\text{м})^2}{2\cdot 798{,}39\text{м}} = -1{,}59\text{ м};\quad D_Г = 798{,}39\text{ м} - 1{,}59\text{ м} = 796{,}80\text{ м}.$$

Редуцирование длины линии $D_Г$ на уровень моря производится по формулам: $D_H = D_Г + ДD_H;\quad ДD_H = -\frac{H_m}{R} D_Г,$

где H_m – средняя высота линии над уровнем моря;

R – средний радиус Земли (R = 6371 км).

$$H_m = \frac{230{,}28\text{ м} + 179{,}84\text{ м}}{2} = 205{,}06\text{ м};$$

$$D_H = -\frac{205{,}06\text{ м}}{6371000\text{ м}} 796{,}80\text{ м} = -0{,}02\text{ м}.$$

$$D_H = 796{,}80\text{м} - 0{,}02 = 796{,}78\text{ м}.$$

Редуцирование длины линии D_H на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится по формулам:

$$D_П = D_H + ДD_П;\quad ДD_П = +\frac{Y_m^2}{2R^2} D_H,$$

где Y_m - среднее удаление стороны хода от осевого меридиана зоны.

Для решения этой задачи необходимы приближенные прямоугольные координаты пунктов полигонометрического хода (табл. 18).

$$Y_m = \frac{436{,}17\text{ км} + 436{,}38\text{ км}}{2} - 500\text{ км} = -63{,}72\text{ км};$$

$$\Delta D_П = +\frac{(-63{,}72\text{ км})^2}{2\cdot 6371^2} 796{,}78\text{ м} = 0{,}04\text{ м};\quad D_П = 796{,}78\text{ м} + 0{,}04\text{ м} = 796{,}82\text{ м}.$$

Таблица 20

Приведение измеренных длин линий к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера

Назв. пункта	D, м изм.	$\Delta D_Ц$, м	$D_Ц$, м	$\Delta D_Г$, м	$D_Г$, м	ΔD_H, м	D_H, м	Y_m	$\Delta D_П$, м	$D_П$, м
Роща										
	798,32	0,07	798,39	-1,59	796,80	-0,02	796,78	-63,72	0,04	**796,82**
пп 123										
	706,23			-0,40	705,83	-0,02	705,81	-63,56	0,04	**705,85**
пп 124										
	548,98			-0,32	548,66	-0,01	548,65	-63,51	0,03	**548,68**
Пп 215										
	639,26	0,44	639,70	-1,29	638,41	-0,02	638,39	-63,52	0,03	**638,42**
Холм										

После приведения измеренных величин (горизонтальных направлений и длин линий) к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится вычисление прямоугольных координат пунктов полигонометрического хода и оценка точности (табл. 21, 22).

Таблица 21

Вычисление приращений координат пунктов полигонометрического хода и оценка точности

Наз. пункта	Измеренный угол	Исправленный угол	Дирекционный угол	D, м	Приращения координат, м			
					вычисленные		исправленные	
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
Луговая								
	+1"		190°50'48"					
Роща	154°06'51"	154°06'52"			+0,01	+0,03		
	+1"		164 57 40	796,82	-769,53	+206,75	-769,52	+206,78
пп 213	185 11 45	185 11 46				+0,03		
	+1"		170 09 26	705,85	-695,46	+120,66	-695,46	+120,69
пп 214	192 20 49	192 20 50				+0,02		
	+1"		182 30 16	548,68	-548,16	-23,98	-548,16	-23,96
пп 215	176 47 08	176 47 09				+0,03		
	+1"		179 17 25	638,42	-638,37	+7,91	-638,37	+7,94
Холм	212 44 21	212 44 22						
			212 01 47					
Волок								

$\sum =$ 921° 10' 54" $\quad \sum =$ 2689,77 $\quad f_{\Delta X} =$ $\quad f_{\Delta Y} =$ = - 0,01м $\quad$ = -0,01м

$a_{кон} - a_{нач} = 21°10'59"$

$f_S = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2} = 0{,}11$м

$f_\beta = -5"$;

$f_{\beta доп} = 10" \sqrt{n} = 22"$,

где n – число углов; $n = 5$

$f_{отн} = 1:24452$; $f_{отн.\ доп.} = 1:10000$

Таблица 22

Вычисление прямоугольных координат пунктов подигонометрического хода

Название пункта	Приращения координат, м		Координаты, м	
	ΔX	ΔY	X	Y
Роща			**6 348 547,60**	**11 436 173,83**
	-769,52	+206,78		
пп 213			6 347 778, 08	11 436 380,61
	-695,46	+120,69		
пп 214			6 347 082,62	11 436 501,30
	-548,16	-23,96		
пп 215			6 346 534,46	11 436 477,34
	-638,37	+7,94		
Холм			**6 345 896,09**	**11 436 485,28**

Варианты для самостоятельной работы

Вариант № 1

Исходные данные

Исходные пункты	***X*, м**	***Y*, м**	***H*, м**
Горка	6 327 145,86	11 411 842,46	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 870,84	11 411 460,03	349,89
Лесная	6 317 440,74	11 409 314,19	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	***D*, м**	***h*, м**	***H*, м**
Олехово			400,13
	798,12	-49,99	
пп 123			350,14
	706,23	+19,46	
пп 124			369,60
	549,38	+20,31	
пп 125			389,91
	639,26	-40,02	
Ручей			349,89

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	**Название направления**	**Измеренные направления**	**Элементы приведений**
Горка	Олехово		$l_1 = 1{,}012$ м
			$\Theta_1 = 125°\ 00'$
Олехово	Горка	0° 00' 00"	$l = 0{,}563$ м
	пп 123	154 09 46	$\Theta = 104°\ 30'$
			$l_1 = 0{,}432$ м
			$\Theta_1 = 200°\ 45'$
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	$l = 0{,}113$ м
	Лесная	212 44 59	$\Theta = 160°\ 30'$
			$l_1 = 0{,}357$ м
			$\Theta_1 = 315°\ 15'$
Лесная	Ручей		$l_1 = 1{,}021$ м
			$\Theta_1 = 10°\ 45'$

Вариант № 2

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 327 327,04	11 411 877,17	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 738,26	11 411 475,62	347,38
Лесная	6 317 136,65	11 409 222,49	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	838,03	-52,49	
пп 123			347,64
	741,54	+20,44	
пп 124			368,08
	576,85	+21,32	
пп 125			389,40
	671,23	-42,02	
Ручей			347,38

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 1,063 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,591 м
	пп 123	154 09 46	Θ= 104° 30'
			l_1 = 0,454 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,119 м
	Лесная	212 44 59	Θ= 160° 30'
			l_1 = 0,375 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 1,072 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 3

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 327 508,22	11 411 911,89	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 605,69	11 411 491,21	344,86
Лесная	6 316 832,58	11 409 130,79	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	877,94	-54,99	
пп 123			345,14
	776,54	+21,41	
пп 124			366,55
	604,32	+22,34	
пп 125			388,89
	703,19	- 44,03	
Ручей			344,86

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 1,113 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,619 м
	пп 123	154 09 46	Θ= 104° 30'
			l_1 = 0,475 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,124 м
	Лесная	212 44 59	Θ= 160° 30'
			l_1 = 0,393 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 1,123 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 4

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 327 689,39	11 411 946,60	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 473,11	11 411 506,81	342,35
Лесная	6 316 528,49	11 409 039,09	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	917,84	-57,48	
пп 123			342,65
	812,17	+22,38	
пп 124			365,03
	631,78	+23,35	
пп 125			388,38
	735,15	- 46,03	
Ручей			342,35

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 1,164 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,647 м
	пп 123	154 09 46	Θ= 104° 30'
			l_1 = 0,497 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,130 м
	Лесная	212 44 59	Θ= 160° 30'
			l_1 = 0,410 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 1,174 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 5

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 327 870,57	11 411 981,31	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 340,54	11 411 522,40	339,84
Лесная	6 316 224,42	11 408 947,39	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	957,75	-59,98	
пп 123			340,15
	847,48	+23,36	
пп 124			363,51
	659,25	+24,37	
пп 125			387,88
	767,12	- 48,04	
Ручей			339,84

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 1,214 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,676 м
	пп 123	154 09 46	Θ= 104° 30'
			l_1 = 0,518 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,136 м
	Лесная	212 44 59	Θ= 160° 30'
			l_1 = 0,428 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 1,225 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 6

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 328 051,74	11 412 016,03	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 207,96	11 411 537,99	337,33
Лесная	6 315 920,33	11 408 855,69	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	997,66	-62,48	
пп 123			337,65
	882,79	+24,33	
пп 124			361,98
	686,72	+25,38	
пп 125			387,36
	799,08	- 50,03	
Ручей			337,33

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 1,265 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,704 м
	пп 123	154 09 46	Θ = 104° 30'
			l_1 = 0,540 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,141 м
	Лесная	212 44 59	Θ = 160° 30'
			l_1 = 0,446 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 1,276 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 7

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 328 232,92	11 412 050,74	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 320 075,38	11 411 553,58	334,82
Лесная	6 315 616,25	11 408 763,99	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	1037,56	-64,98	
пп 123			335,55
	918,10	+25,30	
пп 124			360,45
	714,19	+26,40	
пп 125			386,85
	831,04	- 52,03	
Ручей			334,82

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 1,316 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,732 м
	пп 123	154 09 46	Θ = 104° 30'
			l_1 = 0,562 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,147 м
	Лесная	212 44 59	Θ = 160° 30'
			l_1 = 0,464 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 1,327 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 8

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 326 964,69	11 411 807,74	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 321 003,42	11 411 444,44	352,40
Лесная	6 317 744,82	11 409 405,89	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	758,22	-47,49	
пп 123			352,64
	670,92	+18,49	
пп 124			371,13
	521,91	+19,29	
пп 125			390,42
	607,30	- 38,02	
Ручей			352,40

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 0,961 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,535 м
	пп 123	154 09 46	Θ= 104° 30'
			l_1 = 0,410 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,107 м
	Лесная	212 44 59	Θ= 160° 30'
			l_1 = 0,339 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 0,970 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 9

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 326 783,52	11 411 773,03	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 321 135,99	11 411 428,84	354,91
Лесная	6 318 048,90	11 409 497,58	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	718,31	-44,99	
пп 123			355,14
	635,61	+17,52	
пп 124			372,66
	494,44	+18,28	
пп 125			390,94
	575,34	- 36,03	
Ручей			354,91

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 0,911 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,507 м
	пп 123	154 09 46	Θ = 104° 30'
			l_1 = 0,389 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,102 м
	Лесная	212 44 59	Θ = 160° 30'
			l_1 = 0,321 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 0,919 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 10

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Горка	6 326 602,34	11 411 738,32	
Олехово	6 323 522,36	11 411 148,18	400,13
Ручей	6 321 268,57	11 411 413,25	357,42
Лесная	6 318 354,96	11 409 589,29	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Олехово			400,13
	678,41	-42,49	
пп 123			357,64
	600,30	+16,54	
пп 124			374,18
	466,97	+17,26	
пп 125			391,44
	543,37	- 34,02	
Ручей			357,42

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Горка	Олехово		l_1 = 0,911 м
			Θ_1 = 125° 00'
Олехово	Горка	0° 00' 00"	l = 0,507 м
	пп 123	154 09 46	Θ = 104° 30'
			l_1 = 0,389 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 123	Олехово	0° 00' 00"	
	пп 124	185 11 41	
пп 124	пп 123	0° 00' 00"	
	пп 125	192 20 40	
пп 125	пп 124	0° 00' 00"	
	Ручей	176 48 29	
Ручей	пп 125	0° 00' 00"	l = 0,102 м
	Лесная	212 44 59	Θ = 160° 30'
			l_1 = 0,321 м
			Θ_1 = 315° 15'
Лесная	Ручей		l_1 = 0,919 м
			Θ_1 = 10° 45'

Вариант № 11

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Ольгино	6 324 544,51	11 399 863,24	
Шахта	6 328 777,44	11 401 266,19	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	17,76
Холм	6 334 361,68	11 405 121,99	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Шахта			100,11
	659,62	+23,44	
пп 173			123,55
	702,65	-10,08	
пп 174			113,47
	666,78	-55,03	
пп 175			58,44
	799,45	- 40,68	
Урочище			17,76

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,020 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,552 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,456 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,056 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,320 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,863 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 12

Исходные данные

Исходные пункты	***X*, м**	***Y*, м**	***H*, м**
Ольгино	6 325 879,30	11 400 427,32	
Шахта	6 329 265,65	11 401 549,68	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	34,24
Холм	6 333 733,05	11 404 634,32	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	***D*, м**	***h*, м**	***H*, м**
Шахта			100,11
	527,70	+18,76	
пп 173			118,87
	562,12	- 8,06	
пп 174			110,81
	533,42	-44,03	
пп 175			66,78
	639,56	- 32,54	
Урочище			34,24

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	**Название направления**	**Измеренные направления**	**Элементы приведений**
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,016 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,418 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,365 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,045 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,056 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,690 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 13

Исходные данные

Исходные пункты	***X*, м**	***Y*, м**	***H*, м**
Ольгино	6 324 210,81	11 399 722,22	
Шахта	6 328 655,39	11 401 195,32	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	13,66
Холм	6 334 518,84	11 405 243,90	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	***D*, м**	***h*, м**	***H*, м**
Шахта			100,11
	692,60	+24,62	
пп 173			124,73
	737,79	-10,58	
пп 174			114,15
	700,12	-57,78	
пп 175			56,37
	839,43	- 42,71	
Урочище			13,66

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	**Название направления**	**Измеренные направления**	**Элементы приведений**
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,021 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,580 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,479 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,059 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,386 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,906 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 14

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Ольгино	6 325 545,61	11 400 286,30	
Шахта	6 329 143,60	11 401 478,81	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	30,12
Холм	6 333 890,21	11 404 756,24	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Шахта			100,11
	560,68	+19,93	
пп 173			120,04
	597,26	- 8,56	
пп 174			111,48
	566,76	-46,78	
пп 175			64,70
	679,54	- 34,58	
Урочище			30,12

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,017 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,469 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,388 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,048 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,122 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,734 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 15

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Ольгино	6 323 877,12	11 399 581,20	
Шахта	6 328 533,34	11 401 124,44	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	9,54
Холм	6 334 676,00	11 405 365,82	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Шахта			100,11
	725,58	+25,79	
пп 173			125,90
	772,92	-11,08	
пп 174			114,82
	733,46	-60,54	
пп 175			54,28
	879,40	- 44,74	
Урочище			9,54

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,022 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,607 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,502 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,062 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,452 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,949 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 16

Исходные данные

Исходные пункты	***X*, м**	***Y*, м**	***H*, м**
Ольгино	6 325 211,91	11 400 145,28	
Шахта	6 329 021,55	11 401 407,93	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	26,00
Холм	6 334 047,37	11 404 878,15	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	***D*, м**	***h*, м**	***H*, м**
Шахта			100,11
	593,66	+21,10	
пп 173			121,21
	632,39	- 9,07	
пп 174			112,14
	600,10	-49,53	
пп 175			62,61
	719,51	- 36,61	
Урочище			26,00

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	**Название направления**	**Измеренные направления**	**Элементы приведений**
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,018 м
			Θ_1 = 160° 00'-
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,479 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,410 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,050 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,188 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,777 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 17

Исходные данные

Исходные пункты	***X*, м**	***Y*, м**	***H*, м**
Ольгино	6 323 543,41	11 399 440,18	
Шахта	6 328 411,28	11 401 053,57	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	5,41
Холм	6 334 833,16	11 405 487,74	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	***D*, м**	***h*, м**	***H*, м**
Шахта			100,11
	758,56	+26,96	
пп 173			127,07
	808,05	-11,59	
пп 174			115,48
	766,79	-63,29	
пп 175			52,19
	919,37	- 46,78	
Урочище			5,41

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	**Название направления**	**Измеренные направления**	**Элементы приведений**
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,023 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,635 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,524 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,064 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,518 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,992 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 18

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Ольгино	6 324 878,22	11 400 004,26	
Шахта	6 328 899,50	11 401 337,06	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	21,89
Холм	6 334 204,53	11 405 000,07	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Шахта			100,11
	626,64	+22,27	
пп 173			122,38
	667,52	- 9,57	
пп 174			112,81
	633,44	-52,28	
пп 175			60,53
	759,48	- 38,64	
Урочище			21,89

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,019 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,524 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,433 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,053 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 1,254 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,820 м
			Θ_1 = 98° 45'

Вариант № 19

Исходные данные

Исходные пункты	*X*, м	*Y*, м	*H*, м
Ольгино	6 326 213,01	11 400 568,34	
Шахта	6 329 387,71	11 401 620,55	100,11
Урочище	6 331 218,51	11 402 683,65	38,34
Холм	6 333 575,89	11 404 512,40	

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

Название пункта	*D*, м	*h*, м	*H*, м
Шахта			100,11
	494,72	+17,58	
пп 173			117,69
	526,99	- 7,56	
пп 174			110,13
	500,08	-41,28	
пп 175			68,85
	599,59	- 30,51	
Урочище			38,34

Измеренные направления и элементы приведения

Название пункта	Название направления	Измеренные направления	Элементы приведений
Ольгино	Шахта		l_1 = 0,015 м
			Θ_1 = 160° 00'
Шахта	Ольгино	0° 00' 00"	l = 0,414 м
	пп 173	194 59 36	Θ = 120° 30'
			l_1 = 0,342 м
			Θ_1 = 200° 45'
пп 173	Ольгино	0° 00' 00"	
	пп 174	175 11 41	
пп 174	пп 173	0° 00' 00"	
	пп 175	182 51 52	
пп 175	пп 174	0° 00' 00"	
	Урочище	176 48 29	
Урочище	пп 175	0° 00' 00"	l = 0,042 м
	Холм	189 44 56	Θ = 210° 30'
			l_1 = 0,990 м
			Θ_1 = 280° 15'
Холм	Урочище		l_1 = 0,647 м
			Θ_1 = 98° 45'

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практикум содержит лабораторные работы, выполняемые студентами очного и заочного обучения, по разделу «Основные геодезические работы» дисциплины «Высшая геодезия». Их выполнение должно способствовать более глубокому осмысливанию теоретических положений, приобретению практических навыков в предварительной обработке результатов геодезических измерений, оценки их точности, и подготовки данных для их дальнейшего уравнивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акулова Е. А., Клепко В. Л.* Основные геодезические работы: учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 2003. – 39 с.

2. *Высшая геодезия*: учебник / В. Г. Зданович [и др.]. – М.: Недра, 1970. – 512 с.

3. *Инструкция по вычислению нивелировок.* – М.: Недра,1971. – 112 с.

4. *Клепко В. Л., Александров А. В.* Высшая геодезия: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2009. – 195 с.

5. *Яковлев Н. В.* Высшая геодезия: учебник. – М.: Недра, 1989. – 445 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для обучающихся по специальности
21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«___»_____2019 г.

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Высшая геодезия: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы обучающихся по специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Высшая геодезия».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «___»_____2019 г., протокол №_____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента	6
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения	7
3. Расчётно-графичесие работы	9
3.1. Расчётно-графическая работа №1. Обработка результатов измерений горизонтальных направлений в триангуляции .	9
3.2. Расчётно-графическая работа №2. Предварительные вычисления в триангуляции	11
Рекомендуемая литература	13

Введение

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки обучающихся по дисциплине «Высшая геодезия» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 35 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Высшая геодезия» обязательная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Высшая геодезия». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Высшая геодезия» в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Содержание и задачи дисциплины «Высшая геодезия»

Содержание, задачи и разделы дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи основных разделов высшей геодезии.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные научные задачи высшей геодезии.
2. Назовите основные научно-технические задачи высшей геодезии.
3. Назовите основные разделы дисциплины «высшая геодезия».
4. Какие показатели заложены в классификацию триангуляции?
5. объекты изучения и задачи основных разделов высшей геодезии?
6. . Что изучает теоретическая геодезия?
7. Что изучает сфероидическая геодезия?
8. Что изучает геодезическая астрономия?
9. Что изучает раздел «основные геодезические работы»?
10. Теоретическое и практическое значение высшей геодезии для маркшейдеров?

Тема 2. Основные понятия сфероидической геодезии

Земной эллипсоид в качестве модели Земли. Общеземные эллипсоиды ПЗ-90 и WGS-84, референц-эллипсоид Красовского. Радиус кривизны меридиана. Радиус кривизны первого вертикала. Средний радиус кривизны. Вычисление длин дуг меридианов и параллелей. Взаимные нормальные сечения. Геодезическая линия на поверхности эллипсоида.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Земной эллипсоид в качестве математической модели Земли.
2. Что такое референц-эллипсоид?
3. Чем различаются общеземной и референц-эллипсоид?
4. Какими параметрами характеризуется Земной эллипсоид?

5. К какому типу эллипсоидов относятся эллипсоиды ПЗ-90 и WGS-84?
6. Каковы параметры общеземных эллипсоидов ПЗ-90 и WGS-84?
7. Каковы параметры референц-эллипсоида Красовского?
8. Как определяется радиус кривизны меридиана?
9. Как определяется радиус кривизны первого вертикала?
10. Как определяется средний радиус кривизны?
11. Как определяется длина дуги меридиана?
12. Как определяется длина дуги параллели?
13. Что такое взаимные нормальные сечения эллипсоида?
14. Что такое геодезическая линия на поверхности эллипсоида?
15. Что такое «полярное сжатие» эллипсоида?

Тема 3. Основные понятия теоретической геодезии

Основные сведения о фигуре и гравитационном поле земли. Сила тяжести и уровенные поверхности Земли. Потенциал силы притяжения земли и потенциал центробежной силы. Потенциал силы тяжести. Физическая поверхность Земли. Геоид и квазигеоид. Нормальная Земля и фигура реальной Земли. Уклонение отвесных линий.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Что понимается фигурой «геоид»?
2. Чем отличается квазигеоид от геоида?
3. Какие науки изучают гравитационное поле Земли?
4. Где на Земле сила тяжести имеет наименьшее значение?
5. Каким прибором измеряется ускорение силы тяжести?
6. Как влияет вращение Земли на значение силы тяжести на её поверхности?
7. В каких единицах измерения определяется ускорение силы тяжести в при гравиметрических измерениях?
8. Как связаны сила тяжести и уровенные поверхности Земли?
9. Что принято называть «Нормальной Землёй»?
10. Что такое фигура «реальной Земли»?

11. Что такое геодезическая высота?

12. Что такое аномалия высот?

Тема 4. Геодезические сети, их виды, назначение и методы создания

Государственная геодезическая сеть. Методы создания государственной геодезической сети традиционные и современные. Геодезические сети сгущения. Геодезические съемочные сети. Геодезические сети специального назначения.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Основные положения построения ГГС в России?
2. Классификация государственных геодезических сетей.
3. Какие виды геодезических сетей используются на горных предприятиях?
4. Что такое «центр» и «знак» у государственного геодезического пункта?
5. Сущность и область применения государственной триангуляции?
6. Сущность и область применения государственной полигонометрии.
7. Сущность и область применения государственной трилатерации?
8. Какими параметрами характеризуется геодезическая сеть
9. Как и для чего строится государственная гравиметрическая сеть
10. Геодезические сети специального назначения.

Тема 5. Системы координат в геодезии

Системы координат в геодезии. Пространственная прямоугольная геоцентрическая система координат. Геодезические широта и долгота. Геодезическая высота. Система плоских прямоугольных координат в картографической проекции Гаусса-Крюгера. Единая государственная система координат и высот. Вычисление плоских прямоугольных координат пункта по его широте и долготе. Вычисление широты и долготы пункта по его плоским прямоугольным координатам.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Классификация систем координат в .геодезии.
2. Что такое прямоугольная геоцентрическая подвижная система координат?
3. Что такое геодезическая широта?

4. Что такое геодезическая долгота?
5. Где используется прямоугольная геоцентрическая подвижная система координат?
6. Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
7. Система государственных координат 1942 года (СК-42).
8. Система государственных координат 1995 года (СК-95).
9. Система государственных координат 2011 года (ГСК-2011).
10. Где применяются системы координат ПЗ-90 и WGS-84 ?

Тема 6. Проектирование геодезических сетей

Проектирование сетей триангуляции полигонометрии. Порядок составления технического проекта. Расчёт высоты геодезических знаков. Центры и знаки геодезических сетей. Оценка точности построения геодезической сети. Проектирование спутниковых измерений в сети. Расчёт объёмов геодезических работ, времени их выполнения и сметы расходов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Основные положения о составлении проекта сети триангуляции.
2. Для чего нужно проектировать геодезическую сеть на топографической карте?
3. Какие задачи должны быть решены в проекте геодезической сети?
4. Как спроектировать сеть триангуляции IV класс?
5. Как спроектировать сеть триангуляции 1 и 2 разрядов?
6. Как спроектировать полигонометрию 1 и 2 разрядов?
7. Каковы требования Инструкции к параметрам триангуляции 1 и 2 разрядов?
8. Каковы требования Инструкции к параметрам триангуляции IV класса?
9. Каковы требования Инструкции к параметрам полигонометрии 1 и 2 разрядов?
10. Как рассчитывается высота геодезического знака?

Тема 7. Предварительные вычисления в геодезических сетях

Способы измерения горизонтальных направлений в сети триангуляции. Обработка результатов измерений горизонтальных направлений способом круговых приёмов. Предварительное решение треугольников в сети триангуляции и вычисление приближённых координат пунктов сети. Вычисление поправок в измеренные направления за центрировку прибора и редукцию визирных целей. Вычисление поправок в измеренные направления за кривизну изображении геодезических линий на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера. Вычисление приведённых к центрам пунктов направлений и оценка точности измерений в сети триангуляции.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Обработка результатов измерений горизонтальных направлений в сети триангуляции.
2. Как производится вывод средних направлений на пункте триангуляции?
3. Какие производится предварительное решение треугольников в сети?
4. Как и для чего составляется рабочая схема сети триангуляции?
5. Что такое элементы приведения и как они используются?
6. Как вычисляются поправки в направления за центрировку прибора?
7. Как вычисляются поправки в направления за редукцию визирных целей?
8. Как и для чего вычисляются приближенные координаты пунктов триангуляции?
9. Как вычисляются поправки за кривизну изображения геодезических линий на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера?
10. Как выполняется оценка точности результатов измерений по приведённым направлениям?

Тема 8. Государственная нивелирная сеть

Понятие о системах высот. Государственная нивелирная сеть. Уравнивание нивелирных сетей.

***Контрольные вопросы и упражнения*:**

1. Каков основной принцип развития государственной нивелирной сети?.
2. Что такое репера и как они создаются?
3. Основные положения о геометрическом нивелировании III и IV классов.
4. Основные положения о геометрическом нивелировании I и II классов.
5. В чем суть нивелирных сетей с узловыми точками и какими методами производится их уравнивание?

Тема 9. Глобальные навигационные спутниковые системы

Современные глобальные навигационные спутниковые системы. (ГНСС) Сущность геодезических измерений спутниковыми методами. Методы измерений и вычислений. Основные источники ошибок. Использование ГНСС для создания опорных геодезических сетей.

***Контрольные вопросы и упражнения*:**

1. Какие глобальные навигационные спутниковые системы сейчас работают?
2. Какие 3 сегмента входят в глобальную навигационную спутниковую систему?
3. Как классифицируются спутниковые приёмники по назначению?
4. Чем отличаются космические группировки спутников ГЛОНАСС и GPS
5. Какова точность измерения координат навигационным спутниковым приёмником?
6. Какова точность измерения координат геодезическим спутниковым приёмником?
7. Чем отличаются абсолютный и относительный метод определения координат спутниковыми приёмниками?
8. Назовите источники ошибок при спутниковом позиционировании.
9. Какой DOP используется при спутниковых координатных измерениях?
10. Чем различаются методы спутниковых измерений «статика» и «кинематика?
11. Какие технологии используются при создании опорных геодезических сетей геодезическими спутниковыми приёмниками?

12. Какие технологии используются при создании съёмочных геодезических сетей геодезическими спутниковыми приёмниками?

Рекомендуемая литература

1. Высшая геодезия: учебное пособие / В.Л. Клепко, А.В. Александров; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. - 429 с.

2. Высшая геодезия: практикум /В.Л. Клепко, Уральский гос. горный ун-т. 2-е издание, исправленное. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013.- 81 с

3. Высшая геодезия: учебно-методическое пособие / В. Л. Клепко. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 47 с

4. Клепко В. Л. Системы координат в геодезии /В. Л. Клепко, А. В. Александров. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – 114 с

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..4
1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ…….5
2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ…….…..11
2.1Общие требования……11
2.2 Порядок брошюровки работы……12
2.3 Требования к оформлению титульного листа……..12
2.4 Требования к оформлению реферата…….14
2.5 Требования к оформлению содержания……15
2.6 Требования к оформлению введения…….15
2.7 Требования к оформлению основных разделов документа…….16
2.7.1 Построение документа……16
2.7.2 Изложение текста документов……..18
2.7.3 Требования к оформлению формул……..20
2.7.4 Требования к оформлению примечаний……..23
2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций…….24
2.7.6 Построение таблиц……..24
2.8 Требования к оформлению заключения…….…28
2.9 Требования к оформлению списка литературы…….…28
2.10 Требования к оформлению приложений…….…30
3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ……..32
3.1 Виды горно-графической документации…….32
3.2 Комплектность горно-графических документов……32
3.3 Общие правила выполнения горных чертежей……..33
3.3.1 Форматы……33
3.3.2 Масштабы……..33
3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы…….34
3.3.4 Нанесение размеров…….37
3.3.5 Основные надписи……39
3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..41
3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей……41
3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов…….43
3.4.3 Рамки и поля чертежей…….45
3.4.4 Сетка координат……49
3.5 Правила выполнения условных обозначений…….51
3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности…….55
3.6.1 Чертежная бумага и пластики……55
3.6.2 Тушь, краски……58
3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности……60
4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ……..65
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……...68

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.1

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на 1/3 больше единицы. При этом четные цифры выступают на 1/3 строки вверх, а нечетные на 1/3 вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съемочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съемочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей (отдельно по опорным и съемочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записи к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;

- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняют одним из следующих способом:

- типографским;

- ксерокопированием;

- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой пли тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
-основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

МИНОБР РОССИИ
поле 1

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2

Кафедра маркшейдерского дела
поле 3

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
"___"_____2019 г.
поле 4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5

Выпускная квалификационная работа
поле 6

Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1

Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И.

поле 7

Екатеринбург
2019
поле 8

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

поле 1 — наименование министерства;

поле 2 — полное наименование вуза;

поле 3 – наименование факультета (кафедры);

поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;

поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;

поле 6 – вид работы;

поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;

поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;

поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника } ***Нумерация подразделов***

1.3 Гидрогеологические условия ***первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки } ***Нумерация пунктов второго***

2.2.2 Погрузочное оборудование ***подраздела второго раздела***

2.2.3 Транспортное оборудование

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съемочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: ***2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.***

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

а)_____

1)_____

2)_____

в) _____

1)_____

2)_____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требовании в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “∅” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “∅”;

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготовляемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, ***“Сигнал + 27 включено”***.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ”.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должка быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м***.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, ***содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.***

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например***, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.***

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, ***5/32***.

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — ***Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле***

$$\sigma = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м^3.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например ***формула (В.1).***

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например ***(3.1).***

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1_____

2_____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается ***“Рисунок 1”*** или - ***“Рисунок 1- Схема полигона”***.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - ***Рисунок А.3***.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - ***Рисунок 1.1***.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например –***“ Рисунок 1 — Схема полигона”.***

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - ***Таблица 1 - Сводные данные***.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, ***“Размеры в миллиметрах”, “Напряжение в вольтах”***, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например ***D — диаметр, H — высота, L — длина***.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента $к_т$

Средняя скорость подвигания очистного забоя С, м/мес	**Глубина горных работ Н, м**		
	до 100	**до 300**	**≥ 500**
20	**1,5**	**1,2**	**1,1**

60	**1,8**	**1,5**	**1,3**
до150	**2,0**	**1,5**	**1,5**

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе “Список литературы” следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);

- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;

- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов и др.; Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ^3 В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с. .

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ^3 Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ^3 F 02 C 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ: Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пишев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[*18, т. I, с.75*]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[*Николаев И.Н., 1965*]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобах для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 х 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{Вид А}{1:500};\quad \frac{1}{1:100};\quad \frac{Профиль\ пути\ откаточного\ штрека}{\begin{matrix}1:2000\\1:200\end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2 Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 — сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">Минобразования
РФ</td><td colspan="2">090100.00
ДП</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Должность</td><td>Фамилия</td><td>Подп.</td><td>Дата</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Студент</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="5">Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда”</td><td>Отдел</td><td>Масштаб</td></tr>
<tr><td>Руководитель</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">ГТФ
Каф. МД</td><td rowspan="2">1:100</td></tr>
<tr><td>Консульт.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Н. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td>Лист 1</td><td>Листов 1</td></tr>
<tr><td>Зав. каф.</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">УГГГА</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

Название чертежей	Масштаб (один из указанных)	Примечание

План промышленной площадки	1:500; 1 :1000	
Подземный способ разработки		
План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности
План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию)	1:1000; 1:2000	Мощные пласты
Проекция горных выработок на вертикальную плоскость	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более
Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела
План горных выработок по основным горизонтам горных работ	1:1000; 1:2000; 1:5000	Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы
Открытый способ разработки		
План горных выработок по горизонтам горных работ	1:500; 1:1000; 1:2000	Карьеры
План горных выработок полигонов	1:2000	Прииски
Разрезы, приуроченные к разведочным линиям	1:500, 1:1000;1:2000	Карьеры и прииски
Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок	1:5000; 1:10000; 1:25000	Карьеры и прииски

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

Название ошибок	Допустимая величина ошибки, мм
Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки	± 0,2

координат Ошибка положения пунктов опорной и съемочной сетки по отношению к линиям сетки координат	± 0,4
Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров	± 0,8

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км^2 составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для разделения на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Разделение листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

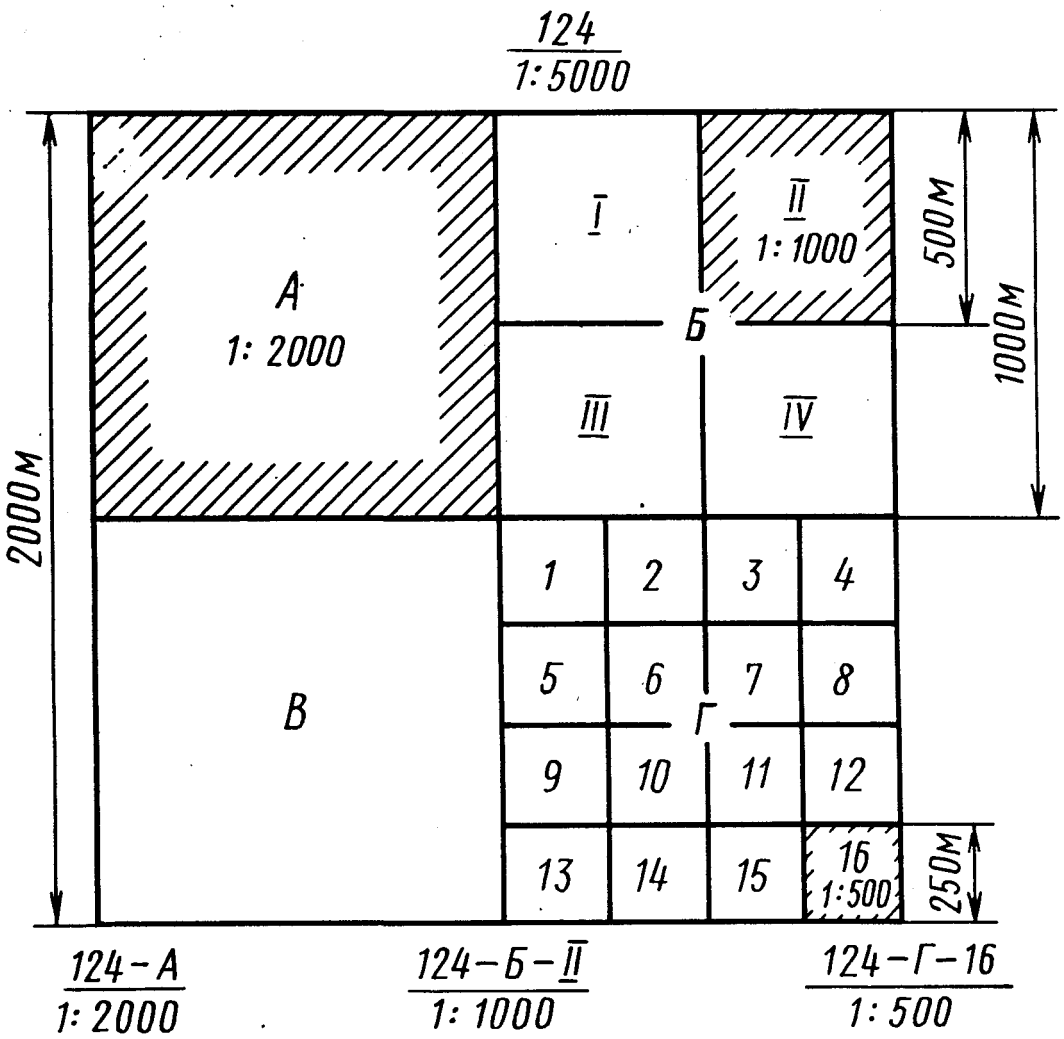


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16) .

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.



Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

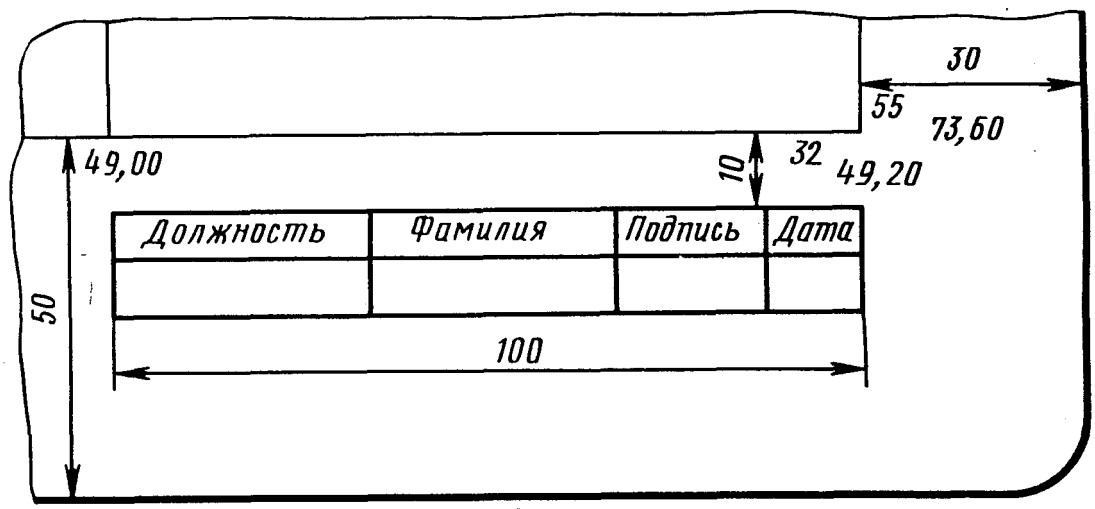


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

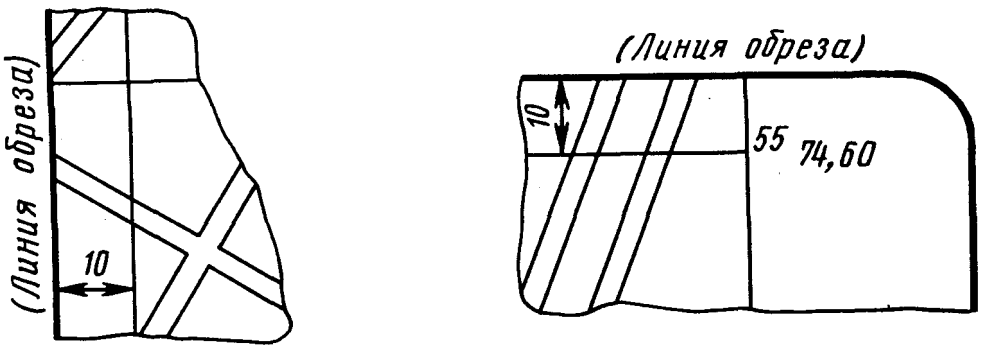


Рисунок 3.19

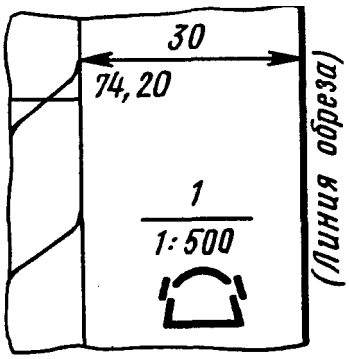


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Содержание надписи	Размер шрифта, мм
Числовые значения координаты	2,5
Названия чертежей	4,0; 5,0; 6,0: 7,0: 8,0; 10,0; 14,0
Числовые значения координат *Y и X*	1,6. 2,0; 2,5
Масштабы	3,0
Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах	2,5
Номенклатурные номера планшетов	5,0
Условые номера планшетов на схемах расположения	3,0
Обозначения сторон света	3,0
Номера планшетов на картограммах расположения	5,0
Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий	2,5

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты *Y* и *X* для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

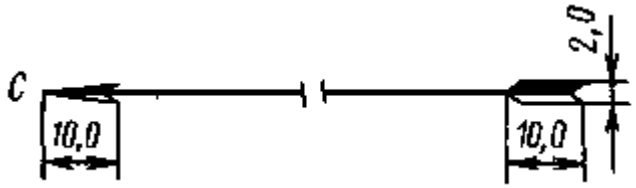


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

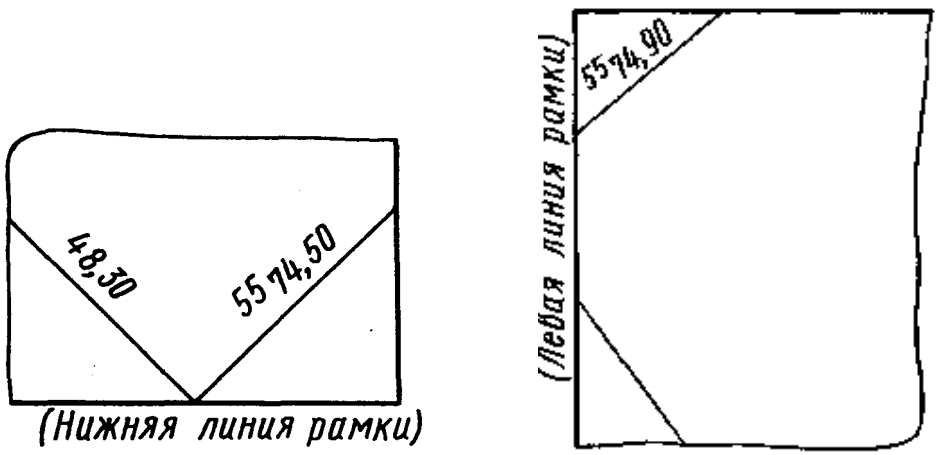


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат Х и У на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для внемасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показывают следующими цветами:

бетон, железобетон – зеленый 7;

металл - светлый фиолетовый 10 С;

кирпич, камень, шлакоблоки – оранжевый 3;

дерево - желтый 4.

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

0 или 5 – светлый фиолетовый 10 С;

1 или 6 – светлый красный 2С;

2 или 7 – светлый зеленый 7С;

3 или 8 – оранжевый 3С;

4 или 9 – светлый синий 9С.

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, оборотная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька приготовляется из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на пере, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двухромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от $+5^0$С до $+30^0$С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина ∗Коструктор∗ 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горно-графической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7 ,12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется зажиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе питьевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{o}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 х 40 см и 50 х50 см с квадратами 10 х 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 х 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 х 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.

2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.

3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.

2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.

3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.

4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.

5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.

6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.

7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.

8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
2. План застроенной части земной поверхности.
3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
4. План промышленной площадки.
5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.

Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Колесатова О.С.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело» специализации № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург, 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург
2019

Маркшейдерское черчение: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» / О.С. Колесатова; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с рабочей программой.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» по курсу «Топографическое черчение».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 6

2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ 7

3 СОДЕРЖАНИЕ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ) 17

Введение

Самостоятельная работа студентов — планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами организации самостоятельной работы студентов являются:

- Развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- Развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений.
- Стимулирование самообразования и самовоспитания.
- Развитие способности планировать и распределять свое время.

Кроме того, эта самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций.

Среди функций самостоятельной работы студентов в общей системе обучения выделяют следующие:

- Развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, формирование интеллектуальных способностей студентов).
- Информационно-обучающая.
- Стимулирующая (формирование мотивов образования, самообразования).
- Воспитывающая (формирование личностно-профессиональных качеств специалиста).

Виды самостоятельной работы студентов в настоящее время весьма разнообразны и дают широкий выбор для преподавателя.

К ним относятся:

- работа с книжными источниками (учебниками, задачниками, с основной и дополнительной рекомендованной литературой);
- работа с электронными источниками (обучающие программы, самоучители и т.п.);
- работа в сети Internet (поиск нужной информации, обработка противоречивой и взаимодополняющей информации; работа со специализированными образовательными сайтами);
- выполнение домашних работ.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Программа дисциплины содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется основная и дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков выполнения расчетно-графических работ по отдельным разделам дисциплины необходимо использовать методические указания к выполнению практических работ.

При освоении указанных тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебно-методическим материалам освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны учебники и учебные пособия, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Выполните указанные расчетно-графические работы. Условия и примеры выполнения приведены в данном учебном пособии. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

2.1 Тема: Содержание и задачи дисциплины

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: связь курса с другими дисциплинами; предмет, объекты изучения и задачи дисциплины.

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва : Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/66452
3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679.

2.2 Тема: «Классификация чертежей».

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды чертежей: план, карта, профиль, разрез, проекция; классификация чертежей: по характеру построения, по своему назначению; требования к графической документации.

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
2. Историческая справка о развитии топографического черчения.
3. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
4. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
5. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дро- бышева.
6. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
7. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
8. Требования к составлению топографичеких карт и планов.
9. Порядок вычерчивания элементов содержания.
10. Особенности оформления топографических карт и планов

Расчетно-графическая работа 1

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

На чертежной бумаге формата А6 вертикальными линиями разделить рабочее поле на три равные части. В каждой из них сделать карандашом разметки для четырех линий. По завершении чертежа эти вспомогательные линии аккуратно убрать резинкой.

В левой части рабочего поля вычертить четыре сплошные линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Остро отточенным карандашом вычертить первую, самую тонкую линию методом наращивания движением карандаша к себе (сверху вниз) в виде отдельных штрихов, длиной 2–3 мм. Каждый последующий штрих начинать с середины предыдущего.

Каждую последующую линию чертить в два раза толще предыдущей. Все линии вычерчивать произвольной кривизны примерно параллельно друг другу. Весь чертеж, кроме рамки, выполнять от руки.

Толщину линий и интервалы определять вначале по специальной шкале, в дальнейшем необходимо учиться оценивать толщину на глаз.

В центральной части рабочего поля вычертить четыре штриховые линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм, длина штрихов 4 мм, интервал между штрихами 1 мм. Длину нескольких первых штрихов проверить по шкале, затем тренировать глазомер. При вычерчивании штрихов добиваться четкого исполнения краев − они должны быть ровными, образовывать угол примерно 90º.

При нанесении штриховки длину штриха можно немного изменить, чтобы штрих доходил до рамки.

В правой части рабочего поля вычертить четыре линии, состоящие из точек диаметром 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Расстояние между краями точек принять равным 1 мм.

Проверить и скорректировать чертеж. Разделить рабочее поле на верхнюю и нижнюю части горизонтальной линией, прочерченной карандашом с применением линейки. Все вычерченные ранее линии, расположенные в верхней части рабочего поля, обвести тушью чертежным пером. Линии, расположенные в верхней части, оставить в карандашном исполнении.

Пример выполнения работы приведен на рис. 1

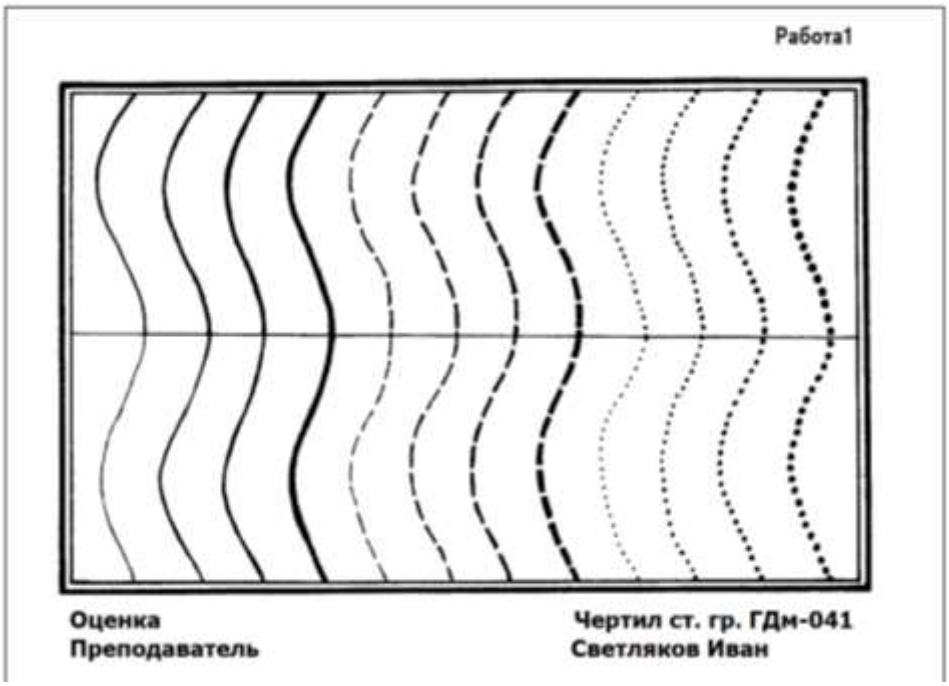


Рисунок 1

В левой части рабочего поля вычертить кронциркулем четыре серии окружностей заданного диаметра:1,2; 1,5; 2,0; 2,5 мм.

Для этого левое поле дополнительно разделить горизонтальными линиями на четыре равные части. В каждой из них карандашом построить сетку 5×5 мм, в вершинах квадратов в шахматном порядке вычертить окружности заданных размеров: в каждом прямоугольнике окружности одного диаметра (рис. 2).

Правую часть рабочего поля разделить на две равные части горизонтальной линией.

В верхней части правого поля вычертить сетку взаимно перпендикулярных линий, расположенных под углом 45° к рамке. Толщина линий 0,1 мм, расстояние между ними 1 мм.

В нижней части правого поля вычертить три серии линий: сплошные, штриховые и точечные.

Толщина линий в серии: 0,2; 0,4 и 0,8 мм.

Для штриховых линий принять длину штриха 4 мм, интервал между ними 1 мм.

Для точечных линий расстояние между точками принять 1 мм.

Длину штрихов и интервалов определять вначале по линейке – на пробном листе, в дальнейшем – на глаз.

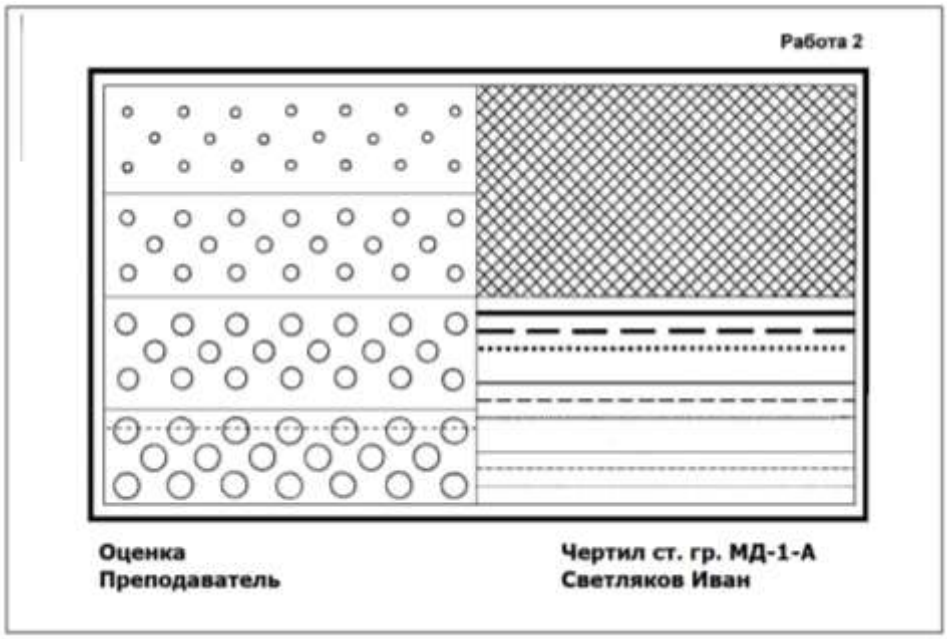


Рисунок 2

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

2.3 Тема: «Топографические шрифты»

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды шрифтов для надписей на топографических картах и планах;

применение указанных шрифтов на топографических картах и планах; конструкция каждого шрифта: основные размеры, особенности рисунка отдельных букв и их элементов.

Контрольные вопросы

1. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
2. Значение надписей на топографических картах.
3. Требования, предъявляемые к шрифтам.
4. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?
5. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?
6. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?
7. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?
8. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.
9. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.
10. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Расчетно-графическая работа 2

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

До выполнения задания необходимо изучить технику написания цифр вычислительным (скорописным) шрифтом.

В верхней части рабочего поля вычертить две строчки для написания цифр: пять линий с интервалом 2 мм между ними.

В первой строке написать все цифры от 1 до 0 в соответствии с требованиями. На второй строке написать дату своего рождения.

В нижней части рабочего поля черной тушью вычертить фрагмент ведомости в соответствии с рис. 3. Здесь цифры писать, используя лишь одну вспомогательную линию – по аналогии с полевым журналом.

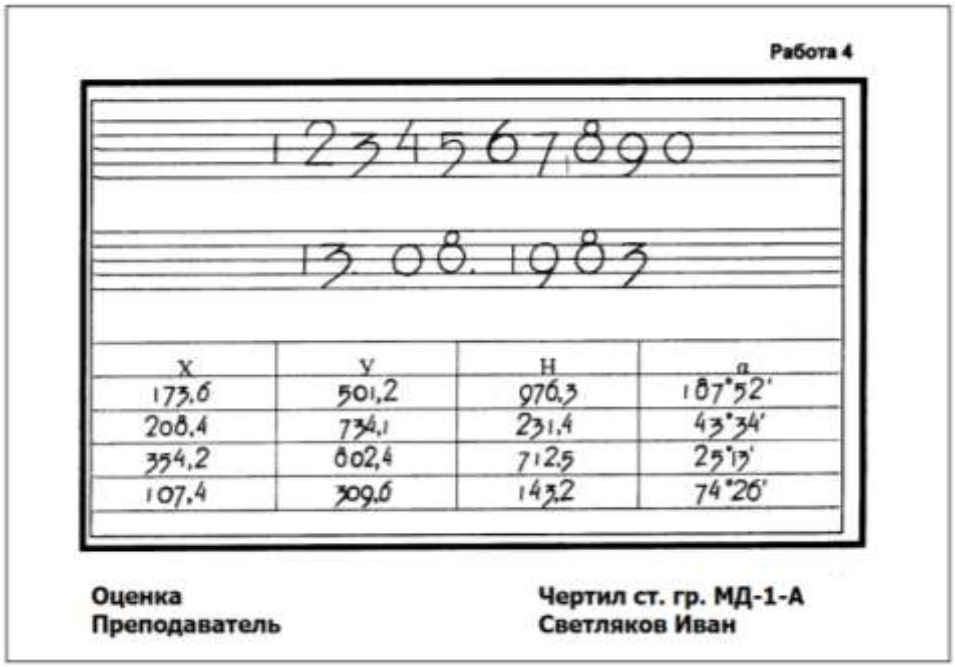


Рисунок – Пример выполнения работы

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

2.4 Тема: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.
2. Требования к начертанию условных знаков.
3. Правила вычерчивания условных знаков.
4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.
5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?

6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?

7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?

8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?

9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?

10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?

11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?

12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.

13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?

14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?

15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?

16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?

17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?

18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?

19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?

20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Расчетно-графическая работа 3

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Условные знаки топографических карт сведены в специальные таблицы, составленные для различных масштабов карт и планов.

Они подразделяются по признаку однородности: геодезические пункты, строения, здания и их части, объекты промышленные, коммунальные и сельскохозяйственного производства и др. Изучать их надо тоже по

тематикам, начиная с наиболее употребляемых. Таблицы включают условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Для выполнения работ принять исходный масштаб 1:2000.

До выполнения работы изучить условные знаки соответствующих разделов. Вычертить ниже перечисленные условные знаки:

Раздел «Железные дороги и сооружения при них»: условные знаки

Раздел «Автомобильные и грунтовые дороги, тропы»

Раздел «Мосты, путепроводы и переправы»

Раздел «Гидрография»

Раздел «Растительность»

Раздел «Сельскохозяйственные угодья»

Раздел «Болота и солончаки»

Раздел «Геодезические пункты»

Раздел «Рельеф»

Раздел «Грунты и микроформы земной поверхности»

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 c. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679

2.4 Тема: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?

3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

Тема 6: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?
6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа 4

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Необходимо изучить виды маркшейдерско–геологичеких чертежей в соответствии с правилами составления МГЧ, выполнить, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа:

- исходный чертеж,
- производный чертеж.

Используемое оборудование: чертежная бумага формата А4 и картон (либо недеформирующаяся прозрачная пленка), линейка, карандаш (черного, синего, красного, зеленого и желтого цвета), циркуль, измеритель, клей и чертежи, на которых представлены фрагменты планов различных горных выработок открытого и подземного способов разработки МПИ (рис.).

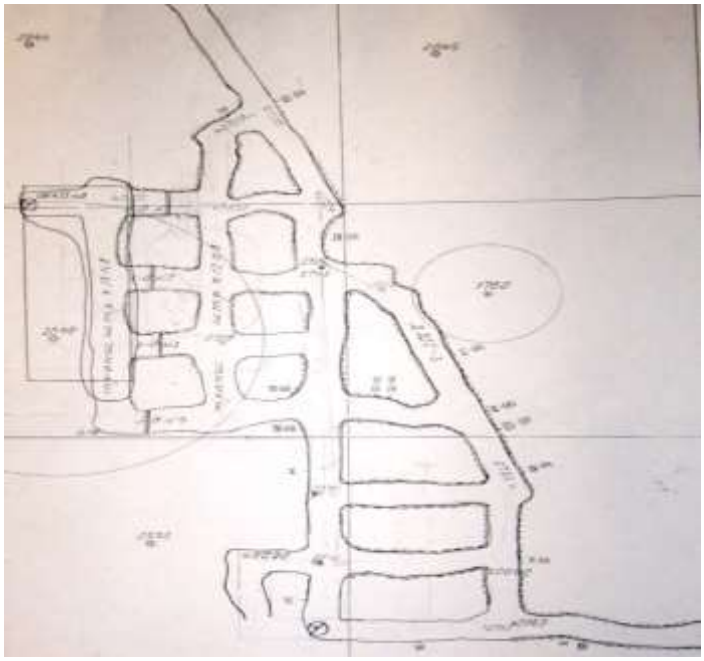


Рисунок 4

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

3 СОДЕРЖАНИЕ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ)

3.1 Тема 1: Содержание и задачи дисциплины. Классификация чертежей. Топографические шрифты

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?
9. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
10. Историческая справка о развитии топографического черчения.
11. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
12. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
13. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дробышева.
14. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
15. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
16. Требования к составлению топографичеких карт и планов.
17. Порядок вычерчивания элементов содержания.
18. Особенности оформления топографических карт и планов
19. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
20. Значение надписей на топографических картах.
21. Требования, предъявляемые к шрифтам.
22. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?

23. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?

24. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?

25. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?

26. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.

27. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.

28. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.

2. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

3. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва: Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/66452

4. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679.

5. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3.2 Тема 2: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.

2. Требования к начертанию условных знаков.

3. Правила вычерчивания условных знаков.

4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.

5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?

6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?

7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?

8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?

9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?

10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?

11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?

12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.

13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?

14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?

15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?

16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?

17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?

18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?

19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?

20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный

университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679

3.3 Тема 3: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?
3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания**.**

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3.4 Тема 4: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?
6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа

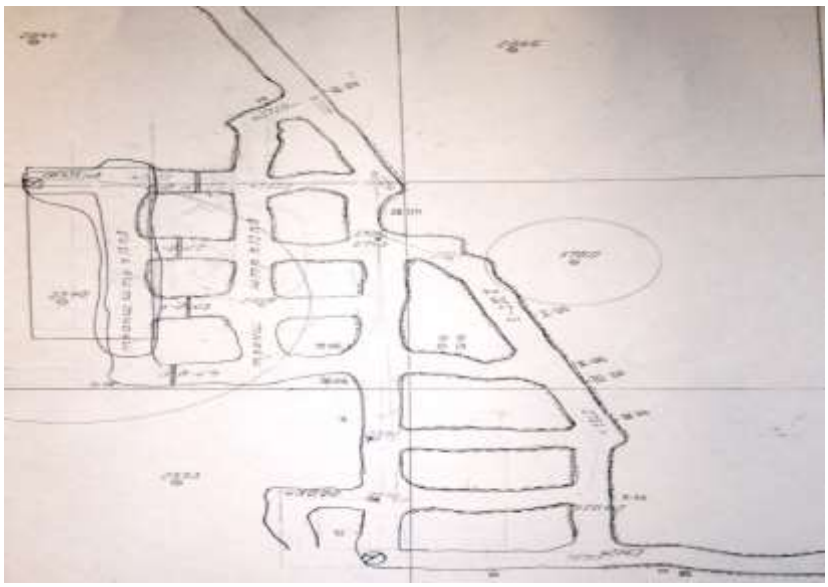
Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Правила составления маркшейдерско – геологических чертежей (МГЧ)

Необходимо изучить виды маркшейдерско–геологичеких чертежей в соответствии с правилами составления МГЧ, выполнить, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа:

- исходный чертеж,
- производный чертеж.

Используемое оборудование: чертежная бумага формата А4 и картон (либо недеформирующаяся прозрачная пленка), линейка, карандаш (черного, синего, красного, зеленого и желтого цвета), циркуль, измеритель, клей и чертежи, на которых представлены фрагменты планов различных горных выработок открытого и подземного способов разработки МПИ (рис).



Рисунок

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 c. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..4
1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ…….5
2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ…….…..11
2.1Общие требования……11
2.2 Порядок брошюровки работы……12
2.3 Требования к оформлению титульного листа……..12
2.4 Требования к оформлению реферата…….14
2.5 Требования к оформлению содержания……15
2.6 Требования к оформлению введения…….15
2.7 Требования к оформлению основных разделов документа…….16
2.7.1 Построение документа……16
2.7.2 Изложение текста документов……..18
2.7.3 Требования к оформлению формул……..20
2.7.4 Требования к оформлению примечаний……..23
2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций…….24
2.7.6 Построение таблиц……..24
2.8 Требования к оформлению заключения…….…28
2.9 Требования к оформлению списка литературы…….…28
2.10 Требования к оформлению приложений…….…30
3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ……..32
3.1 Виды горно-графической документации…….32
3.2 Комплектность горно-графических документов……32
3.3 Общие правила выполнения горных чертежей……..33
3.3.1 Форматы……33
3.3.2 Масштабы……..33
3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы…….34
3.3.4 Нанесение размеров…….37
3.3.5 Основные надписи……39
3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..41
3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей……41
3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов…….43
3.4.3 Рамки и поля чертежей…….45
3.4.4 Сетка координат……49
3.5 Правила выполнения условных обозначений…….51
3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности…….55
3.6.1 Чертежная бумага и пластики……55
3.6.2 Тушь, краски……58
3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности……60
4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ……..65
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……...68

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.1

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на 1/3 больше единицы. При этом четные цифры выступают на 1/3 строки вверх, а нечетные на 1/3 вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съемочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съемочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей (отдельно по опорным и съемочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записи к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;

- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняют одним из следующих способом:

- типографским;

- ксерокопированием;

- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой пли тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
-основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

МИНОБР РОССИИ
поле 1

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2

Кафедра маркшейдерского дела
поле 3

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
"___"_____2019 г.
поле 4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5

Выпускная квалификационная работа
поле 6

Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1

Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И.

поле 7

Екатеринбург
2019
поле 8

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

поле 1 — наименование министерства;

поле 2 — полное наименование вуза;

поле 3 – наименование факультета (кафедры);

поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;

поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;

поле 6 – вид работы;

поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;

поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;

поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника } ***Нумерация подразделов***

1.3 Гидрогеологические условия ***первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки } ***Нумерация пунктов второго***

2.2.2 Погрузочное оборудование ***подраздела второго раздела***

2.2.3 Транспортное оборудование

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съемочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: ***2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.***

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

а)_____

1)_____

2)_____

в) _____

1)_____

2)_____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требовании в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “∅” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “∅”;

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготовляемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, ***“Сигнал + 27 включено”***.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ”.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должка быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м***.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, ***содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.***

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например***, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.***

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, ***5/32***.

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — ***Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле***

$$\sigma = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м^3.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например ***формула (В.1).***

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например ***(3.1).***

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1_____

2_____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается ***“Рисунок 1”*** или - ***“Рисунок 1- Схема полигона”***.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - ***Рисунок А.3***.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - ***Рисунок 1.1***.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например –***“ Рисунок 1 — Схема полигона”.***

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - ***Таблица 1 - Сводные данные***.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, ***“Размеры в миллиметрах”, “Напряжение в вольтах”***, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например ***D — диаметр, H — высота, L — длина***.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента $к_т$

Средняя скорость подвигания очистного забоя С, м/мес	**Глубина горных работ Н, м**		
	до 100	**до 300**	**≥ 500**
20	**1,5**	**1,2**	**1,1**

60	**1,8**	**1,5**	**1,3**
до150	**2,0**	**1,5**	**1,5**

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе “Список литературы” следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);

- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;

- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов и др.; Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ^3 В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с. .

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ^3 Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ^3 F 02 C 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ: Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пишев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[*18, т. I, с.75*]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[*Николаев И.Н., 1965*]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобах для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 х 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{Вид А}{1:500};\quad \frac{1}{1:100};\quad \frac{Профиль\ пути\ откаточного\ штрека}{\begin{matrix}1:2000\\1:200\end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2 Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 — сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">Минобразования
РФ</td><td colspan="2">090100.00
ДП</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Должность</td><td>Фамилия</td><td>Подп.</td><td>Дата</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Студент</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="5">Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда”</td><td>Отдел</td><td>Масштаб</td></tr>
<tr><td>Руководитель</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">ГТФ
Каф. МД</td><td rowspan="2">1:100</td></tr>
<tr><td>Консульт.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Н. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td>Лист 1</td><td>Листов 1</td></tr>
<tr><td>Зав. каф.</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">УГГГА</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

Название чертежей	Масштаб (один из указанных)	Примечание

План промышленной площадки	1:500; 1 :1000	
Подземный способ разработки		
План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности
План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию)	1:1000; 1:2000	Мощные пласты
Проекция горных выработок на вертикальную плоскость	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более
Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела
План горных выработок по основным горизонтам горных работ	1:1000; 1:2000; 1:5000	Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы
Открытый способ разработки		
План горных выработок по горизонтам горных работ	1:500; 1:1000; 1:2000	Карьеры
План горных выработок полигонов	1:2000	Прииски
Разрезы, приуроченные к разведочным линиям	1:500, 1:1000;1:2000	Карьеры и прииски
Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок	1:5000; 1:10000; 1:25000	Карьеры и прииски

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

Название ошибок	Допустимая величина ошибки, мм
Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки	± 0,2

координат Ошибка положения пунктов опорной и съемочной сетки по отношению к линиям сетки координат	± 0,4
Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров	± 0,8

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км^2 составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для разделения на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Разделение листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

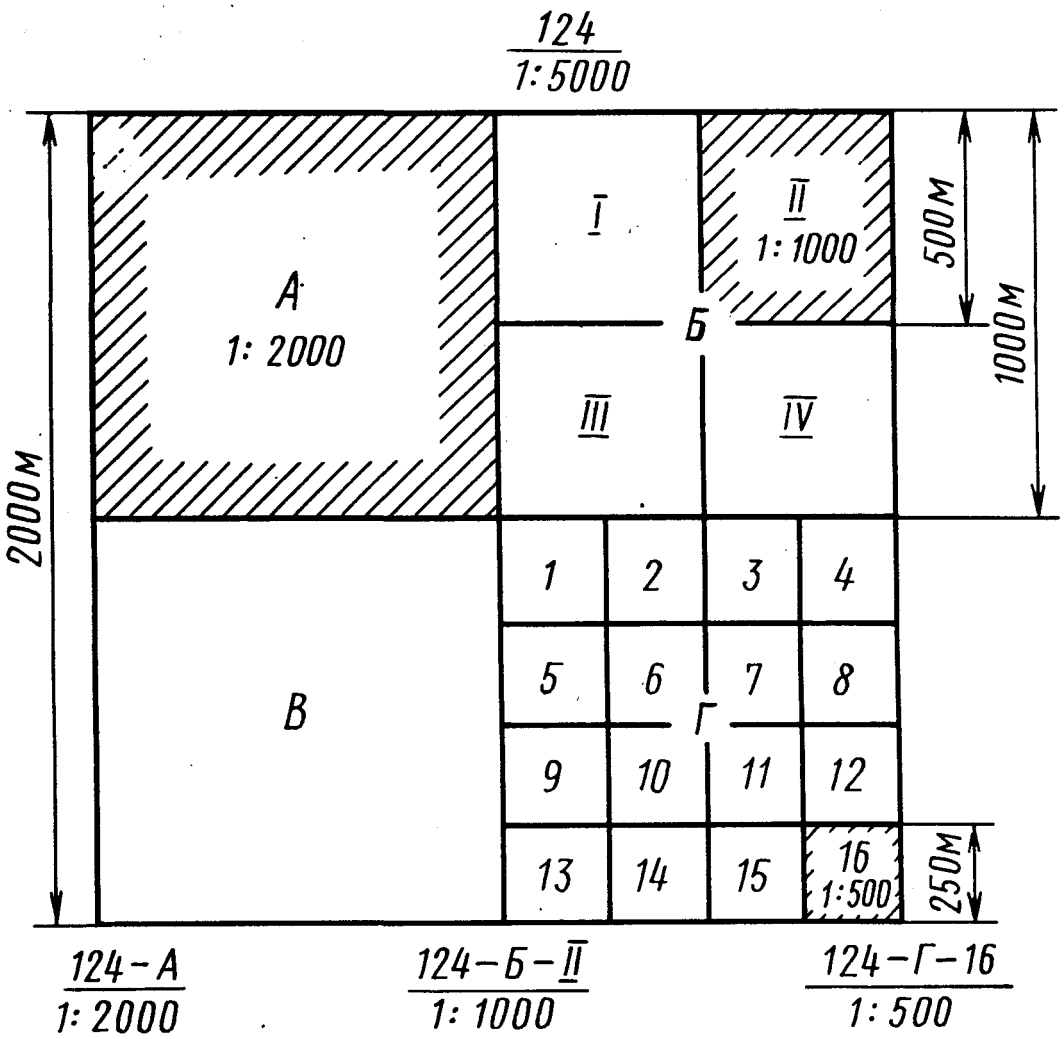


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16) .

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.



Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

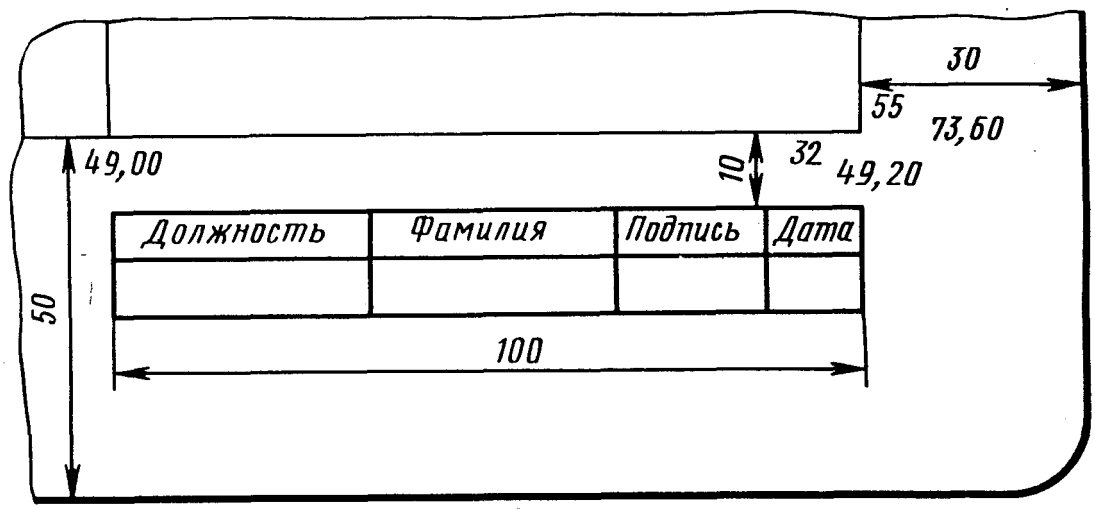


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

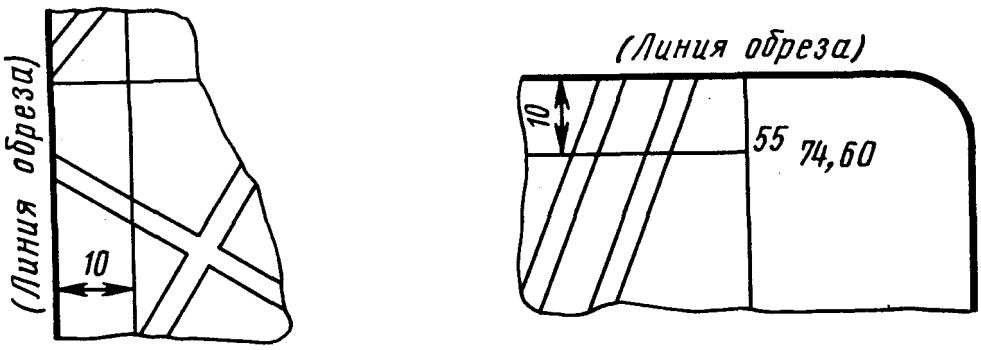


Рисунок 3.19

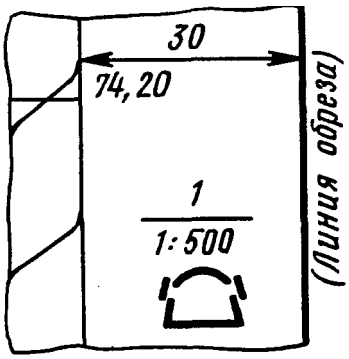


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Содержание надписи	Размер шрифта, мм
Числовые значения координаты	2,5
Названия чертежей	4,0; 5,0; 6,0: 7,0: 8,0; 10,0; 14,0
Числовые значения координат *Y и X*	1,6. 2,0; 2,5
Масштабы	3,0
Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах	2,5
Номенклатурные номера планшетов	5,0
Условые номера планшетов на схемах расположения	3,0
Обозначения сторон света	3,0
Номера планшетов на картограммах расположения	5,0
Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий	2,5

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты *Y* и *X* для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

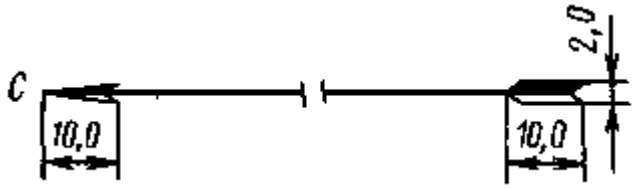


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

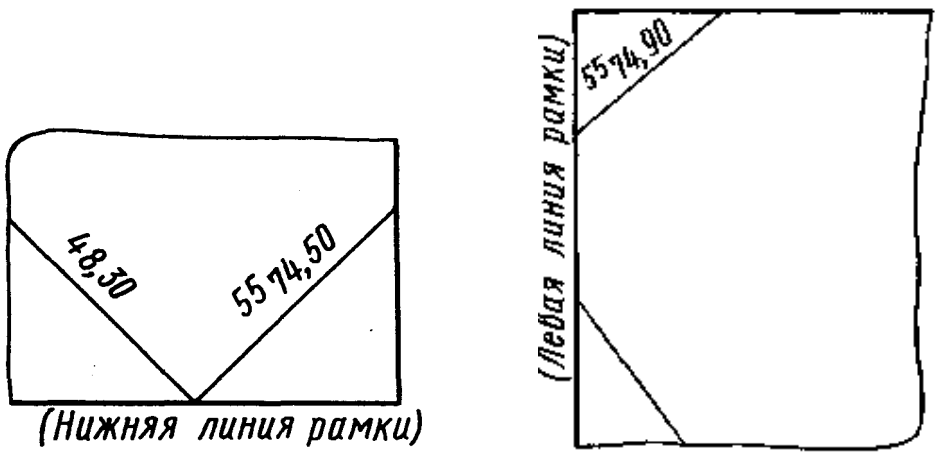


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат Х и У на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для внемасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показывают следующими цветами:

бетон, железобетон – зеленый 7;

металл - светлый фиолетовый 10 С;

кирпич, камень, шлакоблоки – оранжевый 3;

дерево - желтый 4.

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

0 или 5 – светлый фиолетовый 10 С;

1 или 6 – светлый красный 2С;

2 или 7 – светлый зеленый 7С;

3 или 8 – оранжевый 3С;

4 или 9 – светлый синий 9С.

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, оборотная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька приготовляется из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на пере, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двухромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от $+5^0$С до $+30^0$С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина ∗Коструктор∗ 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горно-графической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7 ,12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется зажиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе питьевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{o}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 х 40 см и 50 х50 см с квадратами 10 х 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 х 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 х 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.

2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.

3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.

2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.

3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.

4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.

5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.

6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.

7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.

8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
2. План застроенной части земной поверхности.
3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
4. План промышленной площадки.
5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.

Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Колесатова О.С.

ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело» специализации № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург, 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург
2019

Топографическое черчение: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» / О.С. Колесатова; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с рабочей программой.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» по курсу «Топографическое черчение».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол №19

Оглавление

Введение 5
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 6
2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ 7
3 КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ 18
3.1 Контрольная работа 1 18
3.2 Контрольная работа 2 20
4 СОДЕРЖАНИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ) 22

Введение

Самостоятельная работа студентов — планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами организации самостоятельной работы студентов являются:

- Развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- Развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений.
- Стимулирование самообразования и самовоспитания.
- Развитие способности планировать и распределять свое время.

Кроме того, эта самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций.

Среди функций самостоятельной работы студентов в общей системе обучения выделяют следующие:

- Развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, формирование интеллектуальных способностей студентов).
- Информационно-обучающая.
- Стимулирующая (формирование мотивов образования, самообразования).
- Воспитывающая (формирование личностно-профессиональных качеств специалиста).

Виды самостоятельной работы студентов в настоящее время весьма разнообразны и дают широкий выбор для преподавателя.

К ним относятся:

- работа с книжными источниками (учебниками, задачниками, с основной и дополнительной рекомендованной литературой);
- работа с электронными источниками (обучающие программы, самоучители и т.п.);
- работа в сети Internet (поиск нужной информации, обработка противоречивой и взаимодополняющей информации; работа со специализированными образовательными сайтами);
- выполнение домашних работ.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Программа дисциплины содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется основная и дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков выполнения расчетно-графических работ по отдельным разделам дисциплины необходимо использовать методические указания к выполнению практических работ.

При освоении указанных тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебно-методическим материалам освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны учебники и учебные пособия, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Выполните указанные расчетно-графические работы. Условия и примеры выполнения приведены в данном учебном пособии. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу. При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

2.1 Тема: Содержание и задачи дисциплины

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: связь курса с другими дисциплинами; предмет, объекты изучения и задачи дисциплины.

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва : Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/66452
3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679.

2.2 Тема: «Классификация чертежей».

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды чертежей: план, карта, профиль, разрез, проекция; классификация чертежей: по характеру построения, по своему назначению; требования к графической документации.

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
2. Историческая справка о развитии топографического черчения.
3. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
4. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
5. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дро- бышева.
6. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
7. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
8. Требования к составлению топографичеких карт и планов.
9. Порядок вычерчивания элементов содержания.
10. Особенности оформления топографических карт и планов

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

2.3 Тема: «Топографические шрифты»

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды шрифтов для надписей на топографических картах и планах; применение указанных шрифтов на топографических картах и планах; конструкция каждого шрифта: основные размеры, особенности рисунка отдельных букв и их элементов.

Контрольные вопросы

1. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
2. Значение надписей на топографических картах.
3. Требования, предъявляемые к шрифтам.
4. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?

5. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?

6. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?

7. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?

8. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.

9. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.

10. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Расчетно-графическая работа 1

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

До выполнения задания необходимо изучить технику написания цифр вычислительным (скорописным) шрифтом.

В верхней части рабочего поля вычертить две строчки для написания цифр: пять линий с интервалом 2 мм между ними.

В первой строке написать все цифры от 1 до 0 в соответствии с требованиями. На второй строке написать дату своего рождения.

В нижней части рабочего поля черной тушью вычертить фрагмент ведомости в соответствии с рис. 3. Здесь цифры писать, используя лишь одну вспомогательную линию – по аналогии с полевым журналом.

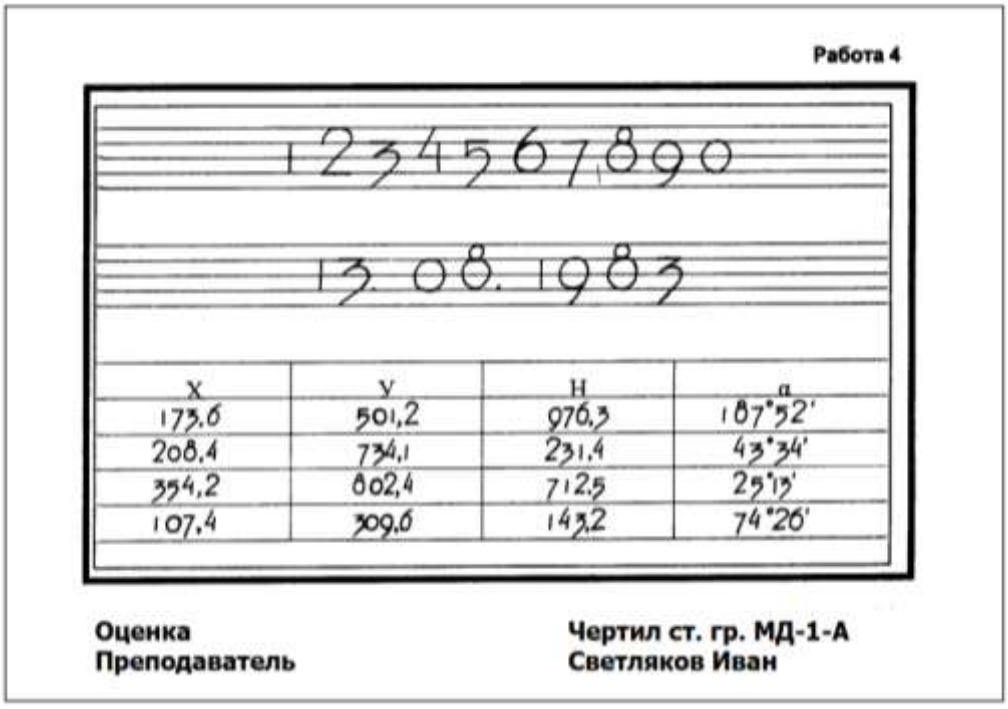


Рисунок – Пример выполнения работы

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

2.4 Тема: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.
2. Требования к начертанию условных знаков.
3. Правила вычерчивания условных знаков.
4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.
5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?
6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?
7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?
8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?
9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?
10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?
11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?
12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.
13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?

14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?

15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?

16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?

17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?

18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?

19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?

20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Расчетно-графическая работа 2 (для заочной формы обучения РГР 1)

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Условные знаки топографических карт сведены в специальные таблицы, составленные для различных масштабов карт и планов.

Они подразделяются по признаку однородности: геодезические пункты, строения, здания и их части, объекты промышленные, коммунальные и сельскохозяйственного производства и др. Изучать их надо тоже по тематикам, начиная с наиболее употребляемых. Таблицы включают условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Для выполнения работ принять исходный масштаб 1:2000.

До выполнения работы изучить условные знаки соответствующих разделов. Вычертить ниже перечисленные условные знаки:

Раздел «Железные дороги и сооружения при них»: условные знаки

Раздел «Автомобильные и грунтовые дороги, тропы»

Раздел «Мосты, путепроводы и переправы»

Раздел «Гидрография»

Раздел «Растительность»

Раздел «Сельскохозяйственные угодья»

Раздел «Болота и солончаки»

Раздел «Геодезические пункты»

Раздел «Рельеф»

Раздел «Грунты и микроформы земной поверхности»

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679

2.4 Тема: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?
3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания**.**

Расчетно-графическая работа 3

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму

представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

На чертежной бумаге формата А6 вертикальными линиями разделить рабочее поле на три равные части. В каждой из них сделать карандашом разметки для четырех линий. По завершении чертежа эти вспомогательные линии аккуратно убрать резинкой.

В левой части рабочего поля вычертить четыре сплошные линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Остро отточенным карандашом вычертить первую, самую тонкую линию методом наращивания движением карандаша к себе (сверху вниз) в виде отдельных штрихов, длиной 2–3 мм. Каждый последующий штрих начинать с середины предыдущего.

Каждую последующую линию чертить в два раза толще предыдущей. Все линии вычерчивать произвольной кривизны примерно параллельно друг другу. Весь чертеж, кроме рамки, выполнять от руки.

Толщину линий и интервалы определять вначале по специальной шкале, в дальнейшем необходимо учиться оценивать толщину на глаз.

В центральной части рабочего поля вычертить четыре штриховые линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм, длина штрихов 4 мм, интервал между штрихами 1 мм. Длину нескольких первых штрихов проверить по шкале, затем тренировать глазомер. При вычерчивании штрихов добиваться четкого исполнения краев − они должны быть ровными, образовывать угол примерно 90°.

При нанесении штриховки длину штриха можно немного изменить, чтобы штрих доходил до рамки.

В правой части рабочего поля вычертить четыре линии, состоящие из точек диаметром 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Расстояние между краями точек принять равным 1 мм.

Проверить и скорректировать чертеж. Разделить рабочее поле на верхнюю и нижнюю части горизонтальной линией, прочерченной карандашом с применением линейки. Все вычерченные ранее линии, расположенные в верхней части рабочего поля, обвести тушью чертежным пером. Линии, расположенные в верхней части, оставить в карандашном исполнении.

Пример выполнения работы приведен на рис. 1

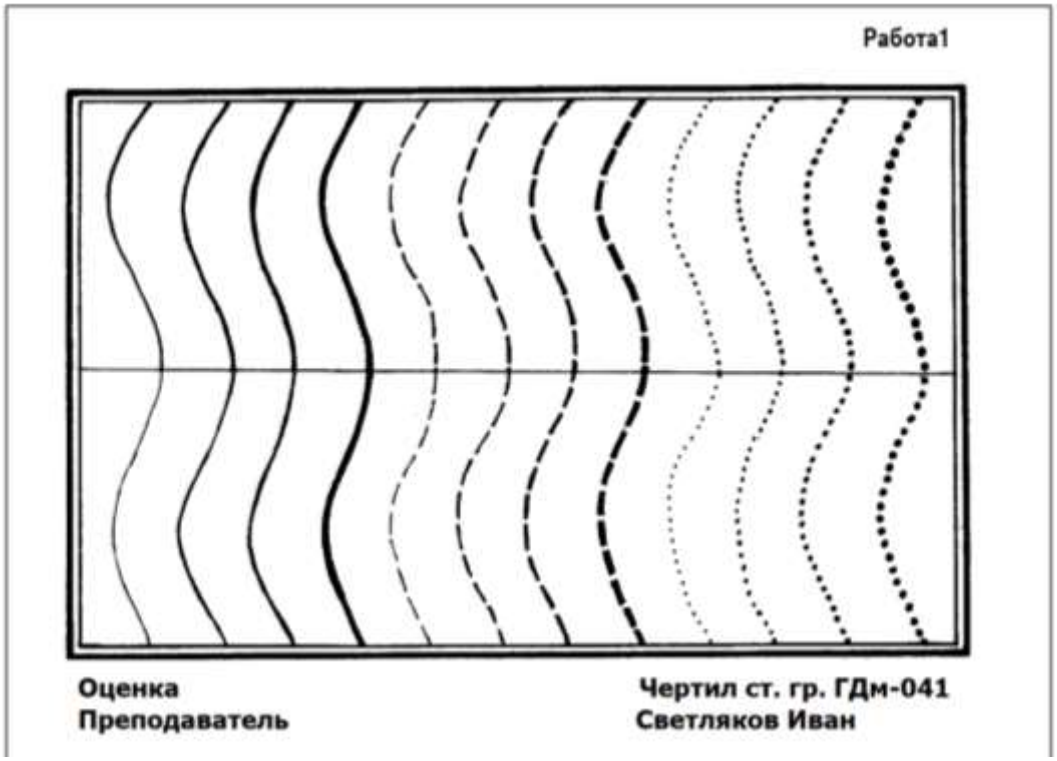


Рисунок 1

В левой части рабочего поля вычертить кронциркулем четыре серии окружностей заданного диаметра:1,2; 1,5; 2,0; 2,5 мм.

Для этого левое поле дополнительно разделить горизонтальными линиями на четыре равные части. В каждой из них карандашом построить сетку 5×5 мм, в вершинах квадратов в шахматном порядке вычертить окружности заданных размеров: в каждом прямоугольнике окружности одного диаметра (рис. 2).

Правую часть рабочего поля разделить на две равные части горизонтальной линией.

В верхней части правого поля вычертить сетку взаимно перпендикулярных линий, расположенных под углом 45° к рамке. Толщина линий 0,1 мм, расстояние между ними 1 мм.

В нижней части правого поля вычертить три серии линий: сплошные, штриховые и точечные.

Толщина линий в серии: 0,2; 0,4 и 0,8 мм.

Для штриховых линий принять длину штриха 4 мм, интервал между ними 1 мм.

Для точечных линий расстояние между точками принять 1 мм.

Длину штрихов и интервалов определять вначале по линейке – на пробном листе, в дальнейшем – на глаз.

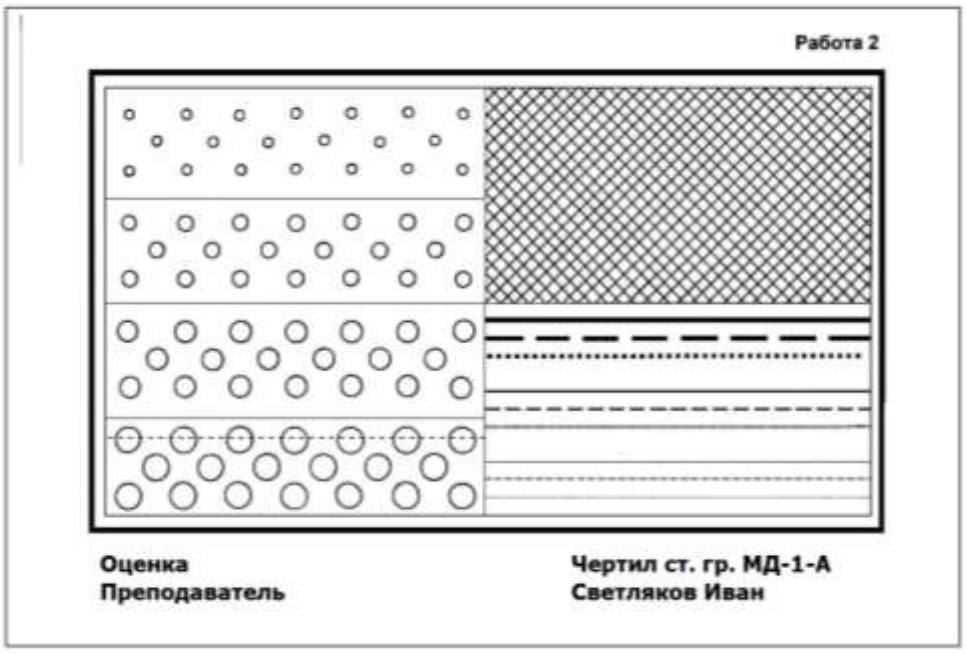


Рисунок 2

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

Тема 6: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?

6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?

7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?

8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?

9. Как изображаются элементы электроснабжения?

10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа 4 (для заочной формы обучения РГР 2)

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Необходимо изучить виды маркшейдерско–геологичеких чертежей в соответствии с правилами составления МГЧ, выполнить, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа:

- исходный чертеж,
- производный чертеж.

Используемое оборудование: чертежная бумага формата А4 и картон (либо недеформирующаяся прозрачная пленка), линейка, карандаш (черного, синего, красного, зеленого и желтого цвета), циркуль, измеритель, клей и чертежи, на которых представлены фрагменты планов различных горных выработок открытого и подземного способов разработки МПИ (рис.).

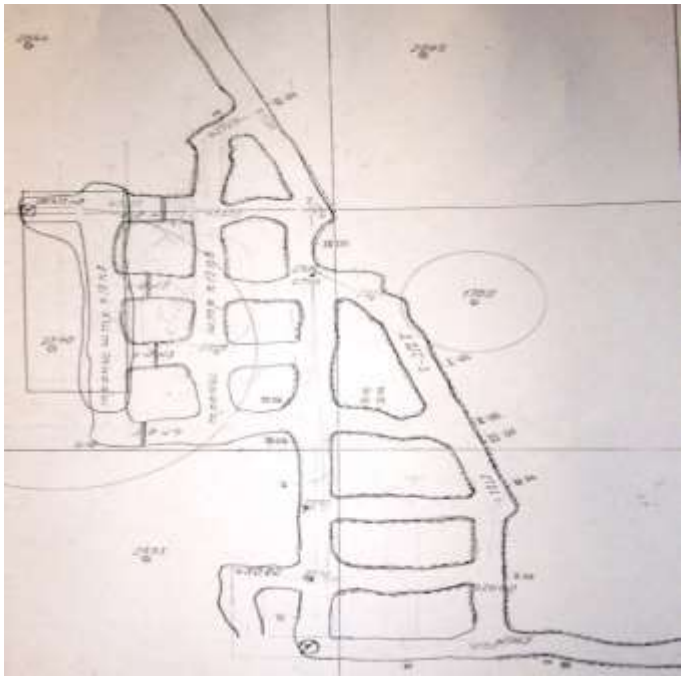


Рисунок 1

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

3 КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.1 Контрольная работа 1

Вычерчивание участка топографического плана

Контрольная работа студента выполняется в графической форме. Задачами выполнения контрольной работы являются: систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности; развитие навыков самостоятельной работы; определение подготовленности выпускника к самостоятельному выполнению профессиональных задач

На чертежной бумаге формата А4 вычертить участок топографического плана масштаба 1:2000.

С учебного образца, выданного преподавателем, через светокопировальный стол снять копию контуров в карандаше. Контуры угодий копировать сплошными линиями. Пояснительные надписи на план не переносить, их используют для правильного вычерчивания соответствующих условных знаков в соответствии с таблицами. При поиске условных знаков в таблице необходимо пользоваться алфавитным указателем. Тип и размер используемых шрифтов определить, используя условные знаки и также вкладку с образцами оформления рамок.

Порядок работы:

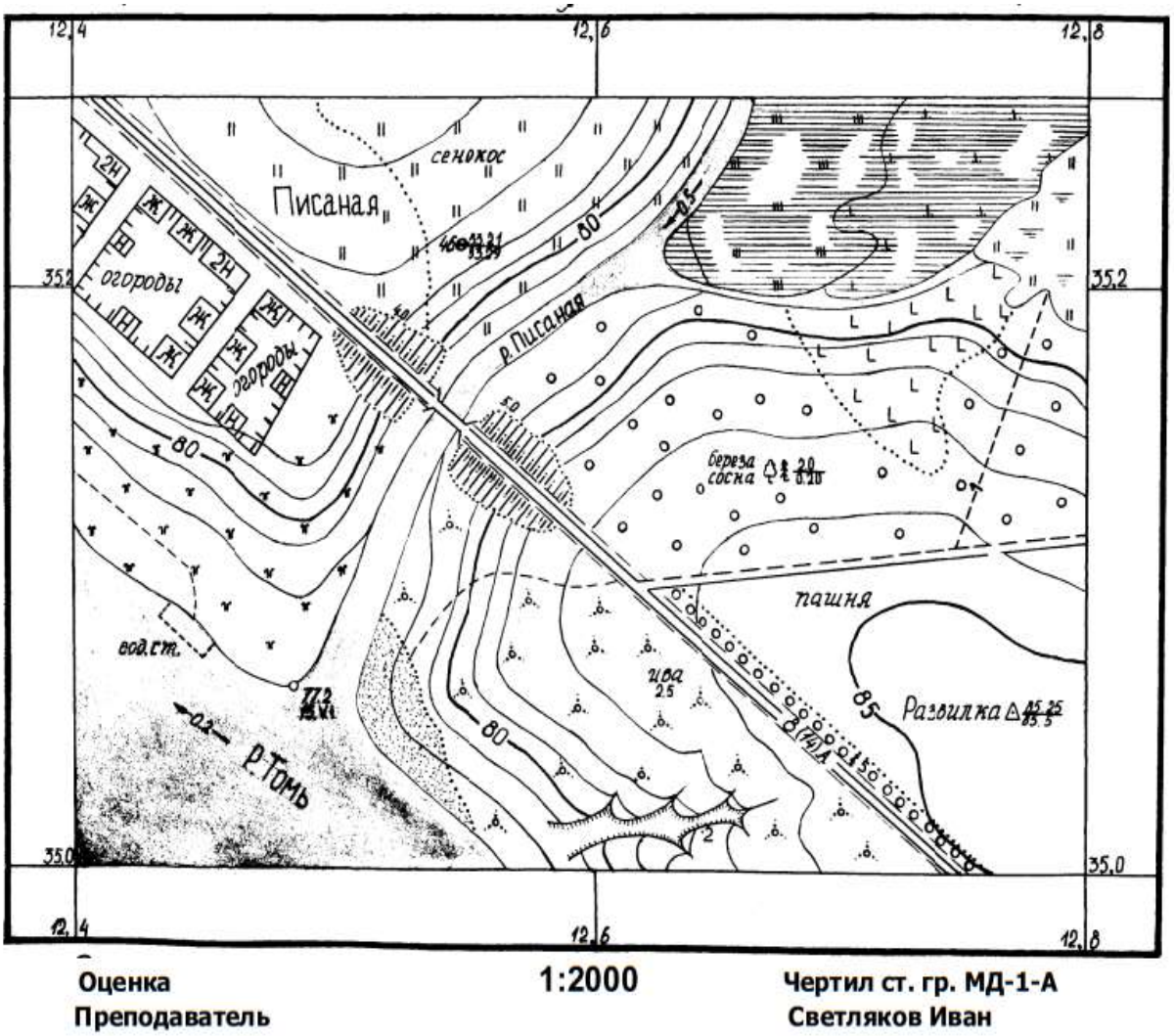
- окрасить водную поверхность;
- вычертить названия населенного пункта (определив предварительно тип и размер шрифта), геодезических пунктов, пояснительные надписи на дороге, отметки точек и горизонталей и т.д.;
- вычертить береговые линии, дороги, строения и другие предметы;
- вычертить рельеф;
- вычертить площадные условные знаки;
- вычертить рамку и зарамочные надписи по приложениям к таблицам условных знаков.

Исходный материал и пример оформления плана приведены на рисунке в уменьшенном виде.

Оценивание выполнения контрольной работы

Критерии оценки контрольной работы	*Количество баллов*
Правильность нанесения условных знаков	0-2
Правильность оформления плана	0-2
Правильность записи основных надписей	0-1
Итого	0-5

5 баллов - оценка «отлично»;
4 балла - оценка «хорошо»;
3 балла - оценка «удовлетворительно»;
0-2 балла - оценка «неудовлетворительно».



Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие /

М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679

3.2 Контрольная работа 2

Вычерчивание участка маркшейдерского плана (выполняется для очной и заочной формы обучения)

Контрольная работа студента выполняется в графической форме. Задачами выполнения контрольной работы являются: систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности; развитие навыков самостоятельной работы; определение подготовленности выпускника к самостоятельному выполнению профессиональных задач

На чертежной бумаге вычертить маркшейдерский планшет (рисунок). На планшет нанести горные выработки, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа.

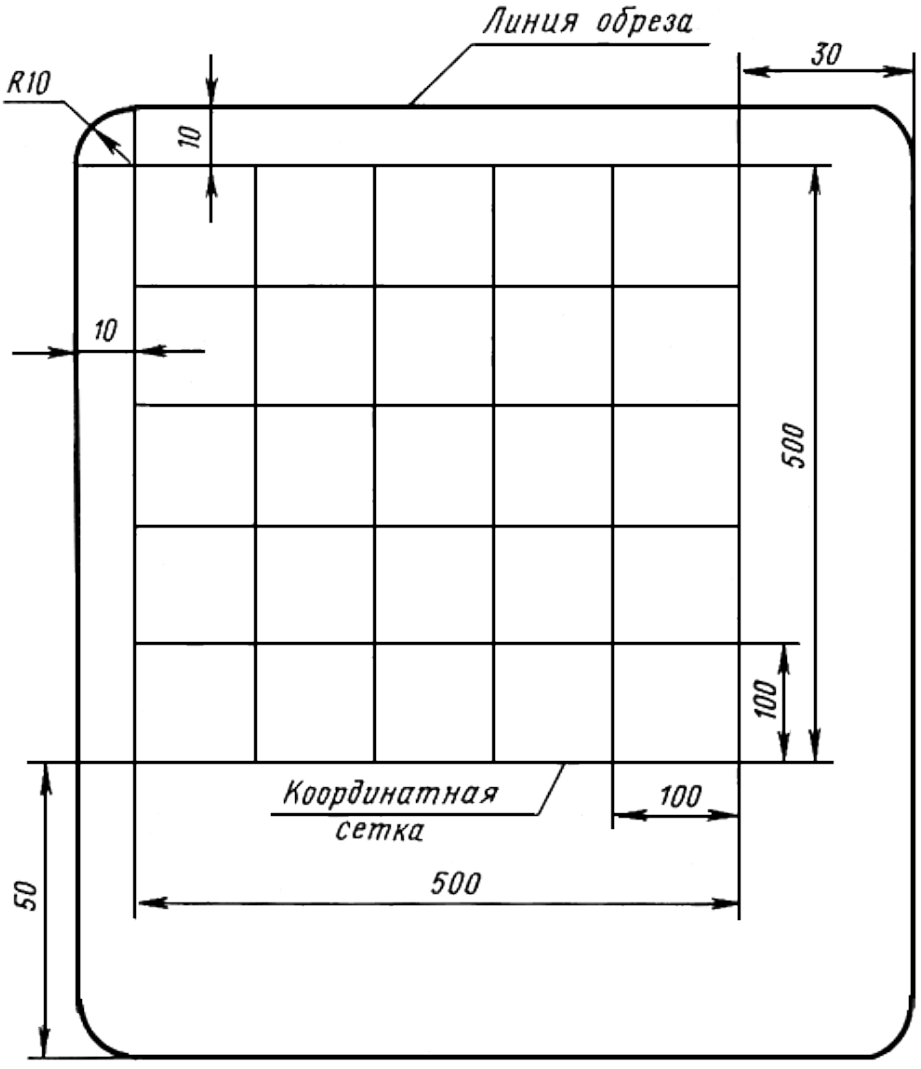


Рисунок – Маркшейдерский планшет

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

4 СОДЕРЖАНИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ)

4.1 Тема 1: Содержание и задачи дисциплины. Классификация чертежей. Топографические шрифты

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?
9. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
10. Историческая справка о развитии топографического черчения.
11. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
12. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
13. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дробышева.
14. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
15. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
16. Требования к составлению топографичеких карт и планов.
17. Порядок вычерчивания элементов содержания.
18. Особенности оформления топографических карт и планов
19. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
20. Значение надписей на топографических картах.
21. Требования, предъявляемые к шрифтам.
22. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?

23. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?

24. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?

25. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?

26. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.

27. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.

28. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.

2. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

3. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва: Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/66452

4. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679.

5. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

4.2 Тема 2: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.

2. Требования к начертанию условных знаков.

3. Правила вычерчивания условных знаков.

4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.

5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?

6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?

7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?

8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?

9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?

10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?

11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?

12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.

13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?

14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?

15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?

16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?

17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?

18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?

19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?

20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный

университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97679

4.3 Тема 3: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?
3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания**.**

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

4.4 Тема 4: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?
6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84371.html

3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..4
1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ…….5
2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ…….…..11
2.1Общие требования……11
2.2 Порядок брошюровки работы……12
2.3 Требования к оформлению титульного листа……..12
2.4 Требования к оформлению реферата…….14
2.5 Требования к оформлению содержания……15
2.6 Требования к оформлению введения…….15
2.7 Требования к оформлению основных разделов документа…….16
2.7.1 Построение документа……16
2.7.2 Изложение текста документов……..18
2.7.3 Требования к оформлению формул……..20
2.7.4 Требования к оформлению примечаний……..23
2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций…….24
2.7.6 Построение таблиц……..24
2.8 Требования к оформлению заключения…….…28
2.9 Требования к оформлению списка литературы…….…28
2.10 Требования к оформлению приложений…….…30
3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ……..32
3.1 Виды горно-графической документации…….32
3.2 Комплектность горно-графических документов……32
3.3 Общие правила выполнения горных чертежей……..33
3.3.1 Форматы……33
3.3.2 Масштабы……..33
3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы…….34
3.3.4 Нанесение размеров…….37
3.3.5 Основные надписи……39
3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..41
3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей……41
3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов…….43
3.4.3 Рамки и поля чертежей…….45
3.4.4 Сетка координат……49
3.5 Правила выполнения условных обозначений…….51
3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности…….55
3.6.1 Чертежная бумага и пластики……55
3.6.2 Тушь, краски……58
3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности……60
4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ……..65
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……...68

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.1

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на 1/3 больше единицы. При этом четные цифры выступают на 1/3 строки вверх, а нечетные на 1/3 вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съемочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съемочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей (отдельно по опорным и съемочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записи к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;

- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняют одним из следующих способом:

- типографским;

- ксерокопированием;

- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой пли тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
-основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

МИНОБР РОССИИ
поле 1

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2

Кафедра маркшейдерского дела
поле 3

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
"___"_____2019 г.
поле 4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5

Выпускная квалификационная работа
поле 6

Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1

Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И.

поле 7

Екатеринбург
2019
поле 8

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

поле 1 — наименование министерства;

поле 2 — полное наименование вуза;

поле 3 – наименование факультета (кафедры);

поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;

поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;

поле 6 – вид работы;

поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;

поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;

поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника } ***Нумерация подразделов***

1.3 Гидрогеологические условия ***первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки } ***Нумерация пунктов второго***

2.2.2 Погрузочное оборудование ***подраздела второго раздела***

2.2.3 Транспортное оборудование

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съемочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: ***2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.***

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

а)_____

1)_____

2)_____

в) _____

1)_____

2)_____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требовании в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “∅” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “∅”;

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготовляемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, ***“Сигнал + 27 включено”***.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ”.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должка быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м***.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, ***содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.***

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например***, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.***

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, ***5/32***.

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — ***Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле***

$$\sigma = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м^3.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например ***формула (В.1).***

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например ***(3.1).***

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1_____

2_____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается ***“Рисунок 1”*** или - ***“Рисунок 1- Схема полигона”***.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - ***Рисунок А.3***.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - ***Рисунок 1.1***.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например –***“ Рисунок 1 — Схема полигона”.***

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - ***Таблица 1 - Сводные данные***.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, ***“Размеры в миллиметрах”, “Напряжение в вольтах”***, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например ***D — диаметр, H — высота, L — длина***.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента $к_т$

Средняя скорость подвигания очистного забоя С, м/мес	**Глубина горных работ Н, м**		
	до 100	**до 300**	**≥ 500**
20	**1,5**	**1,2**	**1,1**

60	**1,8**	**1,5**	**1,3**
до150	**2,0**	**1,5**	**1,5**

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе “Список литературы” следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);

- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;

- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов и др.; Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ^3 В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с. .

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ^3 Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ^3 F 02 C 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ: Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пишев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[*18, т. I, с.75*]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[*Николаев И.Н., 1965*]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобах для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 х 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{Вид А}{1:500};\quad \frac{1}{1:100};\quad \frac{Профиль\ пути\ откаточного\ штрека}{\begin{matrix}1:2000\\1:200\end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2 Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 — сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">Минобразования
РФ</td><td colspan="2">090100.00
ДП</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Должность</td><td>Фамилия</td><td>Подп.</td><td>Дата</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Студент</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="5">Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда”</td><td>Отдел</td><td>Масштаб</td></tr>
<tr><td>Руководитель</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">ГТФ
Каф. МД</td><td rowspan="2">1:100</td></tr>
<tr><td>Консульт.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Н. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td>Лист 1</td><td>Листов 1</td></tr>
<tr><td>Зав. каф.</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">УГГГА</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

Название чертежей	Масштаб (один из указанных)	Примечание

План промышленной площадки	1:500; 1 :1000	
Подземный способ разработки		
План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности
План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию)	1:1000; 1:2000	Мощные пласты
Проекция горных выработок на вертикальную плоскость	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более
Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела
План горных выработок по основным горизонтам горных работ	1:1000; 1:2000; 1:5000	Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы
Открытый способ разработки		
План горных выработок по горизонтам горных работ	1:500; 1:1000; 1:2000	Карьеры
План горных выработок полигонов	1:2000	Прииски
Разрезы, приуроченные к разведочным линиям	1:500, 1:1000;1:2000	Карьеры и прииски
Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок	1:5000; 1:10000; 1:25000	Карьеры и прииски

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

Название ошибок	Допустимая величина ошибки, мм
Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки	± 0,2

координат Ошибка положения пунктов опорной и съемочной сетки по отношению к линиям сетки координат	± 0,4
Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров	± 0,8

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км^2 составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для разделения на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Разделение листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

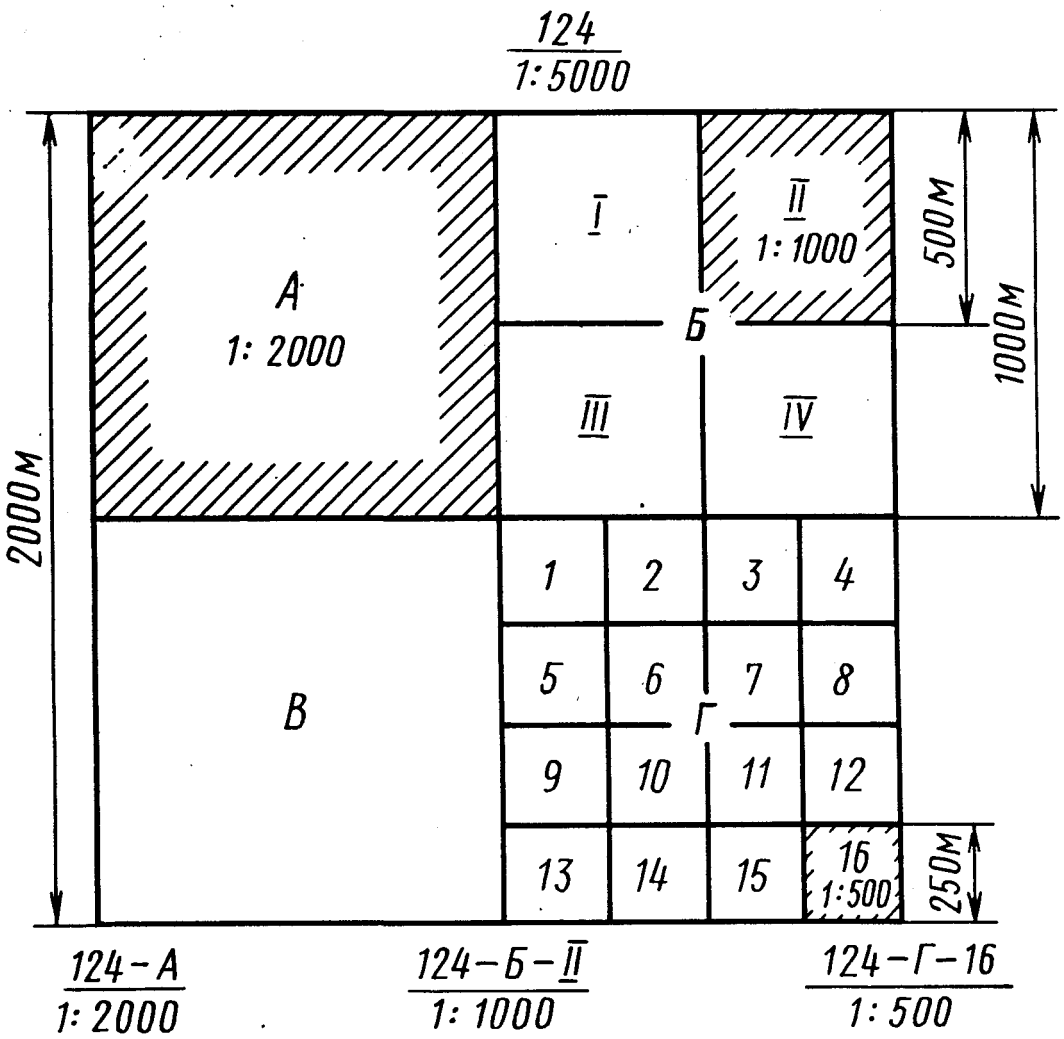


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16) .

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.



Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

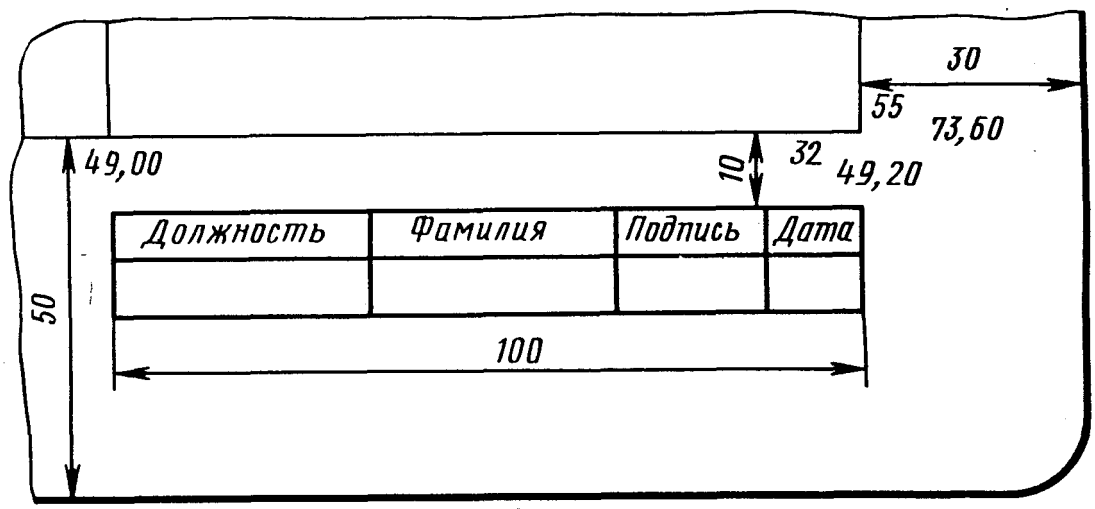


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

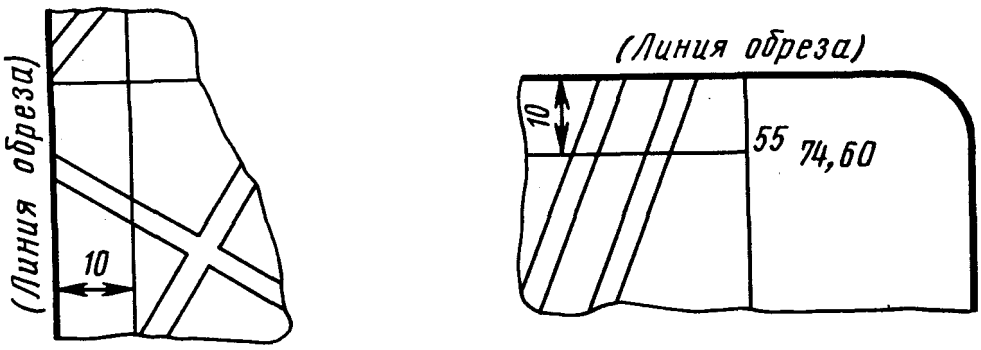


Рисунок 3.19

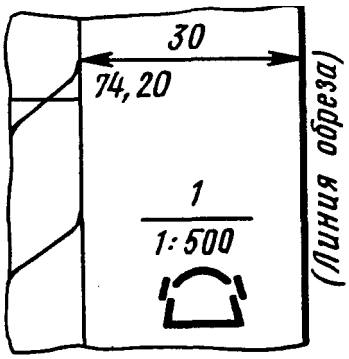


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Содержание надписи	Размер шрифта, мм
Числовые значения координаты	2,5
Названия чертежей	4,0; 5,0; 6,0: 7,0: 8,0; 10,0; 14,0
Числовые значения координат *Y и X*	1,6. 2,0; 2,5
Масштабы	3,0
Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах	2,5
Номенклатурные номера планшетов	5,0
Условые номера планшетов на схемах расположения	3,0
Обозначения сторон света	3,0
Номера планшетов на картограммах расположения	5,0
Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий	2,5

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты *Y* и *X* для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

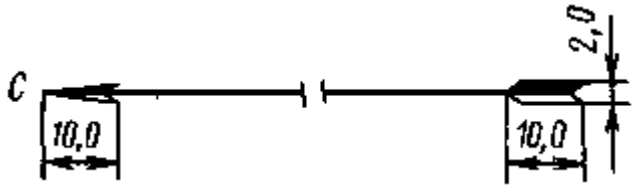


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

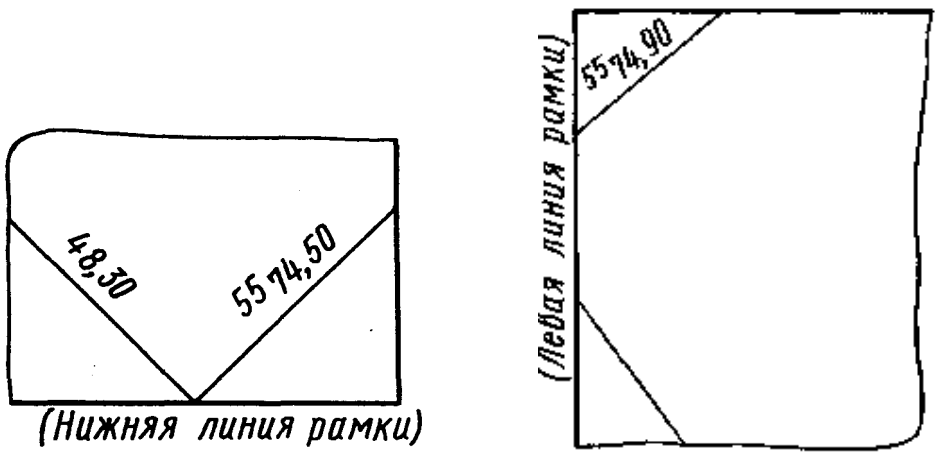


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат Х и У на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для внемасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показывают следующими цветами:

бетон, железобетон – зеленый 7;

металл - светлый фиолетовый 10 С;

кирпич, камень, шлакоблоки – оранжевый 3;

дерево - желтый 4.

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

0 или 5 – светлый фиолетовый 10 С;

1 или 6 – светлый красный 2С;

2 или 7 – светлый зеленый 7С;

3 или 8 – оранжевый 3С;

4 или 9 – светлый синий 9С.

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, оборотная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька приготовляется из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на пере, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двухромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от $+5^0$С до $+30^0$С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина ∗Коструктор∗ 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горно-графической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7 ,12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется зажиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе питьевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{o}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 х 40 см и 50 х50 см с квадратами 10 х 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 х 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 х 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.

2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.

3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.

2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.

3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.

4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.

5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.

6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.

7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.

8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
2. План застроенной части земной поверхности.
3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
4. План промышленной площадки.
5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.

Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому
комплексу
_____С.А.Упоров
«___»_____20_____г.

Патко В.А.

МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

методические указания
к самостоятельной работе обучающихся специальности
21.05.04 «Маркшейдерское дело» очного и заочного обучения

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Маркшейдерского дела	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Жабко А.В.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 15 от 10.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Методические указания к практическим занятиям (семинарам)
3. Организация самостоятельной работы
4. Рекомендуемая литература

1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Маркшейдерская документация» включает в себя основные правила составления, ведения и хранения маркшейдерской документации горнодобывающих предприятий на всех стадиях недропользования: разведке, эксплуатации, ликвидации или консервации лицензируемого участка недр и тематически связана с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».

Целью изучения практического курса «Маркшейдерская документация» является формирование у студентов:

- навыков практического применения теоретических знаний базовой специальности «Маркшейдерское дело» в решении вопросов государственного и корпоративного регулирования вопросов недропользования и маркшейдерского контроля;
- получение теоретических и практических знаний о нормативных требованиях и методах составления, ведения и хранения маркшейдерской документации;
- формирование теоретических и практических знаний и умений, которые дают возможность решать маркшейдерские задачи в соответствии с видами профессиональной направленности: производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной;
- знаний о полномочиях и функциях маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий при выполнении установленных государственных процедур для получения недр в пользование, по проектированию и планированию горных работ, рациональному использованию и охране недр при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, рекультивации нарушенных горными работами земель;
- владение входящими в компетенцию маркшейдерской службы правовыми, разрешительными, организационными и отчетными документами, ведение которых обеспечивается недропользователем.

Процесс изучения практического курса: ознакомление студентов с системами государственного устройства и управления в сфере недропользования, документооборота и делопроизводства при выполнении

установленных процедур – имеет целью получения представлений о роли будущей профессии в решении вопросов маркшейдерского сопровождения недропользования, а также включает практические занятия и самостоятельную работу студентов по изучению требований законодательных актов и нормативных документов к оформлению правоустанавливающей, составлению и разработке разрешительной и организационно-распорядительной документации, заполнению отчетной документации, правилах ведения полевой, вычислительной, графической горной документации, и оформления текстовых документов, условиях хранения и архивации маркшейдерских документов.

В процессе изучения дисциплины формируется следующая компетенция: способность организовывать деятельность подразделений маркшейдерского обеспечения недропользования, в том числе в режиме чрезвычайных ситуаций (ПСК-4-6).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ (СЕМИНАРАМ)

Целью практических занятий (семинаров) по изучаемому курсу дисциплины «Маркшейдерская документация» является:

- формирование указанной выше компетенции,
- закрепление на практике и углубление знаний теоретической части дисциплины,
- получения студентами навыков раскрытия изучаемой тематики дисциплины методами доклада и письменного эссе;
- приобретение навыков работы с различными источниками информации, в том числе с применением компьютерных технологий.

Тематика семинаров:

1. Правоустанавливающая документация.
2. Разрешительная документация.
3. Организационно-распорядительная документация.
4. Горно-графическая документация.
5. Отчетная документация.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

2.1 Общие положения

Цель самостоятельной работы при изучении курса – повышение эффективности изучения теоретической части дисциплины «Маркшейдерская документация» и полноценной работы на практических занятиях, а также получения навыков сбора и анализа информации печатных источников и специализированных сайтов Интернета.

Задачами самостоятельной работы являются систематизация и закрепление теоретических знаний, реализуемых методом практического моделирования процедур недропользования с выделением ситуативных аспектов, результатом которых является формирование комплектов маркшейдерской документации.

Тематические направления для самостоятельного изучения студентом приведены ниже.

Форма представления:

- эссе по тематике, предложенной преподавателем;
- вариантный опрос

2.2 Тематика курса «Маркшейдерская документация»

1. Техническая документация горного предприятия. Устав предприятия, ЕГРЮЛ, ОКВЭД. Правовой аспект маркшейдерской документации.
2. Правоустанавливающая документация. Лицензия на недропользование. Горный и земельный отводы. Акт о ликвидации или консервации горного предприятия.
3. Разрешительная документация. Технический проект. Проект производства маркшейдерских работ.
4. План развития горных работ
5. Организационно-распорядительная документация. Положение о маркшейдерской службе. Должностные инструкции работников маркшейдерской службы.
6. Горно-графическая маркшейдерская документация. Требования ИПМР к комплекту. Стандарты и регламенты.
7. Нормативные требования ведения полевых, вычислительных и сводных журналов и чертежей. Книга маркшейдерских указаний.
8. Отчетная документация. Формы Государственной статистической отчетности 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация).
9. Структура полного комплекта маркшейдерской документации. Процедуры согласования и утверждения. Условия архивации различных видов маркшейдерской документации

Ниже приводится перечень вопросов, предлагаемых к самостоятельному изучению обучающимися по материалам лекционных конспектов. Непонятые вопросы выносятся на следующее лекционное занятие в форме контрольного опроса и консультации (разъяснение). В целях лучшего усвоения лекционного материала обучающимся не рекомендуется оставлять невыясненные тематические вопросы до экзамена.

Тема 1: Техническая документация горного предприятия

- содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров.

- связь курса с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».
- уставная и техническая документация горнодобывающего предприятия.
- государственная регистрация и классификация предприятия – недропользователя.
- правовое значение маркшейдерской документации.

Тема 2: Правоустанавливающая документация

- получение правоустанавливающей маркшейдерской документации предприятием – недропользователем (арендатором недр) посредством участия в установленных государством процедурах:
  - лицензирования (в органах МПР РФ),
  - оформление горного отвода (в органах Ростехнадзора),
  - получение земельного отвода (в органах местного самоуправления),
  - получение лицензии на производство МР (в органах Ростехнадора).
- состав материалов комплекта правоустанавливающей документации:
  - лицензия на пользование недрами,
  - горный и земельный отводы,
  - лицензия на производство маркшейдерских работ.
- процедурное оформление документов.

Тема 3: Разрешительная документация

- комплект технической документации, приобретающей статус разрешительной после её согласования в органах государственной исполнительной власти (Ростехнадзор, Росприроднадзор, Минприроды, Департаменты субъектов федерации по недропользованию) и утверждения первым руководителем предприятия.
- состав комплекта разрешительной документации:

технический проект,
план развития горных работ,
проект производства маркшейдерских работ.

- содержание, основные положения и оформление разрешительных документов.

- обязанности пользователя недр по соблюдению технических проектов, планов развития горных работ, недопущения сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых.

Тема 4: План развития горных работ

- понятие о планировании.
- перспективное и текущее планирование.
- план развития горных работ как документ перспективного (годового) планирования, составленный маркшейдерской службой совместно с другими технологическими подразделениями предприятия, определяющий направление развития горных работ, объемы добычи полезных ископаемых, в том числе объемы вскрышных, горно-подготовительных и рекультивационных работ.
- основание для разработки годовых планов. Правовое условие для специализированных проектных организаций.
- технический проект – документальная основа планирования.
- состав планов развития горных работ: направления и объемы производства геологоразведочных работ, переработки и обогащения минерального сырья, нормативы эксплуатационных потерь, нормативы потерь полезных ископаемых при переработке и обогащении, мероприятия по охране недр и промышленной безопасности.
- оформление материалов планов, согласование и утверждение.

Тема 5: Организационно – распорядительная документация

- **м**аркшейдерская служба – неотъемлемая и составная часть производственного контроля системы промышленной безопасности горнодобывающего предприятия.
- положение о маркшейдерской службе – документ, регламентирующий кадровый состав, должностные права и обязанности работников маркшейдерской службы.
- должностные инструкции работников маркшейдерской службы закрепляют функциональные обязанности, декларируют производственные полномочия в рамках обязанностей маркшейдерского контроля горнодобывающих предприятий.
- книга маркшейдерских указаний - основной документ по доведению до руководителей участков, цехов и других подразделений организации обязательных для исполнения указаний по вопросам маркшейдерского обеспечения горных работ, а также по устранению

нарушений требований законодательства о недрах, промышленной безопасности, охране недр и окружающей природной среды, проектной и технологической документации, годовых планов развития горных работ (годовых программ работ).

Тема 6: Горно-графическая документация

- состав маркшейдерской горно-графической документации и её классификация по назначению и содержанию: первичная (поле, забой, промплощадка), вычислительная (все виды камеральных работ), графическую (маркшейдерские чертежи).
- маркшейдерская горно-графическая документация – комплект журналов первичных вычислений, инструментальных наблюдений, журналов камеральной обработки и сводных маркшейдерских материалов (книг, журналов, актов, протоколов, справок, форм статистических наблюдений). Требования регламентов и ГОСТов.

Тема 7: Нормативные требования к документации

- законодательные и нормативные требования к составу и содержанию комплекта маркшейдерской документации.
- назначение и порядок исполнения чертежей.
- маркшейдерские чертежи (планы, разрезы и профили).
- условные знаки и ГОСТы.
- классификация и масштабы по инструктивным требованиям и условиям.
- нормативные сроки пополнения.
- условия хранения и архивации.

Тема 8: Отчетная документация

- сущность и задачи отчетной маркшейдерской.
- основные принципы построения отчетных документов (актов и справок).
- правовые нормы и правила заполнения форм государственной статистической отчетности.
- выбор отчетных форм в зависимости от специфики добываемого минерального сырья.
- погашенные балансовые запасы.
- основное уравнение отчетной формы 5-ГР.
- система отчетных форм фактического извлечения полезных ископаемых из недр.
- оценка нормативных показателей извлечения из недр в статистически измеренных величинах фактических величин потерь.

- формы государственных статистических наблюдений: 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация), 2-ТП (водхоз). Содержание и правила заполнения форм.
- контроль и обобщение данных маркшейдерского учета.

Тема 9: Процедурные вопросы документации в государственной системе недропользования

- правовые вопросы необходимости долговременного существования и практического использования маркшейдерской документации в практике горного производства при различных организационно-правовых формах предприятий и формах собственности на недра.
- государственный контроль недропользования, реализуемый процедурами согласования и утверждения маркшейдерской документации. Ведомственный контроль горно-графической документации.
- экспертизы: промышленной безопасности, охраны недр, строительной, экологической при разработке и производственном внедрении разрешительной документации.
- наличие полного комплекта документации как показатель эффективности работы маркшейдерской службы.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1.Закон РФ «О недрах» от 03.03.1995 № 27-ФЗ.
2. Положение о геолого-маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр, РД
3. Правила охраны недр, ПБ 07-601-03.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

ДОКУМЕНТАЦИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..4
1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ…….5
2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ…….…..11
2.1Общие требования……11
2.2 Порядок брошюровки работы……12
2.3 Требования к оформлению титульного листа……..12
2.4 Требования к оформлению реферата…….14
2.5 Требования к оформлению содержания……15
2.6 Требования к оформлению введения…….15
2.7 Требования к оформлению основных разделов документа…….16
2.7.1 Построение документа……16
2.7.2 Изложение текста документов……..18
2.7.3 Требования к оформлению формул……..20
2.7.4 Требования к оформлению примечаний……..23
2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций…….24
2.7.6 Построение таблиц……..24
2.8 Требования к оформлению заключения…….…28
2.9 Требования к оформлению списка литературы…….…28
2.10 Требования к оформлению приложений…….…30
3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ……..32
3.1 Виды горно-графической документации…….32
3.2 Комплектность горно-графических документов……32
3.3 Общие правила выполнения горных чертежей……..33
3.3.1 Форматы……33
3.3.2 Масштабы……..33
3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы…….34
3.3.4 Нанесение размеров…….37
3.3.5 Основные надписи……39
3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..41
3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей……41
3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов…….43
3.4.3 Рамки и поля чертежей…….45
3.4.4 Сетка координат……49
3.5 Правила выполнения условных обозначений…….51
3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности…….55
3.6.1 Чертежная бумага и пластики……55
3.6.2 Тушь, краски……58
3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности……60
4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ……..65
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……...68

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.1

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на 1/3 больше единицы. При этом четные цифры выступают на 1/3 строки вверх, а нечетные на 1/3 вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съемочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съемочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей (отдельно по опорным и съемочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записи к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;

- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняют одним из следующих способом:

- типографским;

- ксерокопированием;

- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой пли тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
-основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

МИНОБР РОССИИ
поле 1

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2

Кафедра маркшейдерского дела
поле 3

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
"___"_____2019 г.
поле 4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5

Выпускная квалификационная работа
поле 6

Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1

Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И.

поле 7

Екатеринбург
2019
поле 8

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

поле 1 — наименование министерства;

поле 2 — полное наименование вуза;

поле 3 – наименование факультета (кафедры);

поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;

поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;

поле 6 – вид работы;

поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;

поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;

поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника } ***Нумерация подразделов***

1.3 Гидрогеологические условия ***первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки } ***Нумерация пунктов второго***

2.2.2 Погрузочное оборудование ***подраздела второго раздела***

2.2.3 Транспортное оборудование

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съемочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: ***2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.***

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

а)_____

1)_____

2)_____

в) _____

1)_____

2)_____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требовании в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “∅” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “∅”;

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготовляемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, ***“Сигнал + 27 включено”***.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ”.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должка быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м***.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, ***содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.***

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например***, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.***

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, ***5/32***.

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — ***Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле***

$$\sigma = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м^3.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например ***формула (В.1).***

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например ***(3.1).***

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1_____

2_____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается ***“Рисунок 1”*** или - ***“Рисунок 1- Схема полигона”***.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - ***Рисунок А.3***.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - ***Рисунок 1.1***.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например –***“ Рисунок 1 — Схема полигона”.***

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - ***Таблица 1 - Сводные данные***.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, ***“Размеры в миллиметрах”, “Напряжение в вольтах”***, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например ***D — диаметр, H — высота, L — длина***.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента $к_т$

Средняя скорость подвигания очистного забоя С, м/мес	**Глубина горных работ Н, м**		
	до 100	**до 300**	**≥ 500**
20	**1,5**	**1,2**	**1,1**

60	**1,8**	**1,5**	**1,3**
до150	**2,0**	**1,5**	**1,5**

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе “Список литературы” следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);

- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;

- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов и др.; Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ^3 В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с. .

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ^3 Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ^3 F 02 C 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ: Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пишев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[*18, т. I, с.75*]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[*Николаев И.Н., 1965*]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобах для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 х 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{Вид А}{1:500};\quad \frac{1}{1:100};\quad \frac{Профиль\ пути\ откаточного\ штрека}{\begin{matrix}1:2000\\1:200\end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2 Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 — сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">Минобразования
РФ</td><td colspan="2">090100.00
ДП</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Должность</td><td>Фамилия</td><td>Подп.</td><td>Дата</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Студент</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="5">Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда”</td><td>Отдел</td><td>Масштаб</td></tr>
<tr><td>Руководитель</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">ГТФ
Каф. МД</td><td rowspan="2">1:100</td></tr>
<tr><td>Консульт.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Н. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td>Лист 1</td><td>Листов 1</td></tr>
<tr><td>Зав. каф.</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">УГГГА</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

Название чертежей	Масштаб (один из указанных)	Примечание

План промышленной площадки	1:500; 1 :1000	
Подземный способ разработки		
План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности
План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию)	1:1000; 1:2000	Мощные пласты
Проекция горных выработок на вертикальную плоскость	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более
Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам	1:1000; 1:2000	Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела
План горных выработок по основным горизонтам горных работ	1:1000; 1:2000; 1:5000	Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы
Открытый способ разработки		
План горных выработок по горизонтам горных работ	1:500; 1:1000; 1:2000	Карьеры
План горных выработок полигонов	1:2000	Прииски
Разрезы, приуроченные к разведочным линиям	1:500, 1:1000;1:2000	Карьеры и прииски
Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок	1:5000; 1:10000; 1:25000	Карьеры и прииски

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

Название ошибок	Допустимая величина ошибки, мм
Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки	± 0,2

координат Ошибка положения пунктов опорной и съемочной сетки по отношению к линиям сетки координат	± 0,4
Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съемочной сети	± 0,6
Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров	± 0,8

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км^2 составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для разделения на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Разделение листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

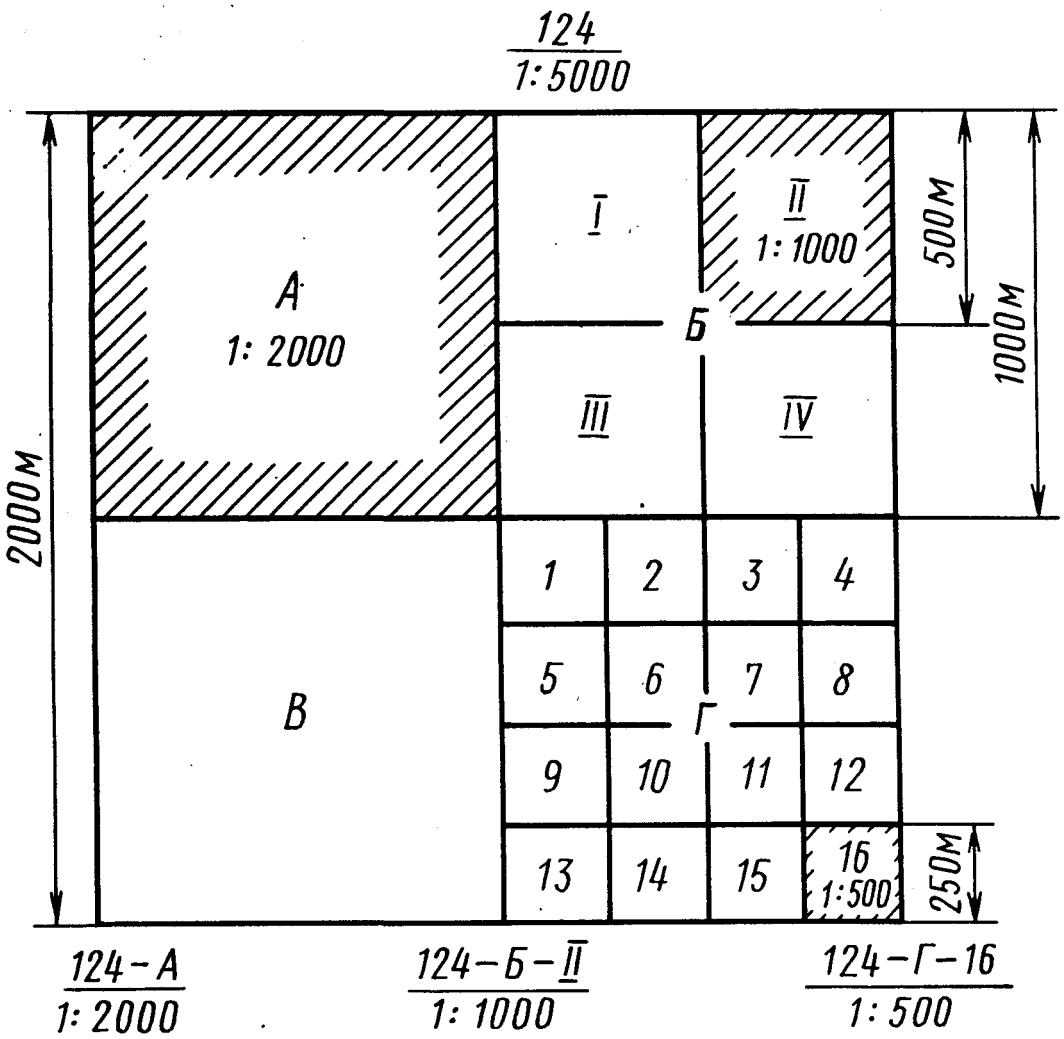


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16) .

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.



Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

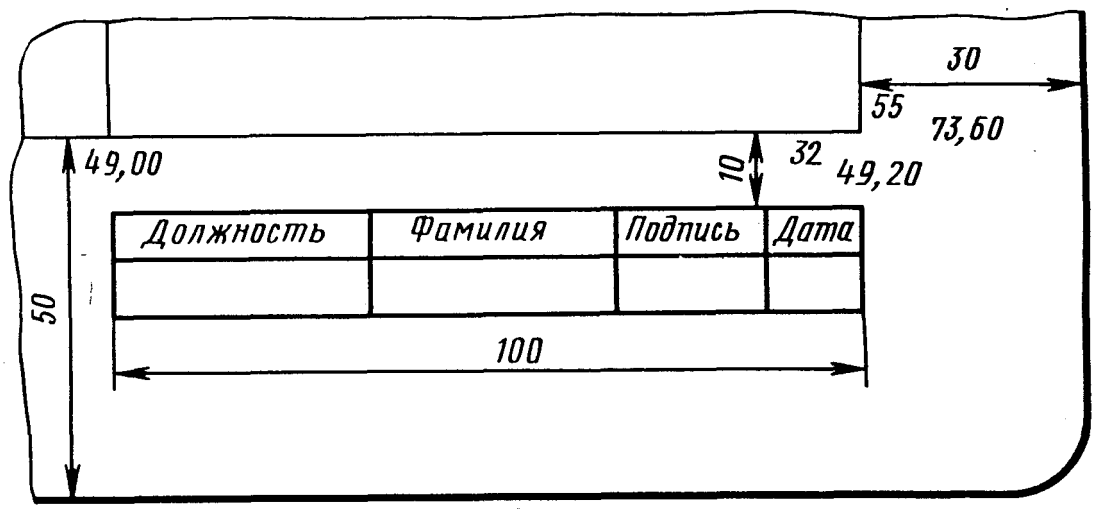


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

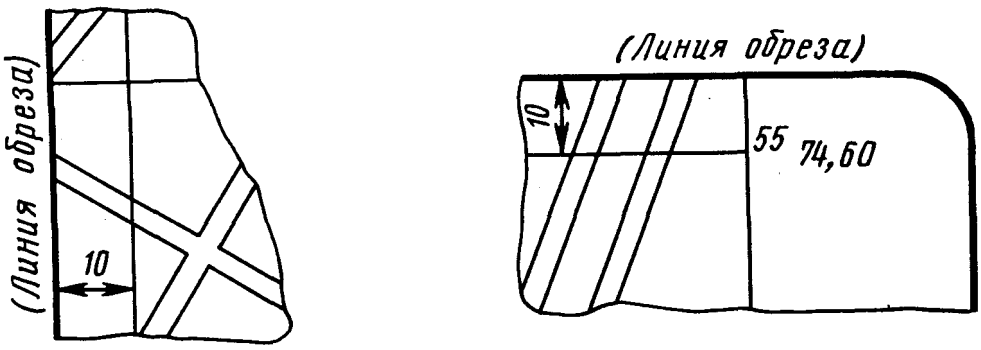


Рисунок 3.19

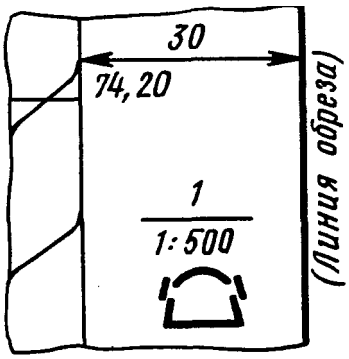


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Содержание надписи	Размер шрифта, мм
Числовые значения координаты	2,5
Названия чертежей	4,0; 5,0; 6,0: 7,0: 8,0; 10,0; 14,0
Числовые значения координат *Y и X*	1,6. 2,0; 2,5
Масштабы	3,0
Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах	2,5
Номенклатурные номера планшетов	5,0
Условые номера планшетов на схемах расположения	3,0
Обозначения сторон света	3,0
Номера планшетов на картограммах расположения	5,0
Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий	2,5

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты *Y* и *X* для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

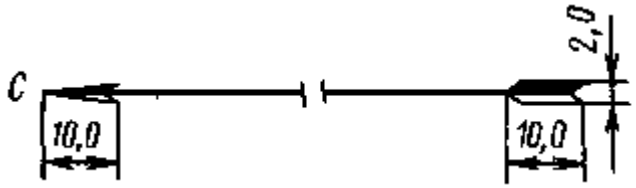


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

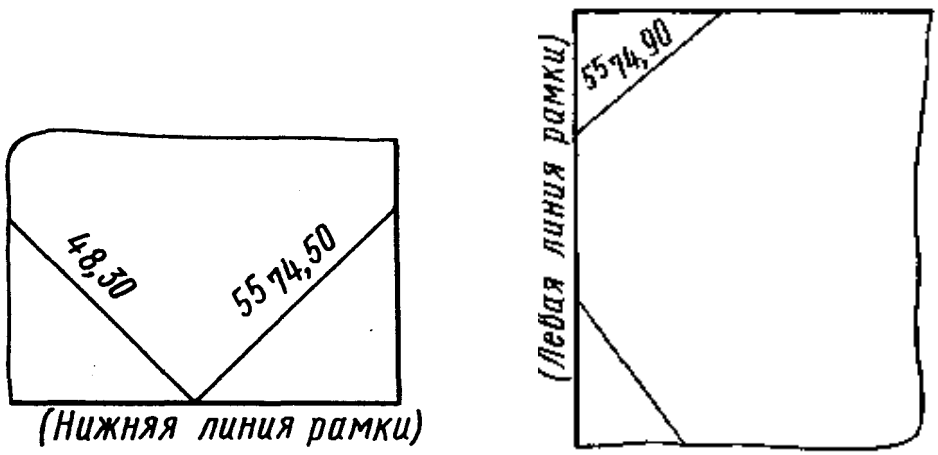


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат Х и У на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для внемасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показывают следующими цветами:

бетон, железобетон – зеленый 7;

металл - светлый фиолетовый 10 С;

кирпич, камень, шлакоблоки – оранжевый 3;

дерево - желтый 4.

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

0 или 5 – светлый фиолетовый 10 С;

1 или 6 – светлый красный 2С;

2 или 7 – светлый зеленый 7С;

3 или 8 – оранжевый 3С;

4 или 9 – светлый синий 9С.

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, оборотная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька приготовляется из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на пере, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двухромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от $+5^0$С до $+30^0$С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина ∗Коструктор∗ 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горно-графической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7 ,12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется зажиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе питьевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{o}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 х 40 см и 50 х50 см с квадратами 10 х 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 х 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 х 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.

2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.

3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.

2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.

3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.

4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.

5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.

6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.

7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.

8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
2. План застроенной части земной поверхности.
3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
4. План промышленной площадки.
5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.

Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому
комплексу
_____С.А.Упоров
«____»_____20_____г.

Патко В.А.

ДОКУМЕНТАЦИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

методические указания
к самостоятельной работе обучающихся специальности
21.05.04 «Маркшейдерское дело» очного и заочного обучения

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Одобрен на заседании кафедры
Маркшейдерского дела
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Жабко А.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 15 от 10.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета
Горно-технологического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Методические указания к практическим занятиям (семинарам)
3. Организация самостоятельной работы
4. Рекомендуемая литература

1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Документация недропользования в горном деле» включает в себя основные правила составления, ведения и хранения маркшейдерской документации горнодобывающих предприятий на всех стадиях недропользования: разведке, эксплуатации, ликвидации или консервации лицензируемого участка недр и тематически связана с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».

Целью изучения практического курса «Документация недропользования в горном деле» является формирование у студентов:

- навыков практического применения теоретических знаний базовой специальности «Маркшейдерское дело» в решении вопросов государственного и корпоративного регулирования вопросов недропользования и маркшейдерского контроля;
- получение теоретических и практических знаний о нормативных требованиях и методах составления, ведения и хранения маркшейдерской документации;
- формирование теоретических и практических знаний и умений, которые дают возможность решать маркшейдерские задачи в соответствии с видами профессиональной направленности: производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной;
- знаний о полномочиях и функциях маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий при выполнении установленных государственных процедур для получения недр в пользование, по проектированию и планированию горных работ, рациональному использованию и охране недр при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, рекультивации нарушенных горными работами земель;
- владение входящими в компетенцию маркшейдерской службы правовыми, разрешительными, организационными и отчетными документами, ведение которых обеспечивается недропользователем.

Процесс изучения практического курса: ознакомление студентов с системами государственного устройства и управления в сфере недропользования, документооборота и делопроизводства при выполнении

установленных процедур – имеет целью получения представлений о роли будущей профессии в решении вопросов маркшейдерского сопровождения недропользования, а также включает практические занятия и самостоятельную работу студентов по изучению требований законодательных актов и нормативных документов к оформлению правоустанавливающей, составлению и разработке разрешительной и организационно-распорядительной документации, заполнению отчетной документации, правилах ведения полевой, вычислительной, графической горной документации, и оформления текстовых документов, условиях хранения и архивации маркшейдерских документов.

В процессе изучения дисциплины формируется следующая компетенция: способность организовывать деятельность подразделений маркшейдерского обеспечения недропользования, в том числе в режиме чрезвычайных ситуаций (ПСК-4-6).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ (СЕМИНАРАМ)

Целью практических занятий (семинаров) по изучаемому курсу дисциплины «Документация недропользования в горном деле» является:

- формирование указанной выше компетенции,
- закрепление на практике и углубление знаний теоретической части дисциплины,
- получения студентами навыков раскрытия изучаемой тематики дисциплины методами доклада и письменного эссе;
- приобретение навыков работы с различными источниками информации, в том числе с применением компьютерных технологий.

Тематика семинаров:

1. Правоустанавливающая документация.
2. Разрешительная документация.
3. Организационно-распорядительная документация.
4. Горно-графическая документация.
5. Отчетная документация.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

2.1 Общие положения

Цель самостоятельной работы при изучении курса – повышение эффективности изучения теоретической части дисциплины «Документация недропользования в горном деле» и полноценной работы на практических занятиях, а также получения навыков сбора и анализа информации печатных источников и специализированных сайтов Интернета.

Задачами самостоятельной работы являются систематизация и закрепление теоретических знаний, реализуемых методом практического моделирования процедур недропользования с выделением ситуативных аспектов, результатом которых является формирование комплектов маркшейдерской документации.

Тематические направления для самостоятельного изучения студентом приведены ниже.

Форма представления:

- эссе по тематике, предложенной преподавателем;
- вариантный опрос

2.2 Тематика курса «Документация недропользования в горном деле»

1. Техническая документация горного предприятия. Устав предприятия, ЕГРЮЛ, ОКВЭД. Правовой аспект маркшейдерской документации.
2. Правоустанавливающая документация. Лицензия на недропользование. Горный и земельный отводы. Акт о ликвидации или консервации горного предприятия.
3. Разрешительная документация. Технический проект. Проект производства маркшейдерских работ.
4. План развития горных работ
5. Организационно-распорядительная документация. Положение о маркшейдерской службе. Должностные инструкции работников маркшейдерской службы.
6. Горно-графическая маркшейдерская документация. Требования ИПМР к комплекту. Стандарты и регламенты.
7. Нормативные требования ведения полевых, вычислительных и сводных журналов и чертежей. Книга маркшейдерских указаний.
8. Отчетная документация. Формы Государственной статистической отчетности 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация).

9. Структура полного комплекта маркшейдерской документации. Процедуры согласования и утверждения. Условия архивации различных видов маркшейдерской документации

Ниже приводится перечень вопросов, предлагаемых к самостоятельному изучению обучающимися по материалам лекционных конспектов.

Непонятые вопросы выносятся на следующее лекционное занятие в форме контрольного опроса и консультации (разъяснение). В целях лучшего усвоения лекционного материала обучающимся не рекомендуется оставлять невыясненные тематические вопросы до экзамена.

Тема 1: Техническая документация горного предприятия

- содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров.

- связь курса с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».

- уставная и техническая документация горнодобывающего предприятия.

- государственная регистрация и классификация предприятия – недропользователя.

- правовое значение маркшейдерской документации.

Тема 2: Правоустанавливающая документация

- получение правоустанавливающей маркшейдерской документации предприятием – недропользователем (арендатором недр) посредством участия в установленных государством процедурах:

лицензирования (в органах МПР РФ),
оформление горного отвода (в органах Ростехнадзора),
получение земельного отвода (в органах местного самоуправления),
получение лицензии на производство МР (в органах Ростехнадора).

- состав материалов комплекта правоустанавливающей документации:

лицензия на пользование недрами,
горный и земельный отводы,
лицензия на производство маркшейдерских работ.

- процедурное оформление документов.

Тема 3: Разрешительная документация

- комплект технической документации, приобретающей статус разрешительной после её согласования в органах государственной исполнительной власти (Ростехнадзор, Росприроднадзор, Минприроды,

Департаменты субъектов федерации по недропользованию) и утверждения первым руководителем предприятия.

- состав комплекта разрешительной документации:

технический проект,

план развития горных работ,

проект производства маркшейдерских работ.

- содержание, основные положения и оформление разрешительных документов.

- обязанности пользователя недр по соблюдению технических проектов, планов развития горных работ, недопущения сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых.

Тема 4: План развития горных работ

- понятие о планировании.
- перспективное и текущее планирование.
- план развития горных работ как документ перспективного (годового) планирования, составленный маркшейдерской службой совместно с другими технологическими подразделениями предприятия, определяющий направление развития горных работ, объемы добычи полезных ископаемых, в том числе объемы вскрышных, горно-подготовительных и рекультивационных работ.
- основание для разработки годовых планов. Правовое условие для специализированных проектных организаций.
- технический проект – документальная основа планирования.
- состав планов развития горных работ: направления и объемы производства геологоразведочных работ, переработки и обогащения минерального сырья, нормативы эксплуатационных потерь, нормативы потерь полезных ископаемых при переработке и обогащении, мероприятия по охране недр и промышленной безопасности.
- оформление материалов планов, согласование и утверждение.

Тема 5: Организационно – распорядительная документация

- маркшейдерская служба – неотъемлемая и составная часть производственного контроля системы промышленной безопасности горнодобывающего предприятия.
- положение о маркшейдерской службе – документ, регламентирующий кадровый состав, должностные права и обязанности работников маркшейдерской службы.
- должностные инструкции работников маркшейдерской службы

закрепляют функциональные обязанности, декларируют производственные полномочия в рамках обязанностей маркшейдерского контроля горнодобывающих предприятий.

- книга маркшейдерских указаний - основной документ по доведению до руководителей участков, цехов и других подразделений организации обязательных для исполнения указаний по вопросам маркшейдерского обеспечения горных работ, а также по устранению нарушений требований законодательства о недрах, промышленной безопасности, охране недр и окружающей природной среды, проектной и технологической документации, годовых планов развития горных работ (годовых программ работ).

Тема 6: Горно-графическая документация

- состав маркшейдерской горно-графической документации и её классификация по назначению и содержанию: первичная (поле, забой, промплощадка), вычислительная (все виды камеральных работ), графическую (маркшейдерские чертежи).
- маркшейдерская горно-графическая документация – комплект журналов первичных вычислений, инструментальных наблюдений, журналов камеральной обработки и сводных маркшейдерских материалов (книг, журналов, актов, протоколов, справок, форм статистических наблюдений). Требования регламентов и ГОСТов.

Тема 7: Нормативные требования к документации

- законодательные и нормативные требования к составу и содержанию комплекта маркшейдерской документации.
- назначение и порядок исполнения чертежей.
- маркшейдерские чертежи (планы, разрезы и профили).
- условные знаки и ГОСТы.
- классификация и масштабы по инструктивным требованиям и условиям.
- нормативные сроки пополнения.
- условия хранения и архивации.

Тема 8: Отчетная документация

- сущность и задачи отчетной маркшейдерской.
- основные принципы построения отчетных документов (актов и справок).
- правовые нормы и правила заполнения форм государственной статистической отчетности.
- выбор отчетных форм в зависимости от специфики добываемого минерального сырья.

- погашенные балансовые запасы.
- основное уравнение отчетной формы 5-ГР.
- система отчетных форм фактического извлечения полезных ископаемых из недр.
- оценка нормативных показателей извлечения из недр в статистически измеренных величинах фактических величин потерь.
- формы государственных статистических наблюдений: 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация), 2-ТП (водхоз). Содержание и правила заполнения форм.
- контроль и обобщение данных маркшейдерского учета.

Тема 9: Процедурные вопросы документации в государственной системе недропользования

- правовые вопросы необходимости долговременного существования и практического использования маркшейдерской документации в практике горного производства при различных организационно-правовых формах предприятий и формах собственности на недра.
- государственный контроль недропользования, реализуемый процедурами согласования и утверждения маркшейдерской документации. Ведомственный контроль горно-графической документации.
- экспертизы: промышленной безопасности, охраны недр, строительной, экологической при разработке и производственном внедрении разрешительной документации.
- наличие полного комплекта документации как показатель эффективности работы маркшейдерской службы.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1.Закон РФ «О недрах» от 03.03.1995 № 27-ФЗ.
2. Положение о геолого-маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр, РД
3. Правила охраны недр, ПБ 07-601-03.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«___»_____2019 г.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья:
Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «___»_____2019 г., протокол №_____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	
1	Методические указания к организации самостоятельной работы обучающихся	5
2	Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения.	6
3	Методические указания к выполнению расчётно-графических работ	12
	Рекомендуемая литература	16

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 67 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачёт. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи маркшейдерского обеспечения разработки месторождений углеводородного сырья.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные практические задачи маркшейдерских работ при разработке месторождений углеводородного сырья.
2. Назовите основные научно-технические задачи, решаемые при маркшейдерском обеспечении разработок месторождений углеводородного сырья.
3. Какова связь данного курса с другими дисциплинами?
4. Предмет, объекты изучения и задачи курса «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья».
5. Каковы организационные и технические особенности маркшейдерских работ при добыче углеводородного сырья?

Тема 2. Общие сведения о геологии и технологиях разработки углеводородов

Геологическое строение месторождений нефти и газа. Геологическая разведка углеводородных месторождений. Производственные процессы при добыче и обогащении углеводородного сырья.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Коллекторы нефти и газа, их характеристика?
2. Системы разработки залежей нефти.

3. Каковы стадии разработки месторождений нефти и газа?
4. Как производится геологическая разведка месторождений нефти и газа?
5. Что такое пластовое давление и как оно меняется в процессе разработки месторождений нефти и газа?

Тема 3. Инфраструктура нефтепромысла

Основные структурные элементы нефтепромысла. Коммуникации промысла. Способы утилизации попутного нефтяного газа

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое инфраструктура нефтепромысла?
2. Какова стандартная инфраструктура нефтепромысла?
3. Перечислите стандартные коммуникации нефтепромысла?
4. Какие вы знаете способы утилизации попутного нефтяного газа?
5. Что такое кустовые площадки и их типовая инфраструктура?

Тема 4. Создание опорных и съёмочных геодезических сетей на нефтегазовых месторождениях

Особенности построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей на промысле. Закрепление опорных пунктов. Способы развития опорных сетей. Способы сгущение высотной сети.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Особенности построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей на нефтепромысле?
2. Особенности привязки опорных маркшейдерских сетей к государственным геодезическим сетям на нефтепромыслах.
3. Какие виды геодезических сетей используются на нефтепромыслах?
4. Какие методы построения съёмочных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке нефтегазовых месторождений?
5. Какие методы построения опорных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке нефтегазовых месторождений?

Тема 5. : Маркшейдерское обеспечение процесса обустройства промысла

Создание опорной геодезической сети на строительной площадке. Понятие о строительной сетке. Связь строительной сетки и опорной геодезической сети. Вынос в натуру строительных осей объектов и инженерных сооружений.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве сети дорог на нефтегазовых месторождениях.
2. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве кустовых площадок на нефтегазовых месторождениях.
3. Создание опорной и съёмочной геодезических сетей на строительной площадке.
4. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве нефтепроводов.
5. Маркшейдерские работы при изысканиях, строительстве и эксплуатации карьеров стройматериалов для нефтегазовых месторождений?
6. Что такое геодезическая строительная сетка и каковы способы её построения?
7. Технология выноса в натуру строительных осей инженерных сооружений.
8. .Технологии детальной разбивки осей инженерных сооружений.
9. Какова связь строительной геодезической сетки и опорной маркшейдерской сети?
10. Технологии маркшейдерского контроля инженерных сооружений по высоте.

Тема 6. Маркшейдерское обеспечение строительства эксплуатационных скважин

Виды добывающих скважин (одиночные кусты скважин, скважины с горизонтальным отходом). Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки. Контроль траектории бурения скважины. Маркшейдерские работы при обустройстве кустовой площадки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое трассирование линейных сооружений?

2. Как разбивают пикетаж на трассе линейного сооружения?.

3Как выполняется геометрическое нивелирование связующих и промежуточных точек?

4. Что такое горизонт прибора и для чего он применяется?

5. Как осуществляется полевой контроль при нивелировании?.

6. Как вычисляется невязка в нивелирном ходе?

7. Опишите последовательность обработки журнала нивелирования.

8. Опишите технологию построения продольного профиля трассы.

9. Опишите технологию проектирования автодороги по продольному профилю трассы и расчёта проектных уклонов.

10. Как вычисляются проектные и рабочие отметки на продольном профиле трассы?

11. Опишите технологию построения поперечных профилей.

12. Опишите технологию выноса в натуру точек с проектными высотными отметками.

13. Опишите технологию выноса в натуру линии с проектным уклоном.

Тема 7. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов

Понятие об опасных производственных объектах. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов. Возможные аварийные ситуации при эксплуатации нефтепромыслов, способы их предупреждения и ликвидации последствий. Экологические последствия эксплуатации нефтепромыслов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Виды и назначение скважин на нефтегазовых месторождениях.
2. Маркшейдерские работы при определении фактических координат и высот устьев скважин на нефтегазовых месторождениях.
3. Какие задачи должны быть решены маркшейдером при задании направления скважины?
4. Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки?
5. Маркшейдерский контроль траектории бурения скважины?
6. Построение фактической траектории пробуренной скважины по данным инклинометрической съёмки?

7. Каковы допустимые предельные погрешности при перенесении в натуру проектного положения устьев скважин?

8. Контрольные предельные параметры при строительстве буровой вышки.

9. Какие маркшейдерские работы выполняются при обустройстве кустовой площадки?

10. Как производится исполнительная съёмка кустовой площадки?

Тема 8. Маркшейдерское обеспечение геодинамической безопасности при разработке месторождений нефти и газа

Создание геодезических сетей для наблюдений за деформациями земной поверхности и сооружений. Методы наблюдений. Наблюдения за деформациями земной поверхности на большой площади. Наблюдения за деформациями земной поверхности в зонах тектонических разломов и контактов. Наблюдения с применением дистанционных методов зондирования Земли.

***Контрольные вопросы и упражнения*:**

1. 1. Понятие об опасных производственных объектах.
2. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов?
3. Каковы виды деформаций опасных производственных объектов?
4. Как проектируются нивелирные сети для мониторинга осадок инженерных сооружений на нефтепромыслах?
5. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций резервуаров временного хранения нефти?
6. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций нефтепроводов?
7. Как определяются оседания поверхности кустовых площадок?
8. Как осуществляется маркшейдерский контроль крена буровой вышки ?
9. Каковы возможные аварийные ситуации при эксплуатации нефтепромыслов, способы их предупреждения и ликвидации последствий?
10. Каковы экологические последствия эксплуатации нефтепромыслов?

Методические указания к выполнению расчётно-графических работ

Расчётно-графическая работа № 1

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья»

Тема: РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ СКВАЖИНЫ ПО ДАННЫМ ИНКЛИНОМЕТРИИ

***Цель работы*:** освоить методику определения пространственного положения оси скважины по данным инклинометрических измерений. Определить координаты точки встречи скважины с пластом. Построить вертикальный разрез по скважине и план искривления скважины.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор, геодезический транспортир.

Содержание задания:

По данным инклинометрической съемки скважины произвести расчет координат точек замеров, определить координаты и высотную отметку точки встречи скважины с пластом. Построить план искривления скважины в масштабе 1:1000 и проекцию траектории скважины на вертикальную плоскость.

Исходные данные:

Пространственные координаты устья скважины приведены в таблице № 1. Данные инклинометрической съемки приведены в таблице № 2. Расстояние между точками замеров принять равным **50 (100)** м. поправка для перехода от гироскопического азимута к дирекционному углу равна минус **$3^0$20”**

***Таблица 1*- Координаты устья скважины (т. С)**

№ варианта	Координаты, м		Высотная отметка, м		№ варианта	Координаты, м		Высотная отметка, м
	X	Y	H			X	Y	H
1	191,816	64,186	415,0		19	93,807	219,764	402,0
2	192,186	67,812	416,0		20	264,218	232,614	404,5
3	68,821	134,164	417,0		21	224,146	69,825	406,0
4	201,713	71,807	418,0		22	267,815	243,707	405,5
5	58,822	122,618	419,0		23	245,321	58,517	407,0
6	296,307	191,406	420,0		24	164,128	278,617	407,5
7	261,128	27,316	421,0		25	89,801	157,411	408,5
8	62,108	61,406	422,0		26	126,706	288,617	409,0
9	149,206	48,311	423,0		27	224,627	217,232	410,5
10	71,307	52,618	424,0		28	72,326	218,604	411,5
11	81,623	218,322	412,0		29	161,328	64,681	404,0
12	66,213	134,617	411,0		30	193,681	68,713	402,5

13	225,164	69,815	410,0		31	69,217	45,186	400,5
14	168,518	225,707	409,0		32	232,713	72,807	398,5
15	47,113	267,715	408,0		33	159,821	63,516	396,5
16	95,811	217,716	407,0		34	297,304	272,608	397,5
17	88,118	109,141	406,0		35	262,821	108,316	398,0
18	207,607	287,716	405,0		36	103,104	122,801	394,5

***Таблица № 2* – Результаты инклинометрических измерений**

Номер точки замера	Гироскопический азимут, градус	Зенитный угол	Примечание
С	0	5	Устье скважины
1	70	10	
2	75	15	
3	80	20	
4	85	25	
5	90	30	
6	95	35	

Вычисления свести в таблицу.

Номера точек замера	Зенитный угол	Расстояние межу точками замера (по геофиз. кабелю)	Превышения межу точками замера	Горизонтальныепроложения	Гироскопический азимут	Дирекц. угол интевала	Приращения координат, м		Координаты, м		Высотные отметки, м
							Х	У	Х	У	Н

Расчётно-графическая работа № 2

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГРУНТА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОТСЫПКИ ПЛОЩАДКИ КУСТОВОГО БУРЕНИЯ

***Цель работы*:** освоить методику определения объемов отсыпки кустовых площадок с учетом просадок основания насыпи. Научиться определять объем необходимого грунта в плотном теле. Построить план кустовой площадки и поперечный вертикальный разрез насыпи.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор.

Содержание задания:

Площадка для выполнения кустового бурения отсыпается скальным грунтом на горизонтальное основание из суглинков. По исходным данным (габаритам площади и за-

ложению откосов) построить план площадки в масштабе 1:1000 или 1:2000 и поперечный разрез в масштабе 1:100. Определить прогнозную величину осадок основания насыпи. Определить объем насыпи выше исходной поверхности отсыпки и объем просадок основания насыпи, а также общий объем необходимого грунта. Перевести объем насыпанного грунта в плотное тело (объём породы в целике).

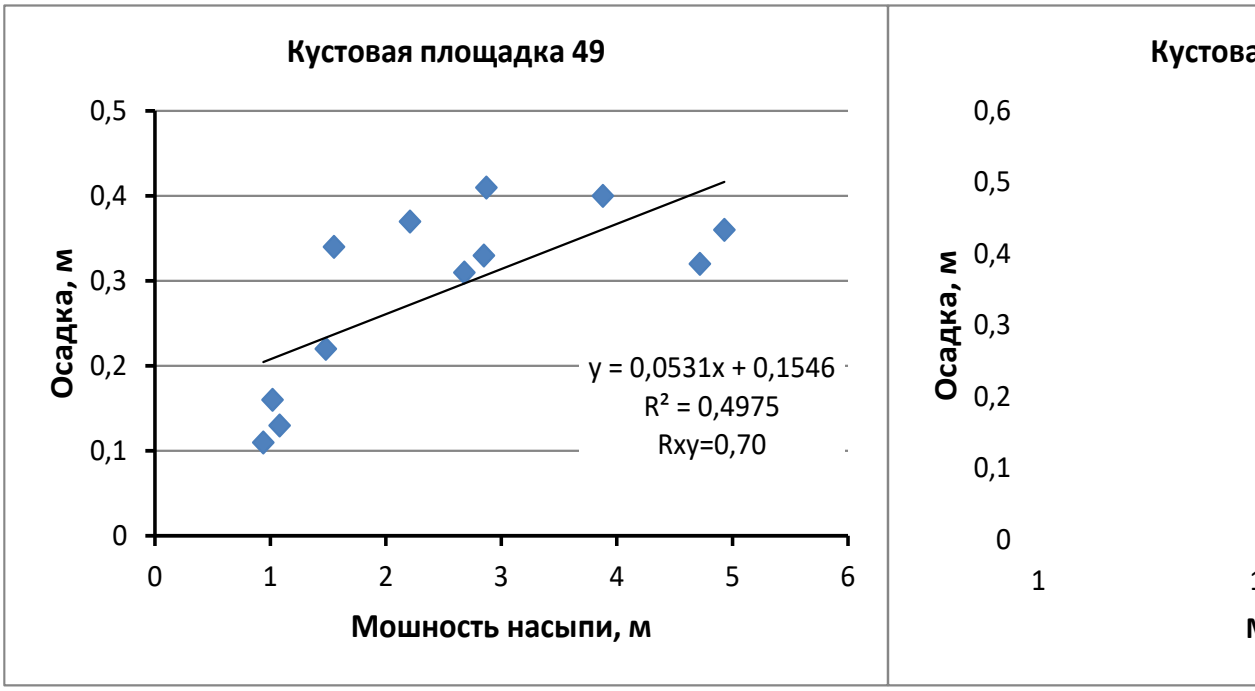
Исходные данные:

Габариты площадки. Высота насыпи. Заложение откоса. Зависимость для определения просадок основания насыпей.

***Таблица 1*- Проектные параметры кустовой площадки**

Номенр-вариан та	Длина, м	Ширина, м	Высота отсыпки, м	Заложение откоса		Номенрвариан та	Длина, м	Ширина, м	Высота отсыпки, м	Заложение откоса
1	100	50	1,2	1:1,5		20	200	120	3,0	1:2,5
2	100	50	1,4	1:1,5		21	250	150	1,2	1:3
3	100	50	1,6	1:1,5		22	250	150	1,4	1:3
4	100	50	1,8	1:1,5		23	250	150	1,6	1:3
5	100	50	2,0	1:2		24	250	150	1,8	1:3
6	100	50	2,2	1:2		25	250	150	2,0	1:3
7	100	50	2,4	1:2		26	250	150	2,2	1:3
8	100	50	2,6	1:2		27	250	150	2,4	1:3
9	100	50	2,8	1:2		28	250	150	2,6	1:3
10	100	50	3,0	1:2		29	250	150	2,8	1:3
11	200	120	1,2	1:2		30	250	150	3,0	1:3
12	200	120	1,4	1:2		31	300	160	1,6	1:2
13	200	120	1,6	1:2		32	300	160	1,8	1:2
14	200	120	1,8	1:2		33	300	160	2,0	1:2
15	200	120	2,0	1:2		34	300	160	2,2	1:2
16	200	120	2,2	1:2,5		35	300	160	2,4	1:2
17	200	120	2,4	1:2,5		36	300	160	2,6	1:2
18	200	120	2,6	1:2,5		37	300	160	2,8	1:2
19	200	120	2,8	1:2,5		38	300	160	3,0	1:2

1. Вычисление прогнозной просадки основания насыпи под действием веса насыпного грунта определяем по эмпирической зависимости, график которой представлен на рисунке.



$$h_{\text{просадок}} = 0.053m + 0.154 \text{ (м)},$$

m–мощность (высота) насыпи, м.

2. Коэффициент перехода от насыпного уплотненного грунта к объему в массиве (в плотном теле) для скальной породы составляет 0,87.

Рекомендуемая литература

1. Геодезия и маркшейдерия : учебник для вузов по специальности "Физические процессы горного или нефтегазового производства" направления подготовки дипломированных специалистов "Горное дело" В. Н. Попов [и др.]; под ред. В. Н. и др., 2010. - 452 с.

2. Жаркимбаев Б.М., Калыбеков Т., Рысбеков К,Б. Маркшейдерия при разработке месторождений нефти и газа: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2005. – 223 с.

3. Загибалов А. В. Маркшейдерия. Маркшейдерское обеспечение разработки нефтегазоконденсатных месторождений : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загибалов, А. В. Волохов, изд-во ИрНИУ, 2015. - 153 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Б. Шмонин

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

1. Задачи маркшейдерского обеспечения в период обустройства нефтегазовых месторождений 5
2. Геодезическое обоснование на промышленной площадке 6
2.1. Назначение и классификация геодезических сетей 6
2.2. Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток 12
2.3. Проектирование строительной сетки 14
2.4. Вынос в натуру строительной сетки 16
2.5. Общие сведения и понятия о разбивках 20
2.6. Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений 31
3. Понятие о вертикальной планировке, земляные работы на промышленной (строительной) площадке 35
4. Геодезическо-маркшейдерское обеспечение при возведении инженерных сооружений 40
4.1. Работы нулевого цикла 40
4.2. Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаменты 42
4.3. Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений 46
5. Исполнительные съемки в промышленном строительстве, маркшейдерско-геодезическая документация 47
6. Маркшейдерско-геодезические работы при строительстве буровых скважин 54
6.1. Основные положения 54
6.2. Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин 55
6.3. Работы при сооружении буровой установки 58
6.4. Работы при строительстве кустов скважин 59
6.5. Наклонно-направленное бурение 61
6.6. Профили наклонно направленных скважин. 61
6.7. Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве 63
7. Математические методы и алгоритмы построения траектории ствола наклонно направленной скважины 66
7.1. Тангенциальный метод 67
7.2. Метод усреднения углов 68
7.3. Балансный тангенциальный метод 68
7.4. Метод расчета по радиусу кривизны 68
7.5. Метод постоянной кривизны 70
7.6. Метод кольцевых дуг 70
8. Инженерно-геодезические изыскания 71
8.1. Нормативные ссылки 71
8.2. Планово-высотное обоснование 75

8.3. Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства ... 83
8.4. Тахеометрическая съемка ... 88
8.5. Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий ... 88
9. Съемка подземных и надземных сооружений ... 91
10. Съемка водных переходов ... 95
11. Линейные изыскания ... 99
11.1. Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений ... 100
11.2. Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений ... 101
12. Оценка уровня возможных геодинамических последствий разработки нефтегазоконденсатного месторождения ... 117
12.1. Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ ... 120
12.1.1. Общие требования к центрам ... 120
12.1.2. Закладка наблюдательных реперов ... 122
12.2. Разработка оптимального регламента системы геодинамических наблюдений на полигоне ... 127
12.2.1. Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов ... 127
12.2.2. Методика и точность измерений ... 131
12.3. Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений ... 132
12.3.1. Схема нивелирной сети ... 132
12.3.2. Априорная оценка точности геодезических наблюдений ... 134
12.4. Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона ... 136
12.4.1. Организация и планирование полевых работ ... 143
12.5. Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе ... 148
13. Библиографический список ... 152

1. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отметим, что геодезия является одной из древнейших, а также базовых наук для специальности «Маркшейдерское дело». В процессе своего развития она разделилась на ряд самостоятельных научно-технических дисциплин в соответствии с обслуживающими сферами деятельности, например:

1. Высшую геодезию, изучающую фигуру и размеры Земли и планет, методы измерений для высокоточного определения точек на земной поверхности.

2. Космическую геодезию, занимающуюся построением космической геодезической сети и решением геодезических задач с помощью искусственных спутников Земли на основе использования спутниковых навигационных систем.

3. Геодезию или топографию, рассматривающую способы изучения земной поверхности и производство измерений на ней, математическую и графическую обработку этих измерений с целью получения карт и планов небольших участков Земли.

4. Картографию, разрабатывающую методы создания карт и их использования.

5. Фототопографию, создающую планы и карты по фотоснимкам и аэрофотоснимками местности.

6. Морскую геодезию, занимающуюся разработкой методов ведения геодезических работ для обеспечения разведки и разработки природных ресурсов на дне морей и океанов.

7. Инженерную (прикладную) геодезию, изучающую методы геодезических работ, выполняемых при различных изысканиях, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, горнорудных предприятий, гражданского строительства, транспортных магистралей и т. п.

Геодезические измерения используются почти во всех отраслях народного хозяйства: при изысканиях и строительстве жилых и промышленных объектов, железных и автомобильных дорог, каналов, ЛЭП, трубопроводов, аэродромов, речных и морских портов и др.

В процессе строительства промышленных предприятий круг задач, решаемых по геодезическому обслуживанию на строительной площадке, зависит от определенного этапа его производства.

При проектно-изыскательских работах на участке строительства разбивают опорную геодезическую сеть, выполняют крупномасштабную съемку и получают топографический план, являющийся основой для проектирования промышленных предприятий и составления генерального

плана. На нем указывают плановое и высотное положение объектов строительства и привязку основных строительных осей.

При проектировании составляют геодезическую часть строительного паспорта, разрабатывают разбивочные чертежи, составляют проект вертикальной планировки и геодезической подготовки исходных данных для перенесения проекта на строительный участок.

При перенесении проекта в натуру разбивают на местности границу отвода участка, проектные линии застройки, выносят и закрепляют главные оси сооружений и основные проектные горизонты.

При текущем обслуживании строительства устанавливают в проектное положение строительные конструкции и оборудование, выверяют их по высоте и вертикали, выполняют текущие съемки и исполнительные чертежи.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

2.1 Назначение и классификация геодезических сетей

Введение в действие основополагающего документа «Основные положения о государственной геодезической сети РФ» (с 25.06.03 г.) обусловливает необходимость в создании геодезического обоснования на качественно новом, более высоком уровне точности, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Данный документ является продолжением работы над установлением единых государственных систем координат на территории России и разработан в рамках организационно-технических мероприятий для перехода к системе координат 1995 г.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории РФ и закрепленных на местности специальными центрами. ГГС также включает в себя пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат и в целом предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

- установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;

- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;
- изучение поверхности и гравитационного поля Земли, их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Государственная геодезическая сеть структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности в единой системе координат 1995 г. (СК-95):

- Фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС).
- Высокоточную геодезическую сеть (ВГС).
- Спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1).
- Геодезические сети специального назначения.

Наряду с ГГС созданы государственные нивелирная и гравиметрическая сети.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть в структуре координатного обеспечения России занимает высший уровень и служит исходной основой для дальнейшего повышения точности пунктов ГГС. ФАГС состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов Роскартографии, формирующих единую сеть на территории РФ. Расстояния между смежными пунктами ФАГС составляют 650–1 000 км, а их центры фундаментально закрепляются с обеспечением долговременной стабильности местонахождения в плане и по высоте.

Пространственное положение пунктов сети определяется методами космической геодезии в геоцентрической системе координат относительно центра масс Земли со средней квадратической ошибкой взаимного расположения не более 2 см в плане и 3 см по высоте. Определение нормальной высоты пунктов производится нивелированием не ниже II класса точности. Периодичность определений пространственного положения пунктов ФАГС устанавливается в пределах 5–8 лет.

Высокоточная геодезическая сеть занимает второй уровень в современной структуре ГГС и опирается на пункты ФАГС. Ее основная функция состоит в дальнейшем распространении на всей территории России геоцентрической системы координат и уточнении параметров взаимного ориентирования геоцентрической и геодезической систем.

ВГС, наряду с ФАГС, служит основой для развития геодезических построений последующих классов и используется для создания высокоточных карт высот квазигеоида. Сеть представляет собой однородное по

точности пространственное геодезическое построение из системы пунктов, удаленных друг от друга на расстояния 150–300 км.

Координаты пунктов ВГС определяются относительными методами космической геодезии со среднеквадратическими ошибками взаимного положения в плане, не превышающими 3 мм + $5 \cdot 10^{-8}$ D (где D – расстояние между пунктами) и 5 мм + $7 \cdot 10^{-8}$ D по высоте.

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (астрономо-геодезическая сеть и геодезические сети сгущения) занимает третий уровень в структуре государственной геодезической сети и функционально предназначена для обеспечения оптимальных условий реализации точности и оперативных возможностей спутниковой аппаратуры при переводе геодезического обоснования территории РФ на спутниковые методы определения координат.

СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение из системы легкодоступных пунктов с плотностью, достаточной для эффективного использования всех возможностей спутниковых определений (координат) потребителями со средними расстояниями между смежными пунктами 25– 35 км.

Сеть СГС-1 создается относительными методами космической геодезии, обеспечивающими определение взаимного положения смежных пунктов со среднеквадратическими ошибками в плане 3 мм + $1 \cdot 10^{-7}$ D и 5 мм + $2 \cdot 10^{-7}$ D по геодезической высоте, а также может строиться отдельными фрагментами. В каждый создаваемый фрагмент должны включаться все пункты ВГС и ФАГС, перекрывающие на треть расстояния между смежными пунктами ВГС на данной территории. Для связи СГС-1 с астрономо-геодезической сетью (АГС) и нивелирной сетью часть пунктов СГС-1 должна быть совмещена или связана с существующими пунктами АГС и реперами нивелирной сети не ниже точности III класса.

Геодезические сети специального назначения создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов ГГС экономически не целесообразно или требуется особо высокая точность построения геодезической сети. Эти сети определяются в единых государственных (или местных) системах координат в установленном порядке, учет и хранение исходных данных осуществляется органами государственного геодезического надзора (госгеонадзора).

Система координат 1995 г. установлена так, что ее оси параллельны осям геоцентрической системы координат, а положение начала координат пункта ГГС Пулково совпадает с системой координат 1942 г.

За отсчетную поверхность в СК-95 принят эллипсоид Красовского с параметрами:

- большая полуось равна 6378 245 м;
- сжатие составляет 1:298,3.
- Положение пунктов ГГС задается следующими координатами:

- пространственными прямоугольными координатами *X, Y, Z;*
- геодезическими (эллипсоидальными) координатами *B, L, H*;
- плоскими прямоугольными координатами *x* и *y*, вычисляемыми в проекции Гаусса-Крюгера.

Существующие сети триангуляции и полигонометрии 1–4 классов вписываются в указанную систему построений, и настоящий нормативно-технический акт (НТА) допускает применение «Основных положений о построении государственной геодезической сети СССР» в тех случаях, когда используются методы триангуляции и полигонометрии.

Поэтому уместным будет рассмотреть структуру и методы построения геодезической сети традиционными технологиями.

В соответствии с действующей до 2003 г. классификацией геодезические сети РФ подразделяются на государственные сети, сети сгущения, сети съемочного обоснования.

Государственная геодезическая сеть (ГГС), созданная в 1961–1966 гг., состоит из плановых сетей триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3, 4 классов и нивелирных сетей I, II, III, IV классов, различающихся между собой точностью измерений углов и расстояний, длиной сторон сети, порядком последовательного развития, погрешностью определения превышений.

Развитие государственной геодезической сети ведется по принципу перехода от общего к частному. Точность плановой государственной сети рассчитана на обеспечение координат съемочных работ в крупных масштабах.

Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии 1–4 классов приведена в табл. 1, нивелирования I–IV классов – в табл. 2.

Таблица 1. Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии

Показатель	Класс			
	1	2	3	4
Триангуляция				
Средняя длина стороны треугольника, км	20–25	7–20	5–8	2–5
Относительная погрешность базиса (выходной стороны) (m_b/b)	1/400 000	1/300 000	1/200 000	1/200 000
Относительная погрешность слабой стороны *	1/150 000	1/130 000	1/120 000	1/ 70 000
Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с	0,7	1,0	1,5	2,0
Допустимая невязка треугольника, угл. с	3	4	6	8

Наименьшее значение угла треугольника, град.	40	20	20	20
Полигонометрия				
Периметр полигона, км	700−800	150–180	–	–
Длина диагонали звена (хода), не более, км	200	60	30	15, 13, 11**
Длина стороны хода (в звене), км	8–30	5–18	3–10	0,25
Число сторон в ходе (звене)	12	–	–	20
Число сторон между узловыми или исходными и узловыми пунктами, не более	–	6	6	–
Длина диагоналей ходов между узловыми пунктами и между узловыми пунктами и пунктами сети высших классов, не более, км	–	–	–	7
Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с	0,4	1,0	1,5	2,0
Средняя квадратическая погрешность измерения стороны, см:				
до 8 км	–	4	–	–
до 5 км	–	–	5	–
до 500 м	–	–	–	2
до 500–1000 м	–	–	–	3
свыше 1000 м	–	–	–	1/40 000
Относительная погрешность хода	–			1/25 000

Государственные сети геодезического обоснования дополняются сетями сгущения (ГГСС), представленными триангуляцией, полигонометрией 1 и 2 разрядов и техническим нивелированием. Они создаются в соответствии с руководством по топографической съемке в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Геодезические сети сгущения иногда называют опорными инженерно-геодезическими сетями. Необходимость в их построении возникает при изысканиях строительных площадок и проектирования на них различных сооружений, составлении генеральных планов городов и поселков, разработке технических проектов и рабочих чертежей промышленных, горнодобывающих предприятий и других объектов. Как правило, инженерно-геодезические сети проектируются с учетом возможности их последующего сгущения и развития для обеспечения основных разбивочных работ и топографической съемке в масштабе 1:500.

Требования к точности, плотности, стабильности плановых инженерно-геодезических сетей обуславливаются разнообразием технических задач, которые решаются при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

Съемочные геодезические сети развиваются на основе государственных сетей сгущения и состоят из планового, высотного и планово-высотного обоснования, а также дополнительных точек. В зависимости от сложности снимаемой территории, расположения зданий и инженерных сооружений, съемочные пункты создаются методами полигонометрических ходов, цепочек треугольников, теодолитных ходов.

Полигонометрическая сеть может быть развита в виде системы прямоугольников с расположением сторон параллельно линиям застройки, что дает возможность получить необходимое количество створных точек и створов.

Таблица 2. Техническая характеристика сетей нивелирования

Показатель	Класс			
	I	II	III	IV
Периметр полигона, км	3 000–4 000	500–600	150–200	50
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм:				
случайная	1	2	4	10
систематическая	0,2	0,4	0,8	2
Длина визирного луча, м	50	65–75	75–100	100–150
Неравенство расстояний, м:				
на станции	0,5	1	2	5
в ходе	1	2	5	10
Высота визирного луча над поверхностью Земли, м	0,8	0,5	0,3	0,2
Допустимые расхождения в превышениях, мм:				
ход до 15 станций на 1 км	$3\sqrt{L}$	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$
ход свыше 15 станций на 1 км	$4\sqrt{L}$	$6\sqrt{L}$	$2{,}6\sqrt{n}$ ***	$5\sqrt{n}$ ***
Допустимые расхождения в превышениях на станции, мм:				
по прецизионным рейкам	0,5	0,7	1,5	–
по шашечным	–	–	3	5
Допустимые невязки превышений в полигонах, мм:				
ход до 15 станций на 1 км	$1{,}5\sqrt{L}$	$2{,}5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$
ход свыше 15 станций на 1 км	$2\sqrt{L}$	$3\sqrt{L}$	–	–
Увеличение трубы нивелира, крат	45	40–44	30–35	25–30
Цена деления цилиндриче-	12	12	15	25

ского уровня, с Допустимые погрешности метрового интервала рейки, мм ***	0,15	0,30	0,50	1,0

Примечания:
* Погрешность слабой стороны – *ms/ S* (табл. 1);
** При числе сторон хода 10, 15, 20 соответственно (см. табл. 1); *L* – длина хода, км;
*** *n* – число станций в ходе (табл. 2).

В этом случае следует учитывать допустимую длину теодолитных ходов, используемых для получения дополнительных точек путем прокладки их между пунктами полигонометрии, а также число пунктов на площади съемки.

2.2 Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток

Для проектирования и строительства инженерных сооружений, тоннелей, промышленных комплексов и других создают разбивочные сети, которые относятся к разряду специальных. Геодезические разбивочные сети служат основой для выноса проектов зданий и сооружений на местность, контролем соблюдения их геометрических параметров, смещения и деформаций элементов несущих конструкций. Они создаются на строительной (промышленной) площадке в виде сети, заложенных в грунт и закрепленных на местности пунктов и обеспечивают последующие построения в процессе строительства и эксплуатации объектов исходными данными.

Разбивочные сети проектируют методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, строительной сетки, красных линий застройки на основе *проекта производства геодезических работ* (ППГР) и увязывают с пунктами государственной геодезической сети или геодезических сетей сгущения. Составляется проект разбивочной основы в соответствии с генеральным планом строительства объекта, согласующийся со стадиями проектирования и очередями его сооружения. Точность построения разбивочной сети устанавливается при разработке ППГР.

Наиболее удобным видом геодезической основы для производства разбивочных работ на территории крупных строительных и промышленных сооружений является строительная сетка. Она должна обеспечить решение двух инженерно-геодезических задач: осуществление топографической съемки крупного масштаба 1:500, быстрый и удобный перенос проектных данных в натуру для ведения строительства и монтажных работ.

Строительная сетка представляет собой систему квадратов или прямоугольников на площади строительства и состоит из основных и дополнительных фигур со сторонами основания 100–400 м в зависимости от назначения площадок строительства (рис. 1).

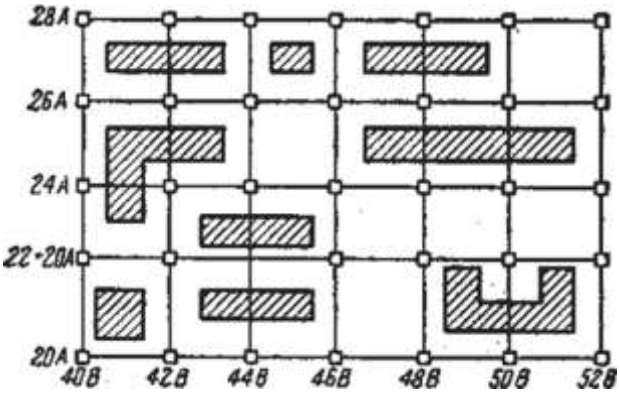


Рисунок 1 - Строительная сетка

Дополнительные фигуры строят в процессе геодезических разбивочных работ с длинами сторон до 20 м.

Как правило, оси объектов, сооружаемых на промышленных (строительных) площадках, параллельны, а сами сооружения прямоугольны. Поэтому стороны сетки ориентируют в частной системе координат, параллельно осям сооружений или проездов. В связи с этим, при разбивках и съемках от пунктов строительных сеток используют прямые углы и повторяющиеся линейные измерения, что значительно упрощает геодезические действия.

Точность планового положения и высот пунктов сетки определяет условия производства крупномасштабной съемки на территории строительства. В этом случае ошибки координат пунктов сетки относительно ее начала не должны превышать ±0,050 м, а ошибки их взаимного положения ±0,020 м.

Технические же условия по обеспечению строительно-монтажных работ требуют построения геодезических сеток допусками полигонометрии 1 разряда, а в ряде случаев – полигонометрии 4 класса.

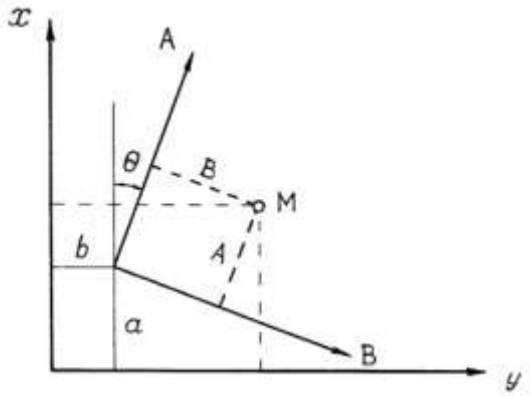


Рисунок 2 - Строительную сетку предварительно проектируют.

На больших площадках, имеющих ломаное очертание, создают несколько строительных сеток в частных системах координат. Ориентирование системы координат осей строительной сетки относительно общегосударственной системы координат может быть произвольным. Переход от

государственной системы к частной системе сетки (рис. 2.2) производят по формулам:

$$A = (x - a)\cos\theta + (y - b)\sin\theta$$
$$B = (y - b)\cos\theta - (x - a)\sin\theta$$

Переход от системы строительной сетки к общегосударственной, осуществляют в следующем порядке:

$$x = a + A\cos\theta - B\sin\theta$$
$$y = b + A\sin\theta + B\cos\theta$$

где x, y – координаты точки М в государственной системе; А, В – координаты точки М в системе строительной сетки; a, b – координаты начала строительной сетки в государственной системе; θ – угол поворота сетки относительно государственной системы.

2.1 Проектирование строительной сетки

Строительную сетку проектируют на топографическом плане промышленной (строительной) площадки или на генеральном плане с учетом расположения всего комплекса зданий и сооружений, рис. 2. Её планируют, как отдельную специальную сеть, положение пунктов которой и направление сторон не зависит от государственной сети и главной плановой основы строительного производства.

Основные требования к строительным сеткам при их проектировании сводятся к следующим положениям:

1. Линии основания сетки намечают и создают строго параллельно главным осям возводимых зданий и сооружений, а фигуры сетки размещают таким образом, чтобы основные проектируемые здания и сооружения оказались внутри и как можно ближе к ее сторонам.
2. Стороны сетки располагают с учетом удобства производства линейных
3. и угловых измерений и не загромождают рядовыми посадками.
4. Линии и пункты сетки проектируют с учетом обеспечения их сохранности и взаимной видимости, вдали от проезжей части, сетей трубопроводов и др.
5. Размеры сторон прямоугольников, квадратов и других фигур принимают с учетом размеров зданий, сооружений из соображений обеспечения технологии строительства.
6. Учитывают характер и порядок использования пунктов строительной сетки для производства разбивочных работ.

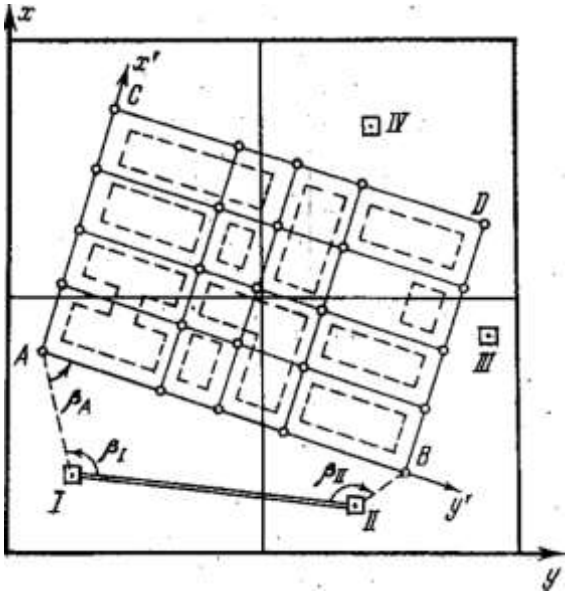


Рисунок 3 - Проектное положение строительной сетки

6. Требования к точности разбивочных работ определяют в зависимости от назначения сооружений, их размеров, технологической связи между собой и других условий:

- ошибки в положении соседних пунктов строительной сетки не должны превышать относительной величины 1:10 000 (1 см на 100 м);
- прямые углы сетки должны быть построены с точностью ±20″;
- ошибки в положении пунктов в наиболее слабом месте сетки относительно опорной геодезической основы не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана 1:500 (т.е. 10 см).

Разбивочные сети создаются в натуре также методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии. Разрешается использовать метод угловых, линейных и комбинированных засечек. При этом выбор разряда точности разбивочных работ должен согласовываться с размерами сторон прямоугольников, квадратов и других фигур или расстояниями между линиями строительной сетки, принимаемых по табл. 3.

При проектировании строительной сетки, следуют предусмотреть способ постоянного возобновления первоначально разбитых точек, фиксирующих пересечение осей, недоступных для непосредственного закрепления. В этом случае необходимо предусмотреть проверку неподвижности пунктов сетки путем систематического их контроля от знаков опорной геодезической основы.

Проектирование разбивочного обоснования завершается вычислением координат вершин сети в условной системе, принятой для данной строительной площадки.

Таблица 3 - Характеристики строительных сеток

Характеристика сетки	Класс сетки / разряд / размеры сторон, м		
	4	1р	2р
Прямоугольная	400 х 200 400 х 100	400 х 100 200 х 100	200 х 100 100 х 50
Квадратная	200 х 200 150 х 150 100 х 100	150 х 150 100 х 100	150 х 150 100 х 100 50 х 50
Расстояния между параллельными линиями	200 150 100	150 100	150 100 50

В системе координат строительной сетки положение ее вершин определяют простым суммированием: к соответствующей координате начального пункта (юго-восточного угла сетки) последовательно прибавляют значения проектных сторон. При этом координаты пунктов разбивочной сети должны иметь положительные значения кратные сотням или десяткам метров. Ось абсцисс можно направить вдоль главной оси основного сооружения строительной площадки, а ось ординат — перпендикулярно к ней.

Для установления аналитической зависимости между частной системой координат (x, y) строительной сетки и системой координат (X, $У$) генплана выбирают два пункта A и B и графически снимают их координаты в системе генплана X'_A, $У'_A$ и X'_B, $У'_B$. Из решения обратной геодезической задачи определяют табличный угол r_{AB} (румб), дирекционный угол α_{AB}, длину S'_{AB} стороны AB:

$$tgr_{AB} = \frac{У'_B - У'_A}{X'_B - X'_A} \; ; \; S'_{AB} = \frac{У'_B - У'_A}{Sinr_{AB}} = \frac{X'_B - X'_A}{Cosr_{AB}} ; \quad (2.3)$$

Затем вычисленную длину S'_{AB} сравнивают с проектной, найденный дирекционный угол α_{AB} с величиной этого угла, определенного графически с плана транспортиром. Если полученные расхождения лежат в пределах графической точности плана ($\Delta S \leq 0{,}3 \div 0{,}5$ мм; $\Delta\alpha \leq 30' \div 60'$), то вычисляют местоположение пунктов A и B в системе координат генплана:

$$X_A = 1/2\,(x'_A + x'_B) - 1/2\,S_{AB}\,Cos\alpha_{AB} ;$$
$$У_A = 1/2\,(y'_A + y'_B) - 1/2\,S_{AB}\,Sin\alpha_{AB} ; \quad (2.4)$$
$$X_B = 1/2\,(x'_A + x'_B) + 1/2\,S_{AB}\,Cos\alpha_{AB} ;$$
$$У_B = 1/2\,(y'_A + y'_B) + 1/2\,S_{AB}\,Sin\alpha_{AB} ,$$

где x'_A, x'_B, y'_A, y'_B — координаты положения пунктов A и B в частной системе координат.

2.2 Вынос в натуру строительной сетки

После составления проекта геодезической строительной прямоугольной сети ее выносят на местность – «разбивают». Разбивку начинают с определения исходного направления, для выноса которого используют

пункты планового геодезического обоснования, расположенные на строительной площадке. Для этого, на основе решения обратных задач по координатам вершин строительной сетки и исходных пунктов вычисляют необходимые элементы разбивки (2.3). Дальнейшее построение сетки прямоугольников (квадратов) осуществляют, как правило, двумя способами: осевым и редуцирования.

Осевой способ основывается на вынесенных и закрепленных на местности исходных направлениях, от которых строят в натуре две строго перпендикулярные оси *EN* и *MD* (рис. 4). Затем вдоль полученных осевых линий от центра откладывают отрезки, равные проектным сторонам сетки. Эти измерения производят шкаловой лентой (с применением динамометра) с постоянным натяжением и учитывают поправки за компарирование, наклон местности и температуру. Возможно применение для детальной разбивки строительной сетки современных тахеометров типа Nicon, 3Ta5P и т.д., что позволяет гораздо продуктивнее использовать существующие методы выноски.

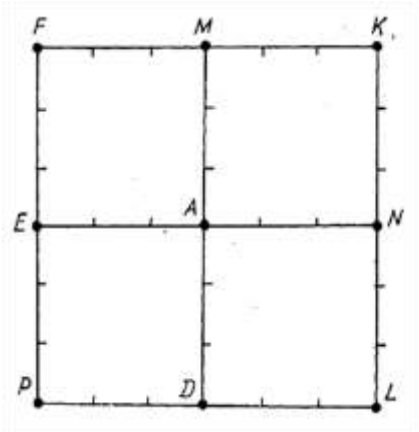


Рисунок 4 - Осевой способ разбивки строительной сетки: *EN* и *MD* – строго перпендикулярные линии

В конечных точках (*F, K, L, P*) строят прямые углы и продолжают разметку фигур сетки по периметру. В этом случае неизбежно накопление линейных ошибок: длины сторон могут несколько отличаться от проектных и не все углы будут равны 90°. Величины полученных ошибок уменьшают путем перемещения пунктов разбивочной сети в прямоугольниках.

Таким образом, на площадке получают четыре построенных полигона, в вершинах которых закладывают постоянные знаки. По их периметрам прокладывают полигонометрические ходы 1 разряда, уравнивают и определяют координаты всех пунктов.

Внутренние точки сгущения сетки получают с помощью создания ходов полигонометрии 2 разряда по предварительно размеченным прямоугольникам.

Осевой способ обычно применяют в том случае, когда строительная площадка сравнительно невелика, или там, где не требуется большая точ-

ность и ошибками взаимного положения пунктов в 3–5 см можно пренебречь.

Метод последовательного приближения или редуцирования рекомендуется применять при вынесении строительных сеток на большие промышленные (строительные) площадки. Способ редуцирования обеспечивает более высокую точность получения элементов разбивочной основы.

После составления проекта геодезической прямоугольной сетки поступают следующим образом:

1) выполняют предварительную разбивку основных фигур разбивочной сети, закрепляют их временными знаками;
2) определяют координаты центров вершин предварительно разбитой сетки;
3) вычисляют элементы редукции (отклонения предварительно разбитых точек от их проектного положения);
4) редуцируют точки на местности (т.е. вводят в их положение поправки и закрепляют полученные новые центры пунктов постоянными знаками);
5) осуществляют контрольные измерения;
6) разбивают и закрепляют промежуточные пункты.

В зависимости от размера и точности строительной сетки могут быть использованы различные методы выполнения вышеперечисленных этапов работ.

Последовательно рассмотрим каждый из обозначенных пунктов метода.

Предварительная разбивка основных фигур сетки зависит от площади застройки, ее вида. Например, если строительная площадка составляет площадь более 1 км^2 (допустим, 1600 х 1800 м) и имеет прямоугольную форму, то целесообразно вынести на местность 6 пунктов. Если же площадь застройки по форме близка к квадрату (например, 1200 х 1200 м), то достаточно ограничиться 4 пунктами.

Для небольших участков застройки, геодезических сетей невысокой точности на местность выносят не фигуры, а базис-линию *АС* строительной сетки, проходящую по возможности в середине разбивочной основы и по местности, доступной для линейных измерений (рис. 5). Для надежной ориентировки сети длина базиса должна быть более 600–800 м, а для небольших сеток не менее половины их протяженности.

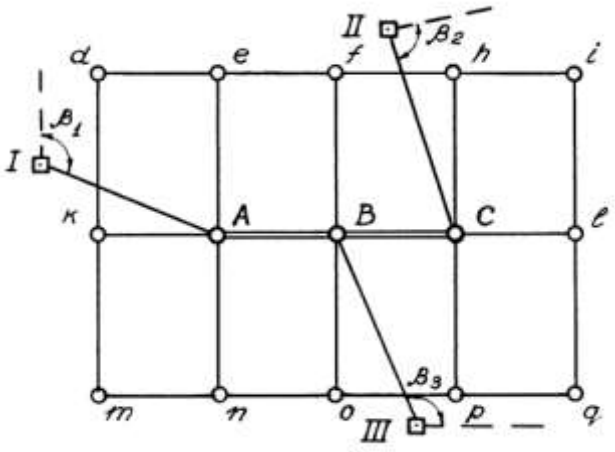


Рисунок 5 - Схема привязки вершин сетки к главной геодезической основе:*I*, *II*, *III* – пункты полигонометрии

Все точки намеченных фигур и не менее трех точек базиса привязывают к ближайшим пунктам главной геодезической основы строительной площадки. Используя данные привязки, вершины фигур *A*, *B*, *C* выносят на местность и закрепляют временными знаками. Методом створных промеров и вывешивания для способа створного базиса (см. рис. 5) предварительно разбивают основные квадраты (400 х 400 м) или прямоугольники (400 х 200 м), а также закрепляют их вершины временными знаками, например, столбами с забитыми в качестве центров гвоздями.

Определение координат центров вершин предварительно разбитой сетки (в зависимости от заданной точности и характера местности) выполняют методами: триангуляции, трилатерации, полигонометрии, засечек А.Н. Дурнева, четырехугольников без диагоналей и др.

Метод полигонометрии в настоящее время является наиболее распространенным. Измерения углов и расстояний, а также обработка результатов измерений выполняются с соблюдением требований инструкции для соответствующего разряда геодезической плановой сети (или по программе, разработанной для каждого случая специально). Координаты вершин полигонов вычисляют в системе строительной сетки, что приводит к существенному упрощению геодезических измерений. По необходимости, пересчет координат от одной системы к другой осуществляют по формулам (2.1), (2.2), (2.4).

Вычисление элементов редукции осуществляется алгебраическим сложением значений проектных координат и фактически полученных. Так, если координаты пункта равны 50 350,023 м и 4 200,009 м, то центр вершины сетки нужно сместить на величину $\delta_x = -0{,}023$ м по оси абсцисс и на величину $\delta_y = -0{,}009$ м по оси ординат.

Редуцировать (смещать) центры пунктов основных фигур сетки возможно различными вариантами, например, если редукционные поправки δ_x и δ_y сравнительно невелики (до 10 см), то можно применять способ фик-

сации центра временного знака при помощи надежно установленного центрира (отвеса) и последующего переноса его на верхнюю поверхность постоянного знака, поставленного вместо временного. В этом случае непосредственно на самой пластине намечают направления координатных осей, по которым откладывают поправки δ_x и δ_y и находят центр исправленных координат вершин сетки (рис. 2.6).

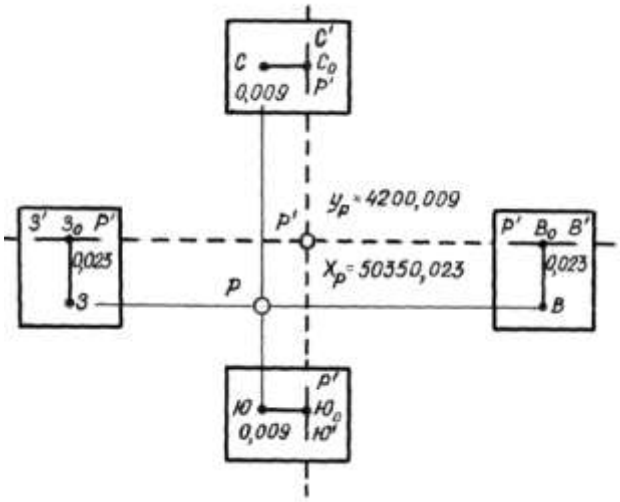


Рисунок 6 - Схема редуцирования пункта в проектное положение

Иногда взамен временных знаков сразу закладывают знаки с приваренными к верхним концам пластинам, толщиной не менее 7 мм и размером 20 х 20 см. На пластинах и знаках вначале намечают временные центры, затем их редуцируют и набивают постоянные. Недостатком этого способа (одностадийной разбивки) является условие повышенной точности предварительной разбивки, обеспечивающей величину элементов редуцирования не более 10 см.

После редуцирования и установления постоянных знаков повторно производят контрольное определение их координат. Затем разбивают и закрепляют промежуточные пункты внутри основных фигур строительной сетки. Обычно это выполняется створными разбивками и линейными промерами с одного пункта сети на другой.

2.3 Общие сведения и понятия о разбивках

Геодезическо-маркшейдерские работы, выполняемые на местности для определения планового и высотного положения характерных точек строящегося сооружения согласно проекту, называются разбивкой сооружения или перенесением проекта в натуру. При этом используют генеральный план строительства, разбивочные и рабочие чертежи фундаментов сооружений, установок и агрегатов, подъездных путей и др.

Геодезические разбивочные работы являются составной частью строительно-монтажного производства и делятся на плановую и высотную разбивки сооружений, которые осуществляются в три этапа.

На первом этапе выполняют основные разбивочные работы. Они заключаются в определении на местности положения главных или основных разбивочных осей и строительного нуля от пунктов плановой и высотной геодезической основы. Оси закрепляют специальными знаками.

На втором этапе производят детальную разбивку сооружения, отмечающую положение частей инженерного сооружения, его геометрические параметры и элементы.

На третьем этапе обеспечивают разбивку и закрепление монтажных осей и установку в проектное положение технологического оборудования. Этап требует соблюдения высокой точности геодезическо-маркшейдерских работ.

Приступая к разбивке объекта:

- определяют необходимую и достаточную точность выноски отдельных его элементов;
- намечают методику измерений, необходимые инструменты, исходящие точки и общий план работы;
- знакомятся с условиями предстоящей разбивки на местности, проверяют наличие препятствий выполнению работ и загромождению площадки;
- составляют детальную схему разбивки в полевом журнале с указанием необходимых данных из рабочих чертежей.

В процессе вынесения проекта в натуру производят разнообразные геодезические измерения, свойственные исключительно разбивочным работам. По своему содержанию они противоположны съемочным работам и имеют свои специфические особенности. Вынос объекта на местность осуществляет в определенном порядке.

Способы геодезических разбивочных работ, построение их элементов

Выбор способа ведения разбивочных работ зависит от места расположения инженерного сооружения, его размеров, назначения и точности выноски в натуру.

Существуют следующие основные способы разбивки: полярный, створной засечки, угловой и линейной засечек, прямоугольных координат, полигонометрии и др. Все они по своей сущности основаны на использовании таких элементов разбивочных определений, как построение на местности горизонтального проектного угла, линии проектной длины, линии проектного уклона, точки с проектной отметкой. Поэтому сначала рассмотрим, как осуществляют построение элементов геодезических разбивочных работ.

Построение горизонтального проектного угла может быть выполнено двумя способами в зависимости от точности имеющегося прибора.

Первый способ применяется в том случае, когда требуемая точность откладывания угла меньше точности отсчета по горизонтальному кругу

теодолита. Он заключается в последовательном откладывании от известного направления *AB* в пункте *A* заданного угла при «круге право» (КП) и «круге лево» (КЛ), (рис. 2.7, *а*). Из двух полученных при выноске точек берут среднюю (*C*) и принимают построенный угол *ABC* за проектный (требуемый). Для контроля отложенный угол измеряют и сверяют с заданным значением.

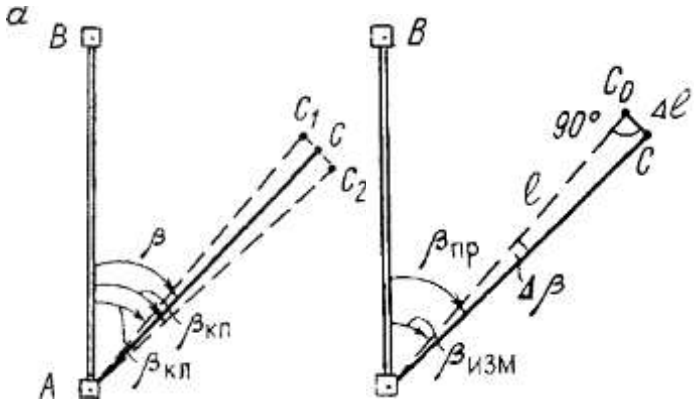


Рисунок 7 - Схема построения горизонтального угла:

а – способ непосредственной выноски; *б* – способ построения угла с применением редукции

Второй способ построения угла используется при необходимости его выноски с более высокой точностью, чем точность применяемого прибора. В этом случае откладывают заданный угол одним приемом и отмечают на местности точку C_0. Затем измеряют этот угол с необходимой точностью и определяют разность $\Delta\beta = \beta_{пр} — \beta_{изм}$ между полученным ($\beta_{изм}$) и проектным ($\beta_{пр}$) углами (рис. 7, *б*), которую и необходимо ввести для уточнения построенного угла. Угловую поправку $\Delta\beta$ заменяют линейной величиной $\Delta\ell = CC_0$:

$$\Delta\ell = \ell\frac{\Delta\beta''}{\rho''},$$

где $\Delta\beta$ определяется в секундах; ρ – радиан в секундах (206 265").

Отложив на местности от точки C_0 величину $\Delta\ell$ перпендикулярно к линии AC_0, получают искомый угол *ABC*. Для контроля построенный угол измеряют.

Построение линии проектной длины зависит от ее размера.

Пример первый. Линия выносится на местность, представленную ровной поверхностью, причем ее длина не превышает пределов измерения мерного прибора (рулетки). В этом случае поступают следующим образом:

1) устанавливают в начальной точке теодолит, отмечают заданное направление вехой, на ней фиксируют высоту инструмента *i* и измеряют угол наклона δ;

2) вычисляют наклонное расстояние *L*, которое необходимо отложить на местности

$$L = \frac{\ell_0}{\cos\delta},$$

где ℓ_o – проектная горизонтальная длина линии с учетом поправок за температуру и компарирование мерного прибора;

3) откладывают вычисленную длину L в натуре и закрепляют ее.

Пример второй. Проектная длина линии велика (больше предела измерения прибора), условия местности неблагоприятны, а требуемая точность выноски высокая.

При построении проектной длины линии с помощью мерных лент или рулеток задача определения её положения сводится к отложению в натуре отрезка, горизонтальное проложение которого должно быть равно заданной длине ℓ_o (рис. 8).

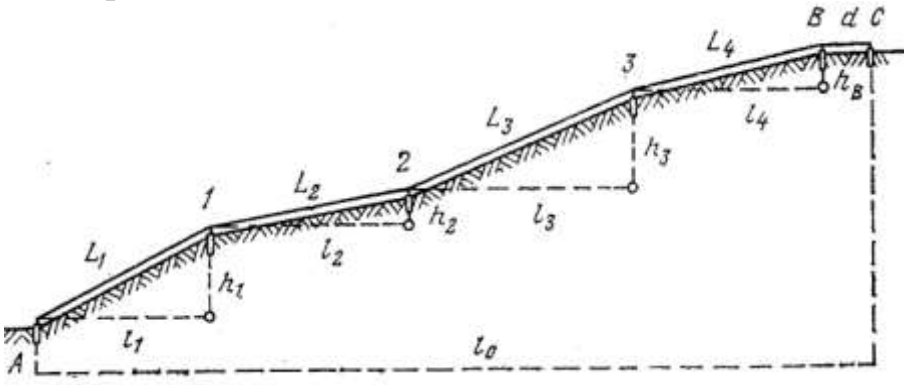


Рисунок 8- линии проектной длины

Разбивочные работы осуществляются следующим образом:

а) по заданному направлению AB откладывают наклонное расстояние $L_0 = \ell/\cos\delta$ и закрепляют его в точке B. Угол наклона δ берется приближенно;

б) отрезок AB делят (разбивают) на отдельные участки, не превышающие длины мерного прибора и фиксируют их, например, кольями;

в) точно измеряют наклонные расстояния L_1, L_2 … L_n, вводят в них поправки за наклон, температуру, компарирование и провес;

г) определяют сумму измеренных длин и вычисляют домер d от точки B

$$d = \ell_0 - \sum \ell_i .$$

д) отложив домер в натуре, получают точку C и закрепляют ее.

Таким образом получают искомую длину AB на местности в виде исправленной линии AC. Для контроля это расстояние измеряют и сравнивают с проектным.

В настоящее время наиболее удобными и эффективными приборами для построения линий на местности являются электронные тахеометры, снабженные встроенными в них светодальномерами. Светодальномер имеет различные режимы измерения расстояний, в том числе получение горизонтального проложения, позволяющего оперативно получать домер d от

предварительно вынесенной, до искомой величины. Например, отечественным электронным тахеометром 3Та5(Р) можно измерять расстояния (D) от двух до 2 000 м со среднеквадратической погрешностью, получаемой из выражения $5 + 3 \cdot 10^{-6} D$ (мм).

Построение точки с проектной отметкой выполняют, как правило, с помощью нивелира и рейки от ближайших реперов, используя горизонт прибора. С этой целью устанавливают нивелир примерно посередине между репером *Rp* с известной отметкой H_{Rp} и местом вынесения точки, например, *B*. По рейке, находящейся на репере, берут отсчет *a* и вычисляют горизонт инструмента

$$ГИ = H_{Rp} + a$$

Для того, чтобы установить на точке *B* проектную отметку $H_{пр}$, находят величину отсчета *b* (рис. 9).

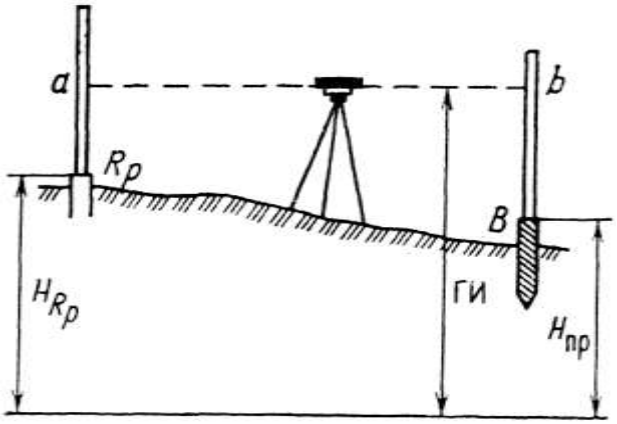


Рисунок 9 - Схема построения точки с проектной отметкой

Отметку горизонта инструмента можно получить, используя формулу (2.5) и равенство

$$H_{Rp} + a = H_{пр} + b = ГИ ,$$

откуда

$$b = ГИ - H_{пр}$$

Затем вычисляют по формуле (2.6) отсчет *b*, рейку в точке *B* передвигают по высоте, добиваясь, чтобы отсчет по средней нити окуляра трубы прибора равнялся искомому – *b*. Пятка рейки, установленной по отсчету, будет соответствовать проектной отметке. Ее фиксируют в натуре с помощью забиваемого колышка, ввинчивая специальный болт, проводя черту на колонне и т.п. Для контроля правильности выноски проектной отметки, ее определяют с помощью повторного нивелирования с заданной точностью.

Среднюю квадратическую погрешность m_T выноски в натуру проектной отметки точки в пределах одной станции геометрическим нивелированием, определяем из выражения

$$m_T = \sqrt{m_o^{\,2} + m_a^{\,2} + m_b^{\,2} + m_Ф^{\,2}} ,$$

где m_0 – погрешность исходных точек высотной основы;

m_a – погрешность отсчета a по рейке;

m_b – погрешность отсчета b по рейке;

$m_Ф$ – погрешность фиксации проектной точки в натуре.

Построение линии и плоскости с проектным уклоном. Разбивка наклонных линий и плоскостей заданного уклона в основном сводится к выносу на местность проектных отметок главных точек проекта вертикальной планировки, при рытье траншей коммуникаций, устройстве земляного полотна автомобильных и железных дорог. Решение этой задачи может быть выполнено с помощью нивелира, теодолита и визирок. Главные точки проектной линии переносят на местность методом геометрического нивелирования путем решения отдельных задач выноса в натуру их заданных отметок.

Итак, вынос линии AB с проектным уклоном от исходной точки A (рис. 10, *а*) начинают с построения проектной H_B отметки точки B. Расстояние между точками разделяют на 100, 50 м и менее, в зависимости от специфики производства строительных работ и характера рельефа. Вынос промежуточных точек линии осуществляют путем наклона нивелира подъемными винтами до отсчета по рейке в точке B, равного высоте i прибора в точке A. После этого ставят рейку в створе линии AB через равные отрезки и забивают колья, например, в точках C и D так, чтобы отсчет на них по рейке равнялся горизонту инструмента.

При разбивке на местности линий со значительными уклонами используют теодолит (рис. 10, *б*).

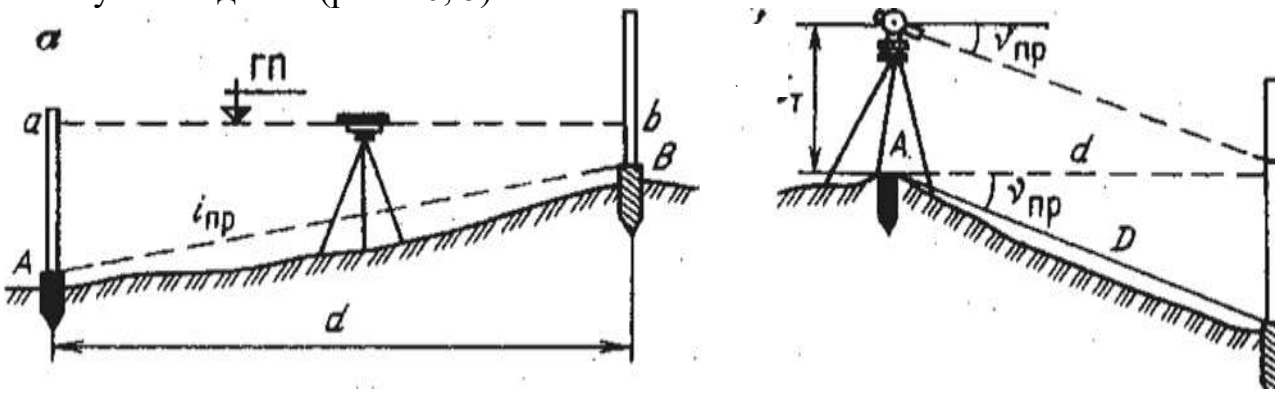


Рисунок 10 - Построение линии (плоскости) с проектным уклоном:

а – с помощью нивелира; *б* – с помощью теодолита

Прибор устанавливают в точке A, откладывают по вертикальному кругу угол, равный проектному уклону, выраженному в градусной мере с учетом места нуля (МО). Проектное положение промежуточных точек C и D определяют с помощью визирки, установленной на высоту i визирного луча зрительной трубы теодолита.

С меньшей точностью задача построения линии заданного уклона может быть выполнена визуально с помощью трех визирок одинаковой длины. Две опорные визирки устанавливают в точках *A* и *B*, а третью (ходовую) – в промежуточных *C* и *D* точках. Высоты на них задаются визирным лучом глаза по опорным визиркам (рис. 11).

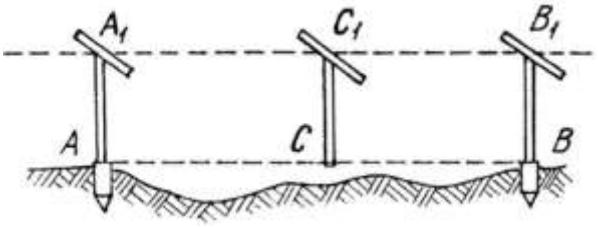


Рисунок 11 - Схема выноса заданного уклона с помощью визирок

Таким образом, в высотном отношении построение линии с заданным уклоном осуществляется в результате выноски проектных отметок начальной и конечной точек, которые определяют необходимый уклон

$$i = \frac{(H_A - H_B)}{S},$$

где $(H_A – H_B)$ – превышение между начальной и конечной точками; S – горизонтальное проложение. Точность выноски в натуру проектного уклона линии зависит от погрешности определения отметок точек и длины линии.

Построение проектной плоскости, заданной, например, точками *A*, *B*, *C*, *D* (рис. 12), производят аналогичным образом. Вначале устанавливают эти точки на проектные отметки, затем, действуя последовательно подъемными винтами нивелира, добиваются, чтобы отсчеты на всех четырех углах были равны высоте инструмента *i*. Поставленная на этот же отсчет нивелирная рейка в любой точке площади фигуры *A*, *B*, *C*, *D* своей пятой будет лежать в проектной плоскости заданного уклона, которую по необходимости закрепляют.

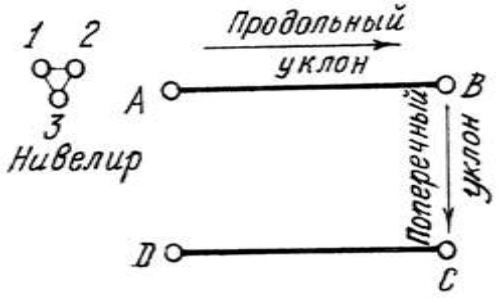


Рисунок 12 - Схема построения плоскости с проектным уклоном

Способы геодезических разбивочных работ основаны на рассмотренных выше элементах разбивок и построены на двух методах:

1. Непосредственной разбивки, состоящей из собственно построения разбивочных величин с заданной точностью, которая применяется, как правило, на работах меньшей точности.
2. Редуцирования, основанного на предварительной разбивке точки, близкой к заданной, с последующим ее смещением в проектное положение. Данный метод применяется на работах, требующих высокой точности разбивки.

Как указывалось ранее, для определения точки на местности наиболее распространенными являются способы прямоугольных и полярных координат, угловых и линейных засечек, а также створов.

Перенесение в натуру точек по их заданным координатам

Способ прямоугольных координат применяется в условиях слабопересеченной открытой местности при разбивке зданий и сооружений от пунктов строительной сетки. Для определения положения точек с минимальной погрешностью исходная линия *AB* должна быть ближе к выносимым элементам здания (сооружения), рис. 13.

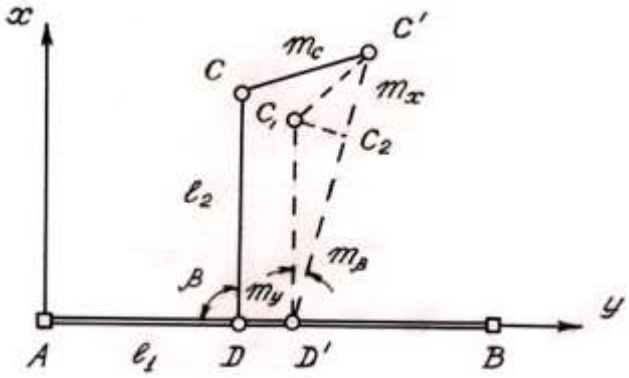


Рисунок 13 - Способ построения точки с помощью прямоугольных координат

Вначале вычисляют приращения координат Δx и Δy от центра ближайшего пункта сетки до искомой точки *C*. В створе линии *AB* откладывают отрезок $\ell_1 = \Delta y$ по оси *У*. Затем из полученной точки *D* с помощью теодолита восстанавливают перпендикуляр длиной $\ell_2 = \Delta x$ и закрепляют найденную точку С.

Вследствие влияния ошибок измерения длин и построения угла на местности, вместо точек *D* и *C* будут получены точки *D*' и *C*'. В этом случае среднеквадратическая погрешность m_C выноса точки *C* способом прямоугольных координат будет складываться из ошибок построения способами линейной створной засечки ($m_{C\ell}$) и полярных координат ($m_П$):

$$m_C = \sqrt{m_{C\ell}^2 + m_П^2} \ .$$

Способ полярных координат заключается в построении проектной точки на местности по заданному углу и расстоянию от ближайшего пункта разбивочного сети (рис. 14). Для этого необходимо решением обратной геодезической задачи по известным координатам двух точек *A* и *C* опреде-

лить полярные координаты искомой точки β и d. Вначале находят дирекционный угол α_{AC} по формуле (2.3):

$$tg\alpha_{AC} = \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A},$$

затем определяют угол направления на точку C

$$\beta = \alpha_{AC} - \alpha_{AB}$$

и горизонтальное расстояние

$$d = \frac{Y_C - Y_A}{\sin\alpha_{AC}} = \frac{X_C - X_A}{\cos\alpha_{AC}} \ .$$

На местности устанавливают на точке A теодолит и откладывают известными способами вычисленный угол β и полярное расстояние d_C. Аналогичным способом находят угол здания D. Для контроля измеряют углы при точках C и D (γ_C, γ_D) в натуре, а также расстояние CD, которое сравнивают с проектным значением.

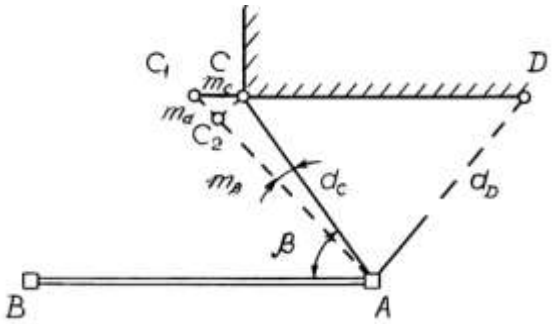


Рисунок 14 - Способ полярных координат и погрешность выноски точки C

Погрешность определения положения точки C без учета погрешностей исходных данных, определяется по формуле

$$m_C = \sqrt{m_\beta^2 \frac{d^2}{\rho^2} + m_d^2} \ ,$$

где m_β – погрешность перенесения угла β в натуру; d – расстояние от исходного пункта до определяемой точки C; m_d – погрешность перенесения расстояния на местности.

Применяют полярный способ на открытой местности, удобной для измерения расстояний.

Способ угловой засечки применяется при разбивке сооружения на пересеченной местности, когда непосредственное измерение расстояний от разбивочного обоснования до определяемой точки затруднено.

Положение точки C в натуре определяют с помощью построения двух углов β_A и β_B от направления между пунктами A и B (рис. 15).

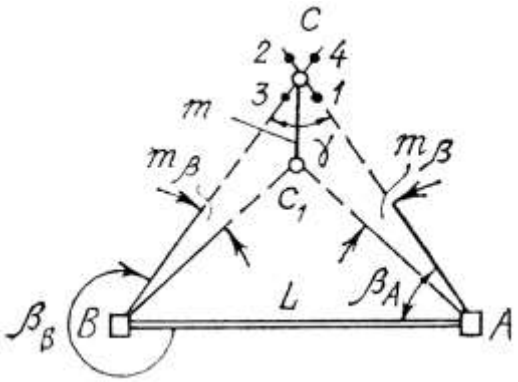


Рисунок 15 - Схема определения точки по способу угловой засечки

Для вынесения точки *C* на местность поступают следующим образом:

1) решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы α_{AB}, α_{AC}, α_{BC}. По разности соответствующих дирекционных углов получают искомые углы β_A и β_B;
2) на местности эти углы откладывают от исходного направления *AB* с помощью теодолитов, установленных в точках *A* и *B*, которые фиксируют четырьмя кольями 1, 2, 3, 4. На пересечении натянутых проволок находят искомую точку *C*. Для контроля правильности ее вынесения, на местности измеряют угол γ при точке *C*.

Точность перенесения точки в натуру угловой засечкой зависит от погрешности построения углов β_A и β_B, а также от формы треугольников

$$m_C = d\frac{m''_\beta}{\rho''}\sqrt{\frac{\sin^2\beta_A + \sin^2\beta_B}{\sin^4\gamma}},$$

где *d* – длина стороны *AB*; γ – угол при точке *C*.

Способ линейной засечки применяют на ровной открытой поверхности и вблизи пунктов геодезической основы на расстояниях, не превышающих длины мерного прибора.

Искомая точка *C* на местности (рис. 16) определяется путем прочерчивания дуг проектных расстояний d_1 и d_2, отложенных от опорных пунктов *A*, *B*.

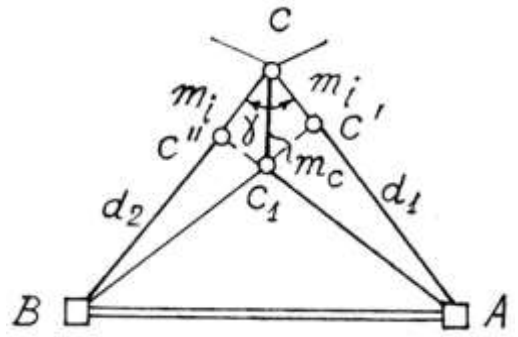


Рисунок 16 - Способ линейной засечки

Расстояния d_1 и d_2 вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известной формуле (2.3).

Средняя погрешность m_C определения положения точки С относительно исходных точек *A* и *B* определяется по формуле

$$m_C = \frac{m_i\sqrt{2}}{\sin\gamma} \ ,$$

где $m_i = m_A = m_B$ – средние погрешности измерения расстояний d_1 и d_2; γ – угол при точке *C*.

Способ створной (линейной) засечки широко применяется при разбивке промышленных зданий и инженерных сооружений где, как правило, створы между пунктами разбивочного обоснования параллельны строительным осям и пересекаются под прямыми углами. В общем случае положение точки на местности определяется путем пересечения двух створных линий, закрепленных на двух противоположных сторонах сооружения. В зависимости от вида строительства существует много различных схем построения створной засечки (рис. 17).

Точность построения точки способом створной засечки *m* зависит от точности построения створов *1-1'* и *2-2'* (m_{C1}, m_{C2}), влияния ошибок исходных данных (m_u), а также от точности фиксирования (m_ϕ)

$$m^2 = m_{C1,2}^2 + m_u^2 + m_\phi^2 \ .$$

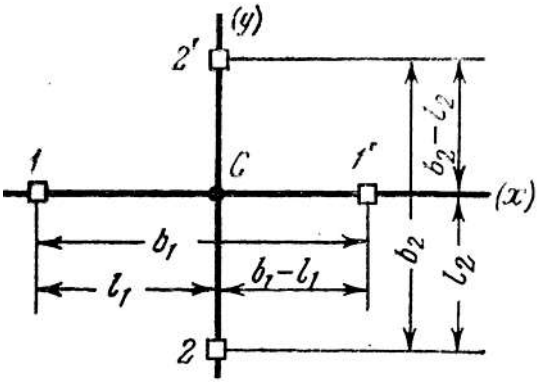


Рисунок 17 - Схема построения точки *C* способом створной засечки

Перенесение в натуру осей сооружений заключается в вынесении, восстановлении и закреплении на местности ряда точек, проекции которых совпадают с проектным положением осей ствола шахты, трасс подъездных путей, ЛЭП, трубопроводов и т.п., используя способы геодезических построений элементов и точек проекта.

Для примера рассмотрим три случая построения проектных осей инженерных сооружений, заданных координатами точек, дирекционным углом, полигонометрическим ходом.

1. Проектная ось шахтного ствола задана точкой *C*, имеющей координаты X_C и Y_C, а также дирекционным углом $\alpha_{пр}$ (рис. 18).

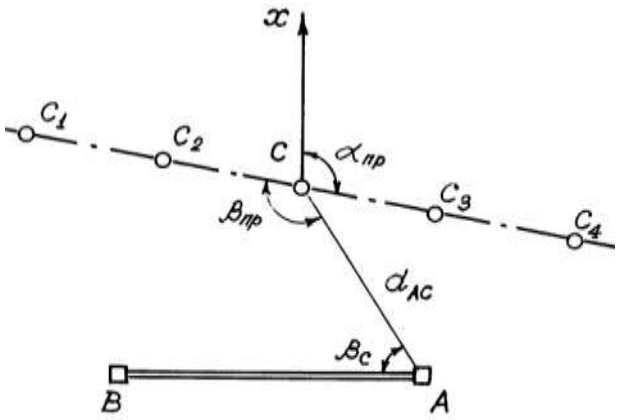


Рисунок 18 - Схема выноса центра и оси ствола

В этом случае, используя опорные пункты *A* и *B* разбивочного обоснования, применяют полярный способ построения точки (см. рис. 18). Решением обратной геодезической задачи определяют полярные координаты точки C – β_C и d_{AC}. Затем выносят искомую точку в натуру и закрепляют ее. По разности дирекционных углов линии AC (α_{AC}) и проектной оси ($\alpha_{пр}$) находят разбивочный угол $\beta_{ПР}$

$$\beta_{ПР} = \alpha_{пр} - \alpha_{AC} .$$

Установив теодолит в точке *C*, откладывают вычисленный угол $\beta_{ПР}$ в натуре (см. построение горизонтального проектного угла) и закрепляют вынесенную ось точками C_1, C_2, … C_i. Для контроля измерения повторяют от пункта *B*.

2. Ось инженерного сооружения задана конечными пунктами P_1 и P_2.

Используя способ полярных координат, определяют угловые и линейные элементы от пунктов опорной сети *A* и *B* для вынесения точек P_1 и P_2 (β_{P1}, β_{P2}, d_{P1}, d_{P2}). Затем с помощью теодолита провешивают выставленную ось между точками P_1 и P_2 и закрепляют, допустим, кольями.

3. Ось задана геометрическими элементами (горизонтальными углами и длинами) полигонного хода, которые последовательно переносятся в натуру от исходных пунктов (например, трассы подъездных путей, тоннелей, коммуникаций и т.п.).

2.4 Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений

Для того чтобы перенести проект инженерного сооружения на местность, необходимо иметь вполне определенные данные для разбивки:

1) плановые координаты точек;
2) проектные и фактические отметки;
3) расстояния до выносимых элементов;
4) уклоны подъездных дорог и площадок;
5) величины угловых и линейных построений.

Геодезические расчеты и набор вышеуказанных составляющих для перенесения проекта в натуру называется геодезической подготовкой исходных данных к разбивке.

Разбивочные величины представляют в удобном для пользования виде: разбивочном чертеже. На нем выписывают все сведения, необходимые для выноски: длины линий, откладываемые в натуре; углы от исходных до проектных направлений; данные для разбивки на местности главных осей сооружений.

Геодезическая подготовка исходных значений может выполняться графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

Графический способ состоит в непосредственном определении по генеральному плану координат точек, расстояний и углов между направлениями с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и топографического транспортира. Этот способ применяется в случаях, когда не требуется высокой точности вычисления исходных данных для разбивок. Тем не менее, на точность их определения влияют:

- графическая точность построения генерального плана;
- приборные погрешности;
- деформация бумаги.

Деформация бумаги будет оказывать наиболее значительное влияние вдоль осей координат X и Y и характеризуется отношением теоретической длины стороны координатной сетки ℓ_T к измеренной $\ell_И$

$$K = \frac{\ell_T}{\ell_И} ,$$

где K – коэффициент деформации.

Для получения с плана координат точки A необходимо измерить приращения ΔX и ΔY от нижнего левого угла координатной сетки и умножить их на соответствующие коэффициенты деформации K_x и K_y, а затем сложить со значениями этих координат (рис. 19).

Для контроля правильности получения координат точки A, их можно определить от правого верхнего угла сетки аналогичным образом

$$X_A = X'_C - \Delta X' K_x ; \; Y_A = Y'_C - \Delta Y' K_y .$$

При измерении на плане линии ℓ_{AB}, деформация бумаги учитывается следующим образом

$$\ell_{AB} = \ell'_{AB}(K_x \cos^2\alpha + K_y \sin^2\alpha) ,$$

где ℓ'_{AB} – измеренное значение длины; α – измеренное значение дирекционного угла.

В этом случае получим следующие выражения определения координат

$$X_A = X_C + \Delta X K_x ;$$
$$Y_A = Y_C + \Delta Y K_y .$$

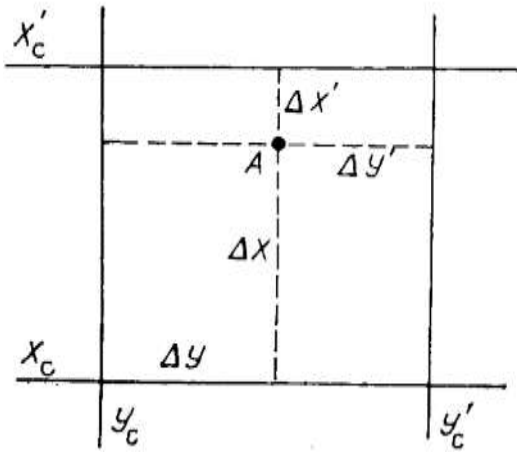


Рисунок 19 - Схема введения поправок за деформацию бумаги

Аналитический способ расчета исходных показателей состоит в математических вычислениях всех данных, необходимых для разбивки проекта. Расчет элементов разбивочных работ ведут от пунктов геодезической сети или твердых контурных точек.

Имея фактические координаты существующих пунктов разбивочной основы и проектные координаты (например, осевых точек сооружений) вычисляют расстояния и направления, связывающие осевые точки между собой и с пунктами опорной сети. Основными определениями, вытекающими из этих целей, являются нахождение расстояний ℓ и углов β при помощи решения обратной геодезической задачи по формуле (2.3).

$$tgr_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\ ;\ \ell = \frac{Y_B - Y_A}{\sin\alpha_{BA}} = \frac{X_B - X_A}{\cos\alpha_{BA}}\ .$$

Разбивочный угол β находят как разность дирекционных углов определяемой и исходной линий

$$\beta = \alpha_{опр} - \alpha_{исх}\,.$$

Способ обеспечивает высокую точность получения разбивочных элементов для выноски их на местность, но является наиболее трудоемким.

Графоаналитический способ подготовки данных разбивки является более оперативным, по сравнению с аналитическим. Он обеспечивает достаточную точность вынесения в натуру строительных элементов и широко используется в строительной практике. В данном способе часть исходных величин берут графически с генеральных или топографических планов, например, размеры существующих зданий, координаты их углов, расстояния, а остальные элементы получают аналитически. Координаты пунктов опорной сети выбирают из ведомостей (каталогов), а дирекционные углы направлений и длины линий вычисляют по формулам обратной геодезической задачи, используя графические определения. Для снижения погрешности за счет деформации бумаги, координаты проектных точек определяют следующим образом.

1. Через точку *A* (рис. 20) проводят линии, параллельные сторонам координатной сетки. Измеряют по плану с помощью циркуля отрезки $\Delta X'$ и $\Delta X''$, $\Delta Y'$ и $\Delta Y''$.

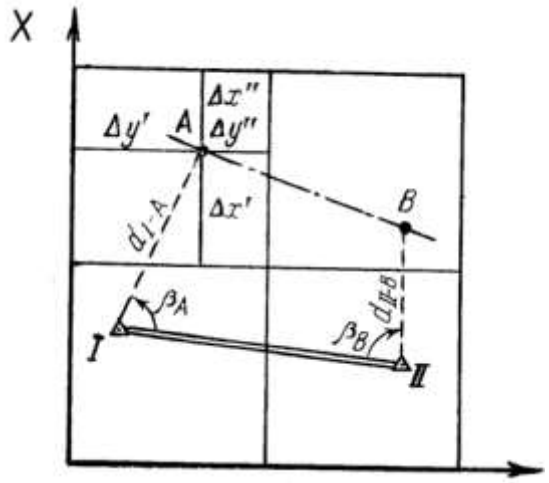


Рисунок 20 - Схема определения координат графоаналитическим способом

2. Вычисляют координаты точки *A*

$$X_A = X'_A + \frac{S}{\Delta X' + \Delta X''}\Delta X';\ Y_A = Y'_A + \frac{S}{\Delta Y' + \Delta Y''}\Delta Y' ,$$

где *S* – теоретическая длина стороны квадрата координатной сетки;

X'_A, Y'_A – координаты точки *A* от юго-западного угла квадрата.

Аналогичным образом определяют координаты точки *B*.

По найденным координатам точек *A* и *B* осей сооружений находят расстояния от точек (*I* и *II*) опорной сети до искомых (*A* и *B*), дирекционные углы $\alpha_{I\text{-}A}$ и $\alpha_{II\text{-}A}$ и разбивочные углы β_A и β_B при опорных пунктах по формулам (2.3)

$$tg\alpha_{I-A} = \frac{Y_A - Y_1}{X_A - X_1} = \frac{\Delta Y_{A-1}}{\Delta X_{A-1}};\ d_{1-A} = \frac{\Delta Y_{A-1}}{\sin\alpha_{A-1}} = \frac{\Delta X_{A-1}}{\cos\alpha_{A-1}},$$

$$\beta_A = \alpha_{I-II} - \alpha_{I-A}\ ;\ \beta_B = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-B}\ .$$

Графоаналитический способ подготовки исходных данных позволяет избавиться от невязок за счет погрешностей графического проектирования строительства и элементов геодезического построения. Типовыми задачами, решаемыми при подготовке проекта выноски, являются: прямая и обратная геодезические задачи; нахождение координат точки пересечения двух прямых, прямой и кривой; определение координат центра кривой, створных точек и др. Все эти задачи решаются по формулам аналитической геометрии и сводятся к вычислению в обычной ведомости координат или из решения треугольников.

Пример:

Определить координаты X_0, Y_0 точки пересечения линий AA_1 и BB_1, заданных координатами X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_{A1}, Y_{A1}, X_{B1}, Y_{B1} (рис. 21).

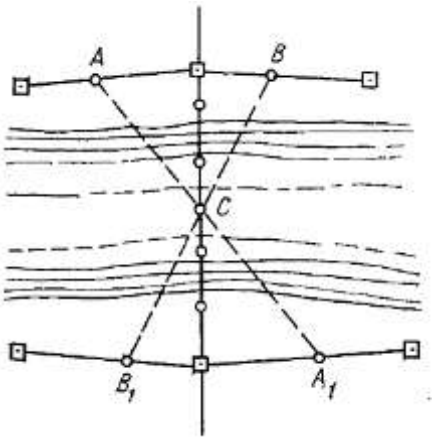


Рисунок 21 - Схема к примеру определения координат точки *C* при пересечении двух прямых

Из решения обратной геодезической задачи (2.3) определяем дирекционные углы α_{AA1}, α_{BB1}, α_{AB1} и длину d_{AB1}. По разности дирекционных углов находим горизонтальные углы в треугольнике AB_1C, по теореме синусов определяем расстояния от точки *C* до одной из точек прямых.

Решая прямую геодезическую задачу, находим координаты точки *C*.

3 ПОНЯТИЕ О ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ, ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ) ПЛОЩАДКЕ

Вертикальной планировкой называется преобразование естественного рельефа на территории строительной площадки в поверхность, удовлетворяющую техническим требованиям данного сооружения. Проект вертикальной планировки является составной частью генерального плана строительства и в его разработке важное место занимают геодезические расчеты. Основой для составления проекта служат топографические планы в масштабе 1:1000–1:500.

В зависимости от условий эксплуатации возводимых сооружений различают вертикальную планировку под горизонтальную или наклонную площадку. Основными документами проектов вертикальной планировки являются:

- план организации рельефа;
- картограмма земляных работ.

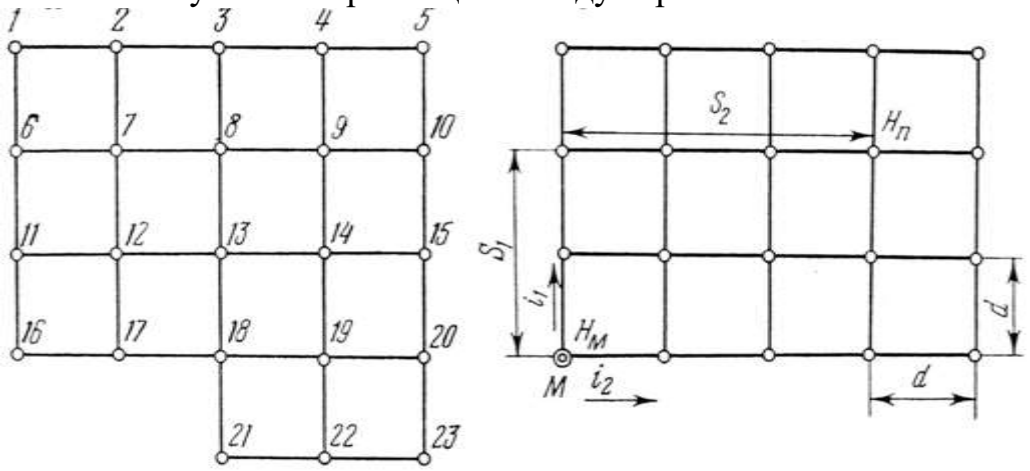
Отметки проектируемой застройки приводят в соответствие с существующей застройкой. Все геодезические расчеты сводятся к определению рабочих отметок создаваемого рельефа – выемки или насыпи.

Для выноса проекта сооружения в натуру производят его геодезическую подготовку (составляют проект геодезической подготовки), включающую:

- аналитический расчет проекта выноски;

- составление разбивочных чертежей с данными привязки главных осей сооружений к пунктам геодезической основы;
- разработку проекта производства геодезических работ (ППГР).

Вертикальная планировка под горизонтальную поверхность обычно предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, что означает равенство геометрических объемов выемки и насыпи грунта. В этом случае используют фактические отметки вершин квадратов, полученных при площадном нивелировании (рис. 22, *а*) или из топографической съемки масштаба 1:500 путем интерполяции между горизонталями.



а) *б)*

Рисунок 22 - Вертикальная планировка строительной площадки под:

а – горизонтальную поверхность; *б* – наклонную плоскость

Съемку поверхности (нивелирование площадей) для составления проекта вертикальной планировки чаще всего выполняют методом нивелирования по квадратам или прямоугольникам. Для этого на местности разбивают сетку геометрических фигур со сторонами 10, 20, 50 м и более в зависимости от размеров участка при помощи теодолита и мерной ленты. В это же время ведут съемку подробностей площадки строительства и вычерчивают абрис.

Разбивку квадратов выполняют при помощи теодолита и ленты. На больших площадях для построения сетки возможно использование электронных тахеометров. Каждую вершину квадрата обозначают колышком и сторожком с надписью номера соответствующей вершины.

После разметки участка планировки выбирают схему замкнутого (с целью контроля) нивелирного хода и приступают к нивелированию вершин квадратов.

На местности последовательно устанавливают нивелир в точках *I*, *II*, *III* и вначале берут отсчеты по черной и красной сторонам рейки в связующих точках *1в*, *3б*, и *3г*, рис. 23. После проверки правильности взятых отсчетов, заднюю рейку поочередно устанавливают на соответствующие вершины квадратов согласно схеме нивелирования (рис. 23) и производят

отсчеты только по черным делениям рейки. Все измерения записывают в журнал нивелирования (табл. 4).

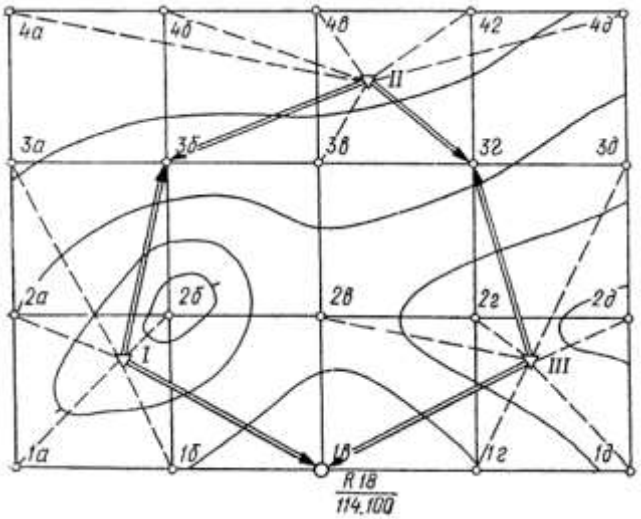


Рисунок 23 - Схема нивелирования по квадратам

При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Например, отметка *Нзб* точки *3б* будет равна

$Нзб = H_{реп18} + а - в = 114{,}100 + 1{,}228 - 0{,}823 = 114{,}505$ м (не уравненная). Затем через горизонт инструмента (ГИ) вычисляют отметки вершин квадратов

$H_{1б} = ГИ_1 - C_{1б} = 115{,}328 - 0{,}576 = 114{,}752$,

где $C_{1б}$ – отсчет по рейке, установленной на промежуточной точке 1б, табл. 4.

После вычисления отметок всех точек прямоугольной сетки приступают к вычерчиванию плана участка строительной площадки с горизонталями, который используют для составления проекта вертикальной планировки (рис. 24).

Таблица 4 - Журнал технического нивелирования поверхности по квадратам

Станция	Вершина	Отчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт прибора, м	Абсолютные отметки,м
		задние	передние	промежуточные	вычисленные	средние	исправленные		
I	*1б(R_{18})*	1228 5915						115,328	114,100
	1б			576					114,752
	1а			427	+ 405				114,901
						— 2			
	2а			525		+ 405	+ 403		114,803
	2б			748	+ 405				114,580
	3а			1527					113,801

	3б		823 5510						
II	*3б*	405 5092						114,908	114,503
	4а			2407					112,501
	4б			2006	+ 205				112,902
						− 2			
	4в			2005					
						+ 204	+ 202		112,903
	4г			1607	+ 203				113,301
	4д			402					114,104
	3в			657					114,251
	3г		200 4889						
III	*3г*	2390 7077						117,095	114,705
	3д			1515					115,580
	2г			1075					116,020
	2д			200	− 605				116,895
						− 2			
	1д			1345		− 603	− 605		115,750
	1г			2093	− 601				114,902
	2в			1795					115,300
	1б(R_{18})		2995 7678						114,100

Примечание. f_h = + 6 мм; $f_{h доп}$ = ± 17 мм.

Нулевой баланс земляных работ обеспечивается заданием проектной отметки по следующей формуле

$$H_{ПР} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \qquad (2.7)$$

где $\sum H_1$ – сумма фактических отметок, входящих в один квадрат (1, 5, 16, 23); $\sum H_2$ – сумма отметок вершин, общих для двух квадратов (2, 3, 4, 10, …); $\sum H_3$– сумма отметок вершин, общих для трех квадратов (18); $\sum H_4$– сумма отметок вершин, общих для четырех квадратов (7, 8, 9, …); n – число квадратов.

По разности между проектной отметкой горизонтальной плоскости и фактической (черной) отметки вершины квадрата получают рабочую высоту выемки или насыпи

$$h_n^{РАБ} = H_{ПР} - H_n .$$

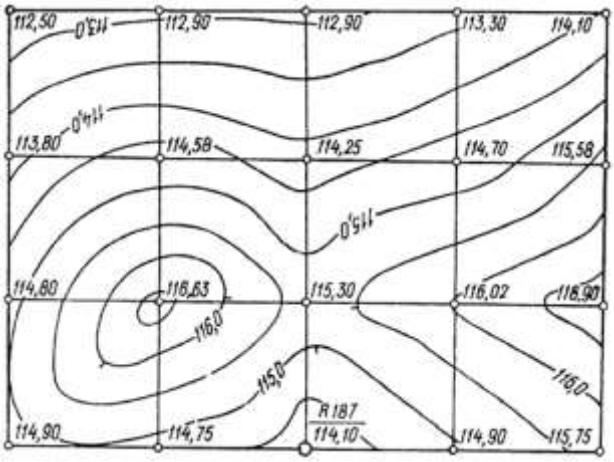


Рисунок 24 - План участка строительной площадки в горизонталях

Рабочие отметки (высоты) подписывают на картограмме земляных работ: со знаком «плюс» – насыпь, «минус» – выемка (рис. 25), а также на сторожках, забитых в вершинах квадратов на местности.

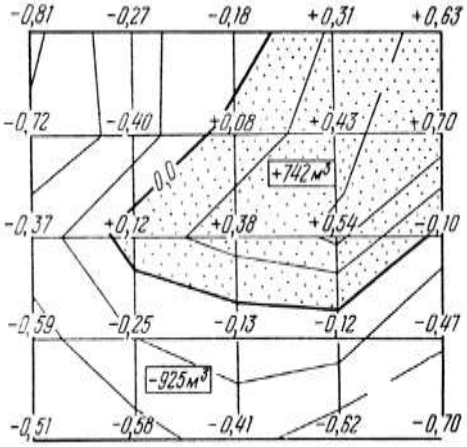


Рисунок 25 - Картограмма земляных работ

Вертикальная планировка под наклонную плоскость производится по заданному проектом уклону $i_{пр}$. Исходными данными являются фактические отметки вершин квадратов, проектная отметка опорной точки M (рис. 22, *б*), а также проектные уклоны по взаимно перпендикулярным сторонам квадратов i_1 и i_2. Проектная отметка точки n определяется из выражения

$$H_n = H_M + i_1 S_1 + i_2 S_2 \ ,$$

где S_1 и S_2 – расстояния по сторонам квадратов от опорной точки M до искомой n.

В частности, проектные превышения по сторонам первого квадрата находятся

$$h_1 = i_1 d \ ; \ h_2 = i_2 d;$$

где d – длина стороны квадрата.

Зная проектные превышения и отметку опорной точки M, находят проектные отметки вершин квадратов, откуда по значениям фактических отметок вычисляют рабочие.

Окончательным графическим документом вертикальной планировки является картограмма земляных работ, (рис. 25). На ней указывают фактические, проектные и рабочие отметки вершин квадратов, а также положение линии нулевых работ и значения объемов выемки или насыпи грунта.

Объемы земляных работ подсчитывают отдельно по каждому квадрату по рабочим отметкам его вершин, раздельно по выемке и насыпке грунта. В зависимости от требуемой точности, характера рельефа местности и конфигурации земляных работ подсчет объемов производят способами объемной палетки П.К. Соболевского, среднего арифметического, параллельных сечений, правильных геометрических фигур.

По окончании расчетов сводят баланс земляных работ, где указывают избыток или недостаток грунта вертикальной планировки строительной площадки. Для упрощения подсчета насыпных работ, как правило, объем засыпки производят без учета коэффициента разрыхления.

4 ГЕОДЕЗИЧЕСКО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

4.1 Работы нулевого цикла

Геодезическое обеспечение в гражданском и промышленном строительстве подразделяется на работы, связанные с обслуживанием нулевого цикла и на работы, выполняемые выше нулевой отметки.

В состав нулевого цикла входят:

- рытье котлованов и траншей (с зачисткой дна и откосов);
- монтаж фундамента, стен, подвалов;
- устройство приямков, лифтовых шахт;
- присоединение дворовых коммуникаций;
- монтаж оборудования в подвальном помещении (котлов, насосов, вентиляционных устройств и др.).

Заканчивается подземный цикл возведением объектов до нулевой отметки: чистого пола первого этажа.

Перед началом работ нулевого цикла производят разбивку осей зданий и сооружений. Различают три вида осей (рис. 26):

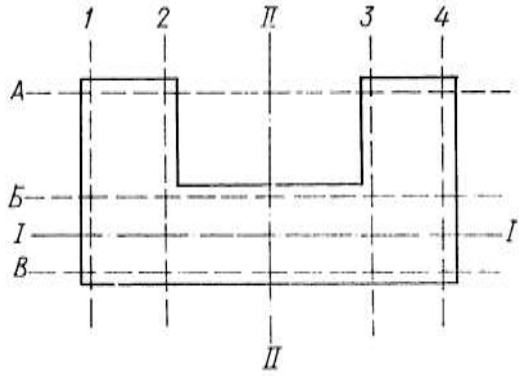


Рисунок 26 - Главные и основные оси здания

Главные оси – две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание (сооружение) располагаются симметрично. Их обозначают на генеральном плане римскими цифрами.

Основные оси проходят по контуру здания (сооружения). Продольные оси обозначают буквами, а перпендикулярные к ним линии – арабскими цифрами.

Вспомогательные или разбивочные оси служат для детальной разбивки частей и элементов сооружений. Располагаются они по отношению к основным осям как под углом, так и параллельно к ним в зависимости от конструкции сооружения.

При разбивке главных и основных осей, именуемой основными геодезическими разбивочными работами, их закрепление производят четырьмя осевыми пунктами (знаками), по два с каждой стороны здания (рис. 27).

Знаки должны располагаться на одинаковом расстоянии от сооружения, составляющим, по возможности, полторы его высоты с целью передачи осей со створных пунктов на строящиеся этажи. В дополнение оси можно закреплять краской на стенах существующих зданий.

Кроме плановой разбивки на местности для каждого возводимого сооружения создается высотное обоснование в виде двух рабочих реперов. Место их установки выбирается с учетом удобства пользования и сохранности на весь период строительства. Отметка чистого пола первого этажа принимается за нуль, поэтому все отметки ниже пола будут отрицательными. Перенос отметки строительного нуля на рабочие реперы осуществляется геометрическим нивелированием.

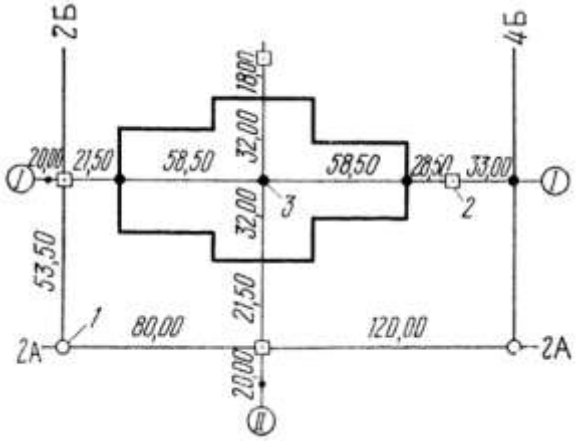
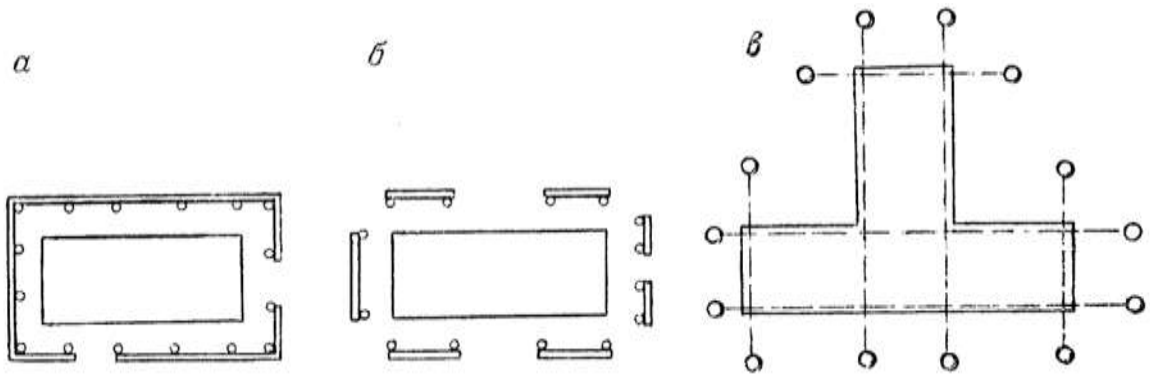


Рисунок 27 - Схема расположения и привязки главных осей: *I-I, II-II*

По завершении разбивки и закреплении главных и основных осей, установки рабочих реперов составляют акт приемки-передачи разбивочных работ с приложением схемы закрепления осей по установленной форме.

Детальные разбивочные работы нулевого цикла осуществляют с помощью обноски: специального ограждения, установленного по внешнему контуру строящегося здания (рис. 28).



а) *б)* *в)*

Рисунок 28 - Варианты обноски: *а* – сплошная; *б* – разреженная; *в* – створная

Сплошная обноска представляет из себя вкопанные по периметру вокруг здания столбы на расстоянии 2–4 м с прибитыми к ним на высоту 0,5–1,2 м обрезными досками. Для въезда/выезда транспорта в зону строительства в отдельных местах ограждения делают разрывы.

Разреженная обноска устраивается только в местах расположения основных осей здания аналогично сплошной.

Створная обноска состоит из отдельных пар вкопанных столбов, установленных в створах всех осей здания. Срезы столбов выполняют на одной высоте.

Относительная погрешность линейных измерений при разбивке осей с помощью обноски достигает 1/10 000–1/25 000. Для соблюдения высокой точности разбивочных работ к устройству обноски выдвигаются следующие требования:

- створность столбов устанавливают по теодолиту;
- высоту обноски выносят нивелиром;
- разбивку обноски выполняют от створных знаков главных или основных осей;
- точки закрепления главных и основных осей переносят на обноску с помощью теодолита;
- положение вспомогательных (разбивочных) осей определяют на обноске линейными промерами.

4.2 Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаменты

Разбивочные работы. Способы геодезических разбивочных работ зависят от конструкции и глубины заложения фундамента. Например, разбивка контуров неглубоких котлованов и траншей под ленточные фундаменты производится от основных осей с обноски. В этом случае вдоль меток оси натягивают стальную проволоку (струну) и с помощью отвесов ось переносят на земную поверхность, фиксируя ее колышками. Затем вправо

и влево от оси откладывают необходимые расстояния, в сумме составляющие ширину фундамента, и закрепляют кольями. Шнур, натянутый по кольям, обозначает границу траншеи.

При разработке глубоких котлованов разбивку их контуров выполняют понизу и верхней бровки от главных или основных осей. При этом до выполнения земляных работ обноску обычно не устраивают. Границу верхней бровки рассчитывают по каждому углу котлована с учетом величины «*a*» (расстояния нижней бровки котлована от фундамента) по формуле

$$\Delta d_i = (H_i - H_0)m,$$

где H_i – отметка земли на каждом углу; H_0 – отметка дна котлована; m – крутизна откоса, рис. 29.

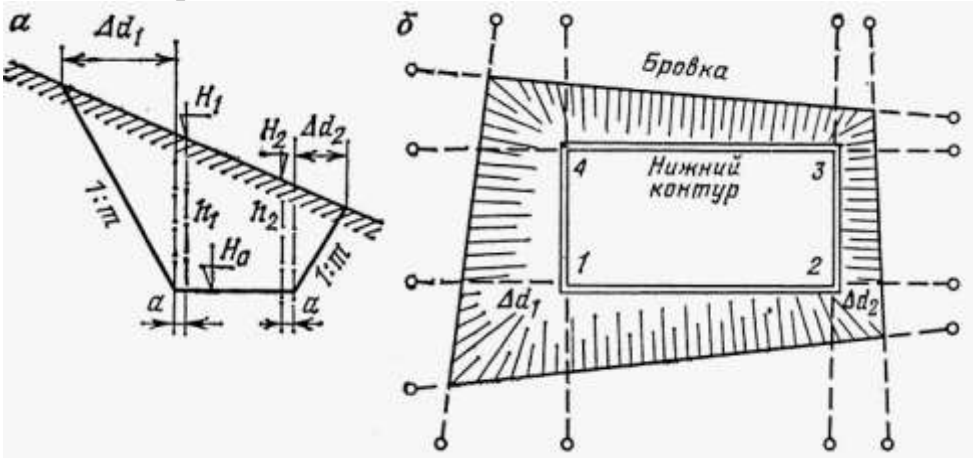


Рисунок 29 - Схема разбивки котлована под фундаменты: *а* – разрез по 1–2; *б* – план разбивки котлована по нижней и верхней бровкам

Средние квадратические погрешности разбивки границ котлована не должны превышать 3 см.

В процессе разработки котлованов выполняют систематический контроль за их углубкой с помощью горизонтальных визирок и геометрического нивелирования для неглубоких выемок. Контроль глубины разработок со значительными размерами ведут тригонометрическим нивелированием (рис. 30), при котором глубина выемки определяется по формуле

$$h = 0{,}5(Kn + c)\sin 2\nu,$$

где K – коэффициент нитяного дальномера; n – число сантиметровых делений рейки между нитями; c – постоянная дальномера; ν – вертикальный угол.

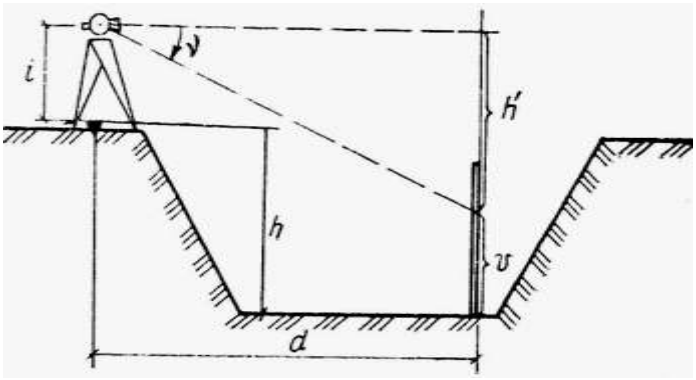


Рисунок 30 - Схема контроля глубины выемки котлована

Среднюю квадратическую погрешность определения глубины котлована вычисляют из выражения

$$m_h^2 = (1/2\sin 2v)^2 m_d^2 + (d\cos 2v)^2 m_v^2 / \rho^2,$$

где m_d и m_v – погрешности измерения расстояния и вертикального угла соответственно.

После окончательной разработки и зачистки дна котлована определяют объем земляных работ, выполняют исполнительную съемку, на которой показывают фактические и проектные размеры, отметки дна, смещения.

Перенос осей осуществляют в зависимости от глубины выемки и вида фундаментов с помощью: створной засечки теодолитом (рис. 31); отвесов, закрепленных на монтажных струнах; обноски, возведенной на дне котлована.

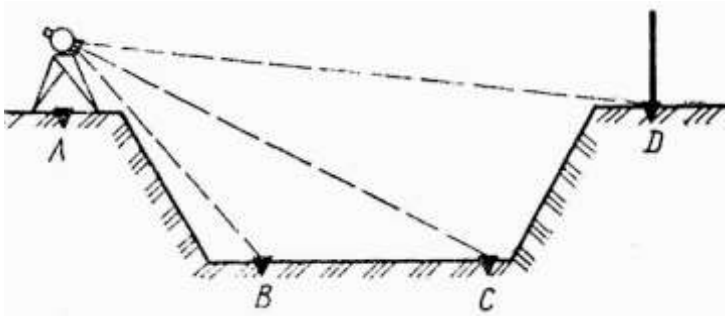


Рисунок 31 - Схема переноса осей на дно котлована

Отметку на дно выработки передают способом геометрического нивелирования с использованием вывешенной вертикально рулетки. Перед этим на дне закладывают два временных репера (марки). Отметку репера, на который осуществляется передача координаты H_{p2}, вычисляют по формуле, вытекающей из рис. 32:

$$H_{p2} = H_{p1} + a - в - (c - d).$$

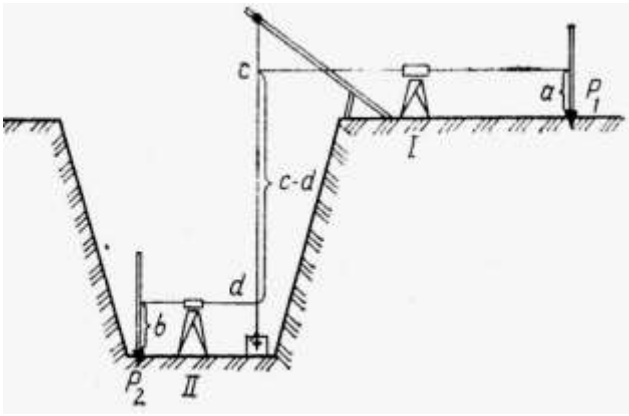


Рисунок 32 - Схема переноса отметки на дно котлована

При этом используют как абсолютную систему высот, так и условную.

Геодезические работы, осуществляемые при возведении фундаментов, зависят от их конструкции, методов и средств монтажа, технологии производства строительно-монтажных работ. Известны ленточные и сплошные (плитные) фундаменты, свайные, монолитные и сборные.

Сборные ленточные фундаменты укладывают на выровненную поверхность, горизонтальность которой контролируют нивелиром. Перед укладкой блоков на их грани наносят установочные риски, служащие для совмещения с осями, вынесенными на дно котлована.

Монтаж фундамента начинают с установки угловых блоков с помощью двух теодолитов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а также используя оси, заданные струной из стальной проволоки. Установочные риски совмещают с остриями отвесов, опущенных со струны. Через 15–20 м от угловых блоков вдоль осей размещают маячные блоки, служащие для ориентирования при возведении остальной части фундамента.

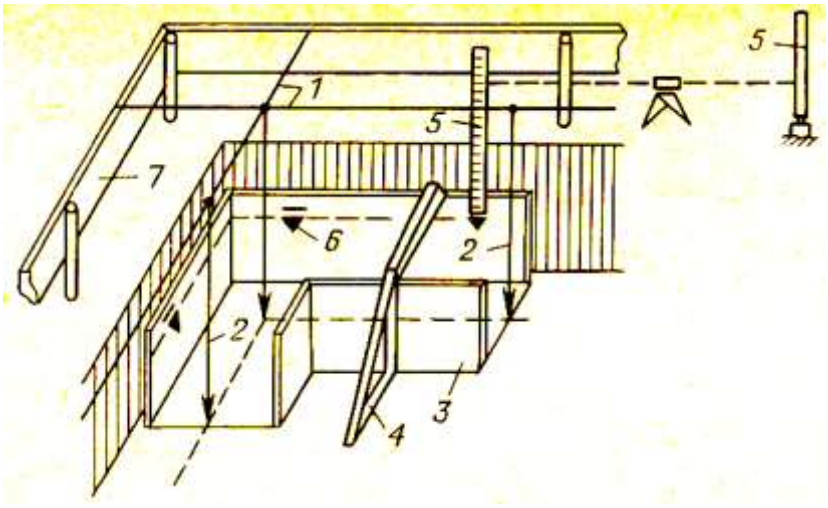


Рисунок 33 - Схема установки опалубки под монолитные фундаменты: 1 – проволочные струны; 2 – отвесы; 3 – щиты опалубки; 4 – крепежные элементы; 5 – мерная рейка; 6 – отметка бетонирования; 7 – обноска

После окончательной выверки в плане и по высоте угловых и маячных блоков между ними натягивают шнур-причалку на расстоянии 15–20 мм от их граней. Промежуточное фундаментное основание устанавливают, ориентируясь на угловые и маячные блоки по шнуру.

Монолитные железобетонные фундаменты (рис. 33).

Монолитные фундаменты возводят по свайному основанию и непосредственно по дну котлована с помощью опалубки. Разбивка под опалубку начинается с проверки высотной и плановой подготовки дна котлована.

4.3 Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений

Перекрытие первого этажа сооружения является нулевым или исходным монтажным горизонтом. С целью возможности возведения надземной части здания (сооружения) на нулевом перекрытии создаются плановая и высотная геодезические сети. Способы и точность их развития зависит от методов строительного производства, количества этажей здания и конструктивных решений.

При возведении невысоких зданий их основные оси передают от створных знаков и закрепляют на верхнем срезе цоколя (рис. 34). Затем выполняют контрольные промеры и в дальнейшем переносят оси на вышележащие монтажные горизонты от закрепленных на цоколе рисок.

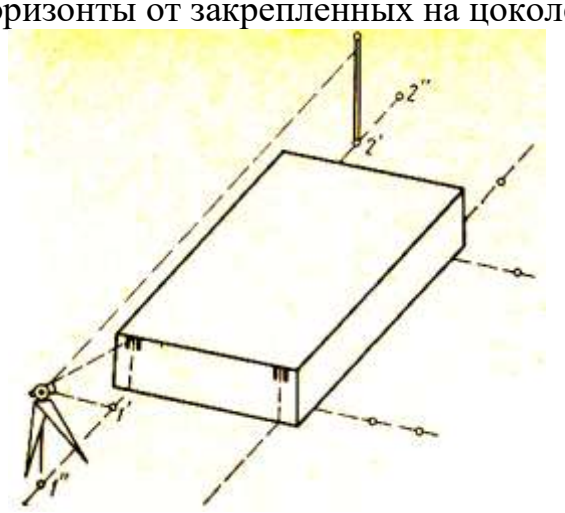


Рисунок 34 - Схема построения осей на основном монтажном горизонте

При повышенных требованиях к точности строительства сооружения (например, высоких зданий), на нулевом монтажном горизонте создается внутренняя разбивочная основа в виде правильных геометрических фигур. Вначале выносят главные или основные оси *А*, *Б*, *1*, *8*, а затем намечают положение пунктов разбивочной сети на расстояниях *а*, *в*, *с* и *d* от вынесенных осей (рис. 35).

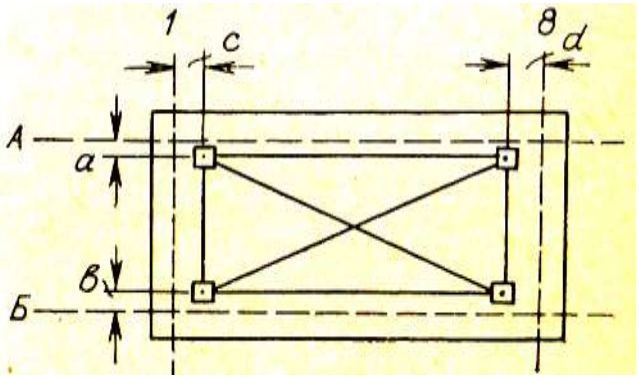


Рисунок 35 - Разбивочная сеть на нулевом перекрытии

Положение центров выбирают исходя из удобства установки прибора, а также обеспечения видимости между соседними знаками в процессе возведения конструкций на этаже. Желательно предусмотреть устройство технологического отверстия в плитах перекрытия.

5 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Под исполнительной съемкой понимают комплекс угловых, линейных и высотных геодезических измерений, целью которых является определение фактического положения строительных элементов относительно друг друга в пространстве, а также соответствие их проектным показателям.

Общий состав работ по ведению исполнительных съемок в строительстве включает:

- создание или пополнение съемочного обоснования;
- планово-высотную детальную съемку элементов строительства, их узлов и отдельных конструкций (в том числе поэтажную съемку);
- планово-высотную съемку наземных и подземных коммуникаций;
- контурную съемку завершенного строительства;
- составление маркшейдерско-геодезической документации.

Рассмотрим более подробно обозначенный состав работ.

Создание съемочного обоснования (или его пополнение) производится в случае утраты части пунктов в процессе строительства и осуществляется известными методами: полигонометрических ходов, строительной сетки, цепочки треугольников и др.

Планово-высотную детальную съемку элементов строительства и различных коммуникаций производят с пунктов съемочного обоснования, разбивочной сети, а также разбивочных осей, красных линий, знаков геометрического нивелирования. Ее ведут теми же методами и приборами, что и детальную разбивку осей сооружений. Точность результатов исполнительной съемки должна быть не ниже точности проведения разбивочных

работ, а саму съемку осуществляют преимущественно способом прямоугольных координат, створов, линейных и угловых засечек, геометрического нивелирования. Исполнительные съемки выполняются на протяжении всего строительства, начиная от разбивки осей и заканчивая приемкой его государственной комиссией, при этом заключаются в проведении комплекса геодезических работ для определения планового и высотного положения окончательно установленных конструкций.

В зависимости от этапа строительства исполнительные съемки подразделяют на текущие и окончательные.

Текущие исполнительные съемки ведутся по мере возведения сооружения и завершают каждый вид строительно-монтажных работ с составлением основного технического документа. Его результаты позволяют судить о качестве выполненных работ, подсчитать их объемы, если это необходимо, сделать изменения в проекте. Исполнительной съемке подлежат те элементы и части зданий и сооружений, от правильного положения которых зависит прочность и устойчивость всего сооружения, а также точность установки последующих конструкций. Виды конструкций и этапы строительства, подлежащих исполнительной съемке, порядок и очередность геодезических измерений, их точность и применяемые приборы определяет проект производства геодезических работ.

Текущая исполнительная съемка фиксируется на схемах, на которых указывают все проектные и фактические размеры, а также отметки конструкций и элементов сооружений, расстояния между осями, величины и направления отклонений от проектных положений. Особое внимание обращают на исполнительную съемку частей и конструкции сооружений, становящихся впоследствии недоступными для измерений или подлежащих засыпке грунтом: днища котлованов, оголовки свай, закладные детали монолитных фундаментов, анкерные болты под оборудование, подземные коммуникации и др.

Высотное положение конструкций определяется методом геометрического или гидростатического нивелирования от реперов высотного обоснования или в условной системе высот.

Вертикальность конструкций высотой до 5 м выверяется рейкой-отвесом или рейкой-уровнем. При большей высоте применяют способы вертикального или наклонного проектирования. Результаты исполнительной съемки необходимо контролировать путем промеров между точками и контурами, определяемыми независимыми путями при съемке, а также сравнением их с проектными размерами.

Для съемки фундаментов в плане на их верхние и боковые грани переносят оси, от которых выполняют все замеры. Высотная съемка выполняется от временных реперов, установленных на дне котлована в непосредственной близости от возводимого сооружения на поверхности. Отметки определяются по верху фундамента в местах пересечения осей и через 3–5

м между осями, а также дна и верха фундаментов стаканного типа. При возведении наземной части зданий и сооружений на каждом монтажном горизонте выполняется исполнительная съемка планового положения колонн, панелей, блоков, а также их вертикальности, высотного положения опорных площадок и перекрытий, закладных деталей, оконных проемов и других элементов возводимого сооружения.

Повышенное внимание следует уделять исполнительной съемке при строительстве подземных коммуникаций, которая должна выполняться вслед за строительно-монтажными работами. При этом определяется плановое положение оси коммуникации, соблюдение проектных уклонов, выполняется подсчет объемов земляных работ. Исполнительные съемки при строительстве наземных коммуникаций заключаются в определении планового положения осей земляного полотна, выемок и насыпей, кривых, опор и их фундаментов.

Окончательные исполнительные съемки выполняются после завершения строительства объекта. Они производятся раздельно от пунктов плановой и высотной съемочной (разбивочной) геодезической основы в масштабах 1:500, 1:1 000. Если пункты съемочного обоснования частично утрачены, их восстанавливают и для удобства располагают параллельно линиям застройки.

Контурная съемка (исполнительная съемка контуров) выполняется после завершения всего строительства и благоустройства его территории с целью составления исполнительного генерального плана.

При съемке контурных точек, их координаты вычисляют по результатам геодезических измерений. Точками определения являются углы зданий и сооружений, пересечения осей сетей воздушных, наземных и подземных коммуникаций, центры колодцев, проезды, вершины углов поворота трасс и др.

Кроме съемки и определения координат основных точек, в натуре измеряют габариты и элементы зданий и сооружений, которые невозможно отобразить непосредственно на плане. Поэтому на заготовленных заранее абрисах показывают проемы, входы в здание, вводы и выходы коммуникаций, характеристики сооружений (назначение, этажность, строительные материалы и др.). На обмерных чертежах выписывают координаты основных углов, заносят размеры отдельных и общих частей и сторон здания, выступающих элементов его фасада.

Вертикальная съемка строительства ведется от марок и реперов геодезического обоснования геометрическим или тригонометрическим способами. Помимо съемки рельефа определяются отметки всех вышеперечисленных точек плановой съемки, а также бровок и днищ земляных выемок, кюветов, насыпей и др.

Исполнительная съемка подземных коммуникаций выполняется от пунктов планово-высотного обоснования или четких контуров каменных

строений общепринятыми методами в масштабах от 1:5 000 до 1:200 по мере возведения и монтажа сетей. По результатам съемки вычисляют плановое положение углов поворота трасс и точек их осей через 50 м, центры люков колодцев, начала, середину и конец кривых, расположение входов в здания. В обязательном порядке определяют отметки люков всех колодцев, лотков канализационных, водосточных и дренажных коммуникаций, верха труб и пола каналов теплотрассы и энергетических прокладок.

Съемка подземных коммуникаций сопровождается отображением ситуации земной поверхности полосой 20 м в обе стороны от оси трассы. Плановое положение колодцев коммуникаций контролируется промерами расстояний между центрами люков.

Каждая строительно-монтажная организация обязана иметь полный комплект маркшейдерско-геодезической документации.

Маркшейдерско-геодезическая документация в строительстве подразделяется на проектную, обязательную маркшейдерско-геодезическую и исполнительную.

Проектная техническая документация является основой для организации производства маркшейдерско-геодезических работ. Особое место в ней занимает генеральный план, который содержит проектные решения на вертикальную планировку, строительство инженерных сетей, коммуникаций и т.д., служит базовым документом для вынесения проекта в натуру. В его состав входят графические материалы в виде ситуационного плана размещения объектов в масштабе 1:5 000–1:25 000 (в зависимости от сложности строительства), генерального плана с нанесением существующих, подлежащих сносу и проектируемых зданий, сооружений, дорог для всех видов транспорта, пусковых комплексов, благоустройства и озеленения территории. Здесь же приводятся типы покрытия внутриплощадочных дорог, картограмма земляных работ, инженерные коммуникации, схемы грузопотоков и др.

В общей проектной документации существуют дополнительные планы, схемы и решения (технологическая и строительная части, организация строительства, рабочие чертежи), которые используются по их прямому назначению.

Обязательная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на первичную, вычислительную и графическую.

Первичная документация представлена журналами измерения базисов, полигонометрических и теодолитных ходов, нивелирования, топографических съемок. Сюда же входят журналы выноса в натуру проектных геометрических элементов строительства, маркшейдерско-геодезического контроля и других необходимых измерений; различные акты о производстве выполненных разбивок осей и т.п.

Журналы измерений, разбивок и съемок имеют стандартные размеры (148 х 210 мм) и регистрационные номера. На последней странице указы-

вают общее количество пронумерованных страниц за подписью главного геодезиста или маркшейдера. Записи в журналах ведут карандашом, их достоверность проверяют в камеральных условиях, о чем делают соответствующие пояснения.

Вычислительная документация содержит журналы вычислений длин базисов, уравнивания и вычисления окончательных координат триангуляции, решения треугольников, обработки длин сторон полигонометрии и вычисления координат, уравнивания нивелирных ходов и вычисления высотных отметок, координат пунктов плановой разбивочной и съемочной основы. Журналы имеют стандартные размеры 297 х 210 мм, им присваивают порядковые номера, указывают общее число пронумерованных страниц (их число не должно превышать 100) за подписью главного маркшейдера или геодезиста. Записи вычислений ведут четко и разборчиво, ошибочные результаты перечеркивают и делают пояснения за подписью лиц, производивших эти вычисления. В журналах вычислений делают ссылки на номера страниц и журналов полевых измерений, из которых выписаны исходные данные. По результатам определений составляют каталоги координат и высот по видам и разрядам всех пунктов геодезических сетей, а также других необходимых параметров строительства. В дополнение к журналам ведут различные ведомости (например, приведенных направлений для пунктов триангуляции, углов поворота главных осей инженерных коммуникаций и др.).

Графическая документация представляет собой обязательные основные и специальные планы, профили, разрезы, проекции, составленные по результатам маркшейдерско-геодезических съемок и измерений. Они являются важнейшими техническими и юридическими документами строительства, а также служат основой для составления всех остальных видов графических материалов. В виду этого маркшейдерско-геодезическая графическая документация должна быть выполнена с необходимой точностью, полнотой и достоверностью.

Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен в табл. 5.

Конкретный состав графических материалов определяется в зависимости от вида отрасли или строительства, а также специфики возведения объектов, объемов работ, конструктивных решений и регламентируется специальными инструкциями. Уточненный комплект этой документации устанавливается маркшейдерско-геодезической службой генеральной подрядной организации, согласовывается с заказчиком и утверждается техническим руководством.

Чертежи, составляемые непосредственно по результатам геодезической или маркшейдерской съемки, являются оригиналами и выполняются на планшетах или листах бумаги высшего качества и стандартных разме-

ров. Допускается применение прозрачных материалов из листов винипроза или пленок лавсана, хостофена и др.

Планшеты изготавливают самостоятельно на жесткой, полужесткой или мягкой основе в зависимости от оснащенности предприятия современными технологиями и оборудованием, или заказывают специализированным организациям.

Таблица 5 - Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен

Вид документа	Масштаб
Состав основной маркшейдерско-геодезической графической документации	
Обзорная карта района строительства	1:10 000–1:25 000
Сводные планы строительно-монтажных площадок	1:5 000–1:10 000
Сводный план внешних линейных сооружений	1:5 000–1:10 000
План промышленного предприятия, комплекса, объекта	1:500–1:200
План строительства отдельных подсобных предприятий	1:1 000–1:2 000
Планы строительных карьеров	1:500–1:2 000
Состав специальной маркшейдерско-геодезической графической документации	
План геодезической плановой и высотной основы	1:5 000–1:25 000
План наземных зданий и сооружений	в масштабе основного плана
План подземных инженерных коммуникаций и сооружений	1:500–1:2 000
План надземных линий и сооружений	1:500–1:2 000
Планы разбивки и закрепления главных, основных и вспомогательных осей зданий и сооружений	в масштабе рабочих планов
Картограмма геодезической и топографической изученности	1:10 000–1:50 000
Исполнительные планы, профили, проекции и разрезы законченного строительства	в масштабе рабочих чертежей
Схема расположения планшетов	—

Динамика строительного производства характеризуется постоянным изменением ситуации на промышленной (строительной) площадке. В силу этих изменений ведут *оперативный* (или рабочий) маркшейдерско-

геодезический план территории строительства, представляющий комплекс исполнительных графических материалов. Основное назначение этого документа состоит в своевременном и достаточно точном отражении всех изменений в строительстве, происходящих на промышленной площадке.

На крупных строительных предприятиях для ведения оперативных планов создается специальная группа специалистов, на небольших объектах – ими занимается маркшейдерско-геодезическая служба.

В комплект материалов оперативного маркшейдерско-геодезического плана входит следующая документация:

- основная графическая (сводные и основные планы, профили, разрезы);
- детальная (по объектам);
- вспомогательная (обосновывающая и пояснительная).

Кроме того, в составе оперативного плана имеются сведения по назначению объекта, геометрических размеров объекта в натуре, координат угловых и основных точек, даты сдачи в эксплуатацию и т.п.

Исполнительная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на текущую, выполнение которой осуществляется в процессе возведения зданий и сооружений, и приемо-сдаточную, т.е. документацию законченного строительства. В совокупности исполнительные материалы должны давать полное представление о фактическом состоянии строительства и его частей.

Текущая документация используется для внутреннего контроля за правильностью ведения строительства объектов и является основанием для выдачи разрешений на производство дальнейших работ. Она включает в себя исполнительные акты и схемы разбивки осей, котлованов, свайных полей, устройство опалубки, детальную разбивку на нулевом (монтажном) горизонте, схемы нивелирования бетонной подготовки под полы.

При возведении надземной части зданий и сооружений исполнительная документация состоит из схем создания разбивочной сети на монтажном горизонте, планово-высотных отображений установки стенных панелей, расположения оконных и дверных проемов, плит, перегородок и др.

Приемо-сдаточная документация готовится на основе текущей после завершения определенного этапа строительства и включает следующие основные материалы:

1) планово-высотные схемы по всем видам инженерных коммуникаций (схемы и акты на разбивку и приемку трассы и ее сооружений, исполнительный план и профиль, размеры колодцев и камер, каталог координат и высот, полную характеристику коммуникаций);
2) планово-высотные схемы и акты приемки разбивочных и выполненных работ по земляным сооружениям (готовому котловану, земляному полотну дорог, траншеям и др.);

3) планово-высотные схемы и акты на устройство фундаментов (свайные поля, сборные и монолитные ленточные фундаменты, стаканы под установку колонн и др.);
4) исполнительные чертежи планово-высотной съемки колонн, подкрановых балок и путей, ферм и балок перекрытий;
5) схемы плановой, вертикальной и высотной поэтажных съемок;
6) исполнительные съемки кирпичных, блочных и панельных зданий, их полов, плит перекрытий;
7) исполнительные планово-высотные схемы на законченные этапы возведения различных зданий и сооружений в зависимости от их назначения (лифтовых шахт, плотин, каналов, тоннелей метро и др.).

Приемо-сдаточная документация подписывается главным маркшейдером или геодезистом и предъявляется при сдаче объекта в эксплуатацию.

Отчетная документация исполнительной съемки представляется исполнительным генеральным планом и дополнительными (исполнительными) чертежами. Исполнительный генеральный план включает в себя план всей территории законченного строительства масштаба 1:500. На нем показывают координатную сетку, пункты геодезического обоснования, центры строительной сетки, гидрографию, рельеф, все здания и сооружения, нанесенные после приемки их государственной комиссией.

Исполнительные чертежи дополняют генеральный план съемкой сложных участков масштаба 1:200, планом подземных коммуникаций масштабов 1:1 000–1: 2 000 с приложением каталога координат и высот колодцев, их эскизов, абрисов, обмерных чертежей отдельных частей, деталей зданий и сооружений.

6 МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БУРОВЫХ СКВАЖИН

6.1 Основные положения

Организации, составляющие проекты разведки, строительства скважин, технологические схемы, должны представить заказчику ведомость проектных координат забоев скважин. В случае наклонной скважины в ведомости дополнительно приводят координаты забоев по кровле каждого продуктивного горизонта.

Местоположение устьев скважин выбирают и уточняют в натуре с обязательным использованием имеющейся горно-технической документации: маркшейдерских, топографических, землеустроительных планов и карт, геологических и структурных карт.

Перенесение в натуру устьев скважин, разбивку и закрепление направлений смещения забоев для наклонных скважин производят маркшейдерско-геодезические службы предприятия-заказчика на основе проектных значений координат устья, забоя и дирекционного угла горизонтальной проекции смещения забоя. Если условия местности не позволяют

закрепить направление смещения забоя, то разбивают ориентирное направление.

При проектировании местоположения устьев скважин и направлений их стволов следует учитывать требования пожарной безопасности, существующие подземные коммуникации и другие объекты обустройства, а также пространственное положение стволов и забоев ранее пробуренных и бурящихся скважин.

6.2 Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин

Перенесение проектного положения устьев скважин в натуру производят на основании письменного распоряжения (задания), подписанного главным геологом предприятия – заказчика.

Работы по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включают:

- подбор топографо-геодезических, картографических и аэрофотосъемочных материалов;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру;
- перенесение в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин;
- предварительное определение высот вынесенных в натуру устьев скважин;
- передачу по акту местоположения устьев скважин представителю организации, производящей бурение.

Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения не должны превышать значений, указанных в табл. 6.

Таблица 6 - Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения

Группа скважин	Предельные погрешности, м	
	перенесения в натуру планового положение устьев скважин	предварительного определения абсолютных высот устьев скважин
Одиночные опорные и параметрические скважины (1 группа)	150	15
Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях	50	10
Разведочные скважины (2 группа)	25	5
Все категории скважин на раз-	10	5

рабатываемых месторождениях (3 группа)		

В случае отступления от требований при разбуривании месторождений сеткой обособленных скважин (без кустования) предложения об изменении проектных координат устьев должны вноситься комиссиями, состоящими из представителей нефтедобывающих и буровых предприятий, а также работников маркшейдерской службы. Комиссия принимает решение после рассмотрения на местности вынесенных в натуру устьев скважин, исходя из условий орогидрографии и застроенности территории месторождения.

Решение об изменении проектного положения устьев скважин должно быть оформлено актом выбора площадок для бурения, утверждаемым руководителями добывающих и буровых предприятий.

При невозможности достижения проектного местоположения забоя скважин при первоначальном, а также измененном положении устья решение о возможности и целесообразности бурения скважины должен принимать главный геолог объединения по согласованию с авторами ПТД разработки месторождения.

Изменение проектного положения устьев параметрических, поисковых и разведочных скважин, как исключение, допускается, если оно не влечет изменения геологических задач, решаемых данной скважиной. При этом обязательно требуется письменное разрешение главного геолога предприятия.

Документация по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включает:

- решение на перенесение проектного положения устья скважин в натуру, а при смещении его проектного положения и документ, разрешающий это смещение;
- маркшейдерский план площадки, отведенной для бурения скважины, или абрис вынесенного и закрепленного устья скважины;
- документ сдачи перенесенных в натуру мест заложения устьев скважин;
- журналы полевых измерений, ведомости вычислений, каталоги координат и высот устьев скважин.

Плановую и высотную привязки устьев скважин производят после монтажа буровой установки.

Координаты и высоты вычисляются и вносятся в каталоги координат и высот устьев скважин. По вычисленным координатам устья скважины наносятся на маркшейдерско-геодезические планы.

Таблица 7 - Предельные значения погрешностей определения планового и высотного положений устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения 1 и 2 разрядов:

Группа скважин	Предельные погрешности определения положения устьев скважин, м	
	в плане	по высоте
Одиночные опорные и параметрические скважины (1 группа)	100	5,0
Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях	25	1,0
Разведочные скважины (2 группа)	10	0,5
Все группы скважин на эксплуатационных площадях	4	0,3

Для решения задачи перенесения проектного местоположения устьев скважин в натуру допускается использовать топографические карты, обеспечивающие требуемую в табл. 6 точность. При этом в зависимости от группы скважин (см. табл. 6)масштаб топографических карт должен быть не мельче:

Группа скважин

1) 1:100 000
2) 1:50 000
3) 1:25 000
4) 1:10 000–1:5000

Допускается использовать следующие методы перенесения устьев скважин в натуру: совмещение устьев скважины с четко выраженным контуром, промер вдоль контура, метод створов, линейная засечка и др. При построении линейной засечки на местности по расстояниям, взятым с карты (не менее чем от трех контуров), сторона треугольника погрешности не должна превышать значения предельной стороны погрешности для соответствующей группы скважин.

В случае отсутствия топографических карт требуемого масштаба или при отсутствии четких контуров вынесение проектного положения устьев скважин осуществляют проложением теодолитных ходов, построением триангуляции, геодезическими засечками и спутниковой геодезической аппаратурой.

Если для перенесения проекта в натуру необходимо развитие геодезических сетей, то их проектируют с таким расчетом, чтобы погрешность окончательного определения планового положения устьев скважин не превышала значений, регламентируемых т. 2.

Места заложения скважин закрепляют металлическими трубами или деревянными столбами длиной 1,5-2 м, закладываемыми на глубину не менее 0,7 м. На верхней части трубы (столба) несмываемой краской надписывают номер скважины, название площади (месторождения), организа-

ции, производящей бурение, и дату перенесения проектного положения устья скважины в натуру.

Если сохранность знака вызывает сомнение, то в надежных местах закладывают створ из двух знаков и измеряют расстояние от каждого их них до вынесенного положения устья.

На перенесенное в натуру местоположение устья скважины составляют абрис, на котором, кроме расстояний от створных знаков, приводят не менее трех промеров от существующих контуров. Абрис подписывается составителем и лицом, принявшим местоположение устья.

Предварительные высоты перенесенных в натуру местоположений устьев скважин определяют по топографическим картам, а при их отсутствии – барометрическим или тригонометрическим нивелированием.

В необходимых случаях (зачастую это так) до начала строительства буровой на участке, отведенном для этой цели, производят маркшейдерскую съемку в соответствии с техническими условиями.

Съемку выполняют согласно требованиям Инструкции [].

6.3 Работы при сооружении буровой установки

Маркшейдерские работы при сооружении буровой установки включают:

- разбивки главных осей буровой установки и осей оснований оборудования горнопроходческого комплекса;
- плановую и высотную выверки фундаментов, опорных конструкций и оборудования;
- проверку вертикальности шахтного направления;
- проверку соосности буровой вышки, ротора и шахтного направления; определение высоты буровой установки.

Вынесение в натуру главных осей буровой установки обязательно в случаях, когда срок строительства последней составляет более одного года.

Исходной точкой для разбивки главных осей является центр устья ствола скважины. Вынесение этих осей производят с помощью теодолита, устанавливаемого над центром устья скважины. Начальное направление ориентируют в сторону приемных мостков.

Вынесение в натуру разбивочных осей оснований оборудования выполняют относительно главных осей буровой установки полярным способом, способами прямоугольных координат и линейной засечки или их комбинацией.

Две разбивочные взаимно перпендикулярные оси закрепляют на местности знаками, устанавливаемыми по два с каждой стороны от центра: главные оси – постоянными знаками, обеспечивающими их долговременную сохранность; вспомогательные оси – временными знаками (металлические штыри, деревянные колышки). Постоянные знаки следует устанав-

ливать за пределами зоны земляных работ. Расстояния от них до вышки должны обеспечивать нормативные условия для последующих наблюдений за деформацией вышки. Знаки должны сохраняться на весь период работы буровой; ответственность за их сохранность несет буровой мастер.

По результатам разбивочных работ составляют исполнительную схему закрепления осей с привязкой осевых знаков не менее чем к трем четко выраженным объектам местности.

Выверку планового положения конструкций и оборудования рекомендуется выполнять створными методами. При этом створ задают леской, проволокой, лазерным или оптическим лучом.

Выверку конструкций и оборудования по высоте следует производить геометрическим нивелированием.

Проверка соотношения геометрических элементов буровой установки является обязательной для скважин, срок строительства которых более трех месяцев.

Контроль за остальными буровыми производят при необходимости.

Проверку соблюдения соосности ведущей трубы, ротора и шахтного направления выполняют: теодолитами с пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях; приборами вертикального проектирования; отвесами.

Точность монтажа вышки и оборудования должна соответствовать требованиям, изложенным в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации, прилагаемых заводами-изготовителями.

Высота буровой вышки используется при высотной привязке строящейся скважины методом геодезического нивелирования, а также при определении относительной деформации вышки при последующих наблюдениях.

Высоту вышки определяют непосредственным измерением или, когда высоты вышек достигают 50 м и более и непосредственное измерение затруднено, аналитическим способом.

Результаты контрольных измерений заносят в буровой журнал.

6.4 Работы при строительстве кустов скважин

Кустовое бурение, сооружение группы наклонных скважин с общего основания ограниченной площади, на котором размещаются буровая установка и устьевое оборудование. При К. б. продуктивные горизонты вскрываются наклонно-направленными скважинами в заданных точках. К. б. иногда оказывается наиболее экономически целесообразным инженерным решением — при разработке нефтяных и газовых месторождений, расположенных в акватории морей, сильно заболоченной местности или в местности со сложным рельефом поверхности. На практике количество скважин одного куста не превышает 20, хотя известно, что в Калифорнийском заливе 68 скважин пробурены с насыпного острова размером 60×60 м.

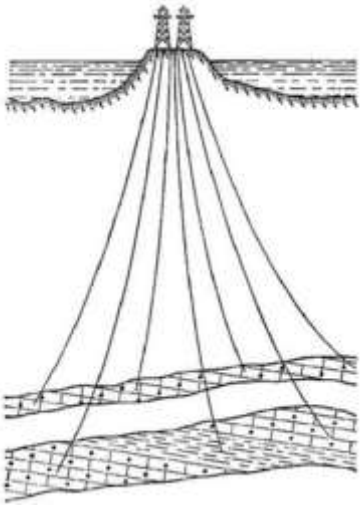


Рисунок 36

Местоположение куста скважин определяют главный геолог и главный маркшейдер НГДУ, в присутствии представителя технологической службы УБР, на основании ПТД на разработку месторождения. В ПТН указано расположение забоев скважин с учетом условий бурения и разработки, правил техники безопасности, глубин продуктивных пластов, сохранения наиболее ценных сельскохозяйственных и лесных угодий, а также норм отвода земельных участков под объекты добычи нефти и газа, допустимых расстояний от существующих на поверхности объектов, соответствующих санитарным и противопожарным нормам.

Перенесение и закрепление куста скважин в натуре производит маркшейдерская служба НГДУ по письменному распоряжению главного геолога.

Для определения координат и высот устьев скважин в кусте и выдачи ориентирных направлений до начала бурения вблизи или на территории куста закладывают не менее чем два опорных пункта и определяют их координаты и высоты. Пункты закладывают с учетом их долговременной сохранности.

Направление оси ствола скважины и длину проекции смещения забоя определяют по фактическим координатам устья и проектным координатам забоя скважины.

Перенесение в натуру осей куста устьев скважин производят отделы инженерных изысканий территориальных НИПИ или отделы маркшейдерских работ НГДУ.

Закрепленные на местности оси куста передают по акту представителю управления буровых работ; второй экземпляр акта хранится в нефтегазодобывающем управлении.

По окончании строительства площадки куста представителю УБР передают местоположение устьев всех скважин. При этом необходимо учесть размеры участка куста по проекту.

При привязки первой скважины в кусте одновременно определяют дирекционный угол направления мостков (ориентирное направление) и уточняют дирекционный угол движения станка. Ориентирное направление и направление движения станков определяют со средней квадратической погрешностью 5′.

После окончания бурения всех скважин в кусте, по известному дирекционному углу направления движения станка и измеренным расстояниям между устьями скважин вычисляют окончательные координаты устьев скважин, также координаты определяются от ранее заложенных пунктов. Координаты записывают в каталог.

Маркшейдерская служба УБР в процессе бурения ведет дежурный план расположения устьев и забоев скважин в кусте, передает исполнительный план куста маркшейдерской службе НГДУ.

Маркшейдерская служба НГДУ проверяет исполнительный план куста и с учетом данных промыслово-геофизических исследований скважин ведет каталог координат точек маркирующих горизонтов.

6.5 Наклонно-направленное бурение

Наклонно-направленное бурение, способ проведения скважины с отклонением от вертикали по заранее заданной кривой. Н.-н. б. впервые осуществлено в СССР на Грозненских нефтепромыслах (1934). Н.-н. б. оказывается целесообразным при: сложном рельефе местности (например, при расположении залежи под дном крупного водоёма или под капитальными сооружениями); геологических условиях залегания полезных ископаемых, не позволяющих вскрыть их вертикальными скважинами; *кустовом бурении* или *многозабойном бурении*; тушении горящих нефтяных и газовых фонтанов. При геологоразведочных работах Н.-н. б. осуществляется шпиндельными буровыми станками, причём скважина забуривается наклонно непосредственно с земной поверхности; при вскрытии нефтяных и газовых пластов Н.-н. б. производится турбобурами или роторным способом (скважина с поверхности забуривается вертикально с последующим отклонением на заданной глубине в запроектированном направлении).

Отклонение скважины от вертикали при Н.-н. б. (изменение зенитного угла и азимута бурения) осуществляется отклоняющими устройствами, например турбинными отклонителями. Бурение прямолинейно-наклонных участков производится с помощью бурильных устройств, включающих центрирующие и калибрующие элементы. Наибольшее отклонение от вертикали при Н.-н. б. (3836 *м*) получено в США в заливе Кука: на о. Сахалин отклонение составило 2453 *м* (1972).

6.6 Профили наклонно направленных скважин.

Проектирование профиля наклонно направленных скважин и их реализация на практике в указанном регионе определяются рядом инструкций, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию кустовых наклонно направленных скважин.

При отклонении забоя скважины от вертикали до 300 м применяется тангенсальный трехинтервальный профиль, состоящий из вертикального участка, участка начального искривлении и тангенсального участка.

При отклонении забоя скважины свыше 300 м используют S-образный четырхинтервальный профиль, включающий вертикальный участок начального искривления, тангенсальный участок и участок уменьшения зенитного угла.

Для проектирования наклонно направленных скважин специального назначения применяется j-образный вид профиля, включающий вертикальный участок; участок начального искривления, тангенсальный участок и участок малоинтенсивного увеличения зенитного угла до проектной глубины.

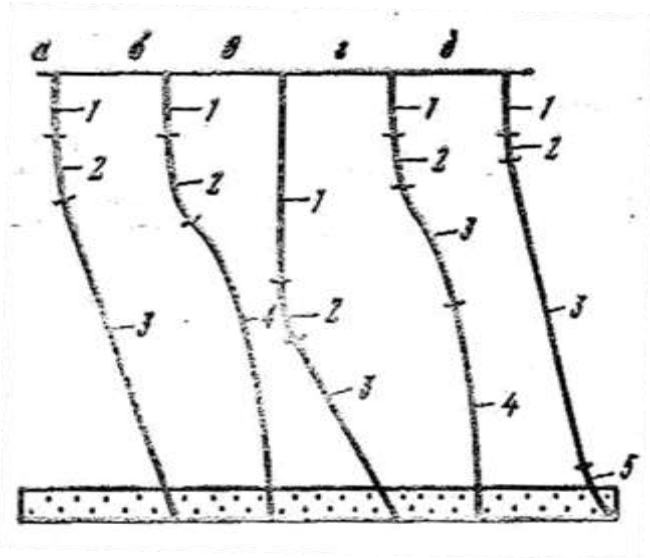


Рисунок 37 - Проектные профили наклонно направленных скважин:

а - тангенциальный; *б* –S - образный; *в* - тангенциальный с большим вертикальным участком; *г* - S-образный с тангенциальным участком; *д* – J-образный;

1,2,3 - участки соответственно вертикальный, начального искривления и тангенциальный; *4,5* - участки соответственно уменьшения и малоинтенсивного увеличения зенитного угла

Если обратится к зарубежному опыту проводки наклонно направленных скважин, то можно отметить, что большинство скважин, проводка которых осуществляется ведущими буровыми фирмами в США и Англии, проектируются по S-образному четырехинтервальному профилю. Всё

большее применение находит тангенсальный профиль, чаще всего используемый в целях достижения значительных отклонений от вертикали.

Данные профили проектируются в одной плоскости, т.е. являются плоскими. При проводке скважин в сложных горно-геологических условиях, когда геологические факторы оказывают значительное воздействие на траекторию скважины, используются профили пространственного типа, предусматривающие участки с естественно изменяющимся зенитным углом и азимутом.

Таким образом, все профили, используемые для проектирования наклонно направленных скважин, можно разделить на плоские и пространственные. В свою очередь плоские профили по форме выполнения завершающего интервала профиля разделяются на три типа: S-образный, тангенсальный и J-образный.

6.7. Инклинометрия

Инклинометрия, метод определения основных параметров (угла и азимута), характеризующих искривление буровых скважин, путём контроля *инклинометрами* с целью построения фактических координат бурящихся скважин. По данным замеров угла и азимута искривления скважины, а также глубины ствола в точке замера строится план (инклинограмма) — проекция оси скважины на горизонтальную плоскость и профиль — вертикальная проекция на плоскость магнитного меридиана, широтную или любую др. Таковой обычно принимается плоскость, в которой составляется геологический разрез по месторождению, проходящий через исследуемую скважину. Наличие фактических координат бурящихся скважин позволяет точно установить точки пересечения скважиной различных участков геологического разреза, т. е. установить правильность бурения в заданном направлении.

6.8 Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве

Фактическая траектория оси ствола скважины всегда будет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливают с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации.

Проект (технологическая схема) разработки месторождения предусматривает для каждой скважины определенную точку вскрытия продуктивного горизонта. При этом допускается некоторое отклонение этой точки от проектного положения, учитывающее геологическое строение разбуриваемой площади (месторождения), физику пласта, технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения ее пространственного положения.

Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважин, интенсивности искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Угол искривления φ_i определяют из выражения:

$$\varphi_i = \arcsin\left(\sin\frac{\theta_i-\theta_{i-1}}{2}+\sin^2\frac{\alpha_i-\alpha_{i-1}}{2}\times\sin\theta_{i-1}\times\sin\theta_i\right)^{\frac{1}{2}},$$

а погрешность угла φ_i íàõîäÿò ïî ôîðìóëå:

$$m_{\varphi_i}=\frac{\sqrt{2}}{\sin\varphi_i}\left(m_\theta^2\times\sin^2(\theta_i+\theta_{i+1})\times\sin^4\frac{\alpha_i-\alpha_{i-1}}{2}+m_\theta\times\sin^2(\theta_i-\theta_{i-1})\times\right.$$

$$\left.\times cos^4\frac{\alpha_i-\alpha_{i-1}}{2}+m_\alpha^2\times\sin^2(\alpha_i-\alpha_{i-1})\times\sin^2\theta_{i-1}\times\sin^2\theta_i\right)^{\frac{1}{2}},$$

где m_θ - средняя квадратическая погрешность определения угла отклонения оси ствола скважины от вертикали: θ_i, θ_{i-1} и α_i, α_{i-1} – соответственно углы отклонения оси ствола скважины от вертикали и азимуты вертикальной плоскости в начале и в конце интервала измерений; m_α - средняя квадратическая погрешность определения азимута.

Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту определяют исходя из параметров, приведенных в табл. 8.

Таблица 8 - Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту

Глубина добывающих скважин H, м	Платформенные области			Складчатые области		
	Расстояние S между скважинами, м	Допустимые отклонения		Расстояние S между скважинами, м	Допустимые отклонения	
		в % от S	в метрах		в % от S	в метрах
До 2000	200	10	20	135	15	20
2000-2500	250	12	30	150	20	30
2500-3000	267	15	40	160	25	40
более 3000	250	20	50	167	30	50
Примечание. Допустимые значения горизонтальной проекции отклонения забоя скважины от устья для разведочных скважин складчатых областей составляют 1 и 5% для опорных и поисковых скважин платформенных и складчатых областей, соответственно. При S и H больше указанных в настоящей таблице горизонтальная проекция отклонения конечного забоя от устья скважины не должна превышать 50 м.						

Для расстояний между местоположениями точек вскрытия менее указанных в табл. 7 допуски установлены исходя из предельных значений погрешностей применяемых в настоящее время технических средств и методики инклинометрических измерений.

При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводят поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл. 9.

Таблица 9 - поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл.

Минимальный угол наклона пласта, град	Масштаб карты разреза	Минимальное расстояние между точками вскрытия пласта, м
10	1:10 000	135
15	1:25 000	135
15	1:50 000	300

Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей, соответственно.

Для сравнения фактического положения характерной точки оси ствола скважины с проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500-1:2000, на котором изображена проектная и строится фактическая трассы оси ствола скважины.

Вокруг проектного положения характерной точки радиусом R, равным значению допуска, в соответствующем масштабе строят окружность.

Точку фактического местоположения накрывают эллипсом погрешностей. При этом может быть один из пяти приведенных на рис. 38 случаев:

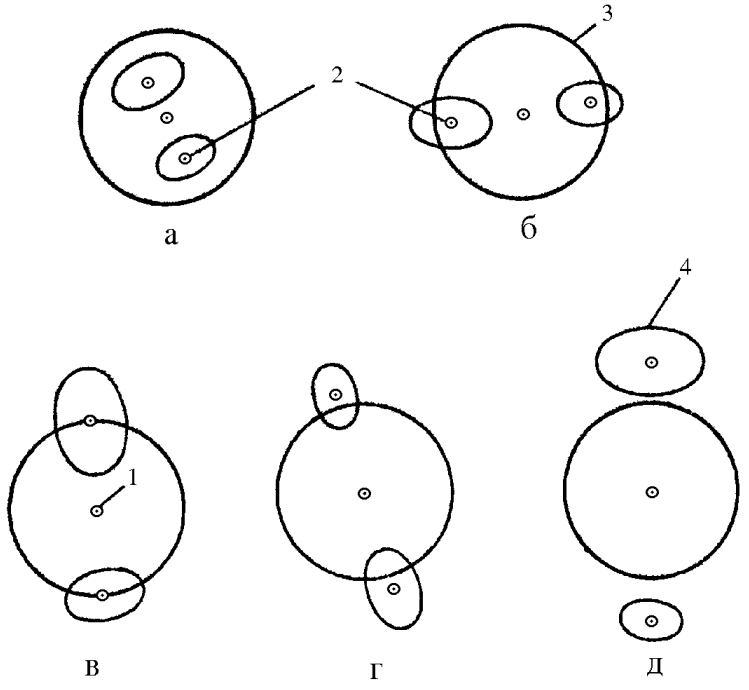


Рисунок 38 - Возможные случаи попадания характерной точки оси ствола скважины в заданную зону допуска:

1 – проектное местоположение характерной точки; 2 – возможное фактическое местоположение характерной точки; 3 – граница зоны допустимого отклонения возможного фактического местоположения характерной точки; 4 – эллипс погрешностей, накрывающий фактическое местоположение характерной точки в плане с доверительной вероятностью 0,95

- эллипс погрешностей находится в пределах границы допуска (рис. 38, *а*);
- характерная точка находится внутри границы допуска, а эллипс погрешностей частично выходит за пределы допуска (рис. 38, *б*);
- характерная точка находится на линии, обозначающей границы допуска, а 50% площади эллипса погрешностей выходят за пределы допуска (рис. 38, *в*);
- характерная точка находится за пределами допуска, но какая-то часть эллипса погрешностей (менее 50%) накрывает допуск (рис. 38, *г*);
- эллипс погрешностей находится за пределами границы допуска (рис. 38, *д*).

В первом случае можно констатировать, что характерная точка попала в зону, предусмотренную проектом работ, и работу по проводке скважины оценивают на “отлично”.

При ситуации два работу по проводке скважины оценивают на “хорошо”.

При ситуации три работу по проводке скважины оценивают на “удовлетворительно”.

При ситуациях четыре и пять скважину в эксплуатацию не принимают. Положение оси ствола скважины в пространстве необходимо исправить.

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдачу материалов заказчику должны производить в соответствии с требованиями Инструкции по инклинометрии.

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую отсутствуют данные по пространственному положению ее ствола.

7 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ СТВОЛА НАКЛОННО НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ

В процессе инклинометрических работ в отдельных характерных точках ствола скважины измеряется глубина по бурильной колонне l, зенитный угол Θ и азимут α (рис. 39).

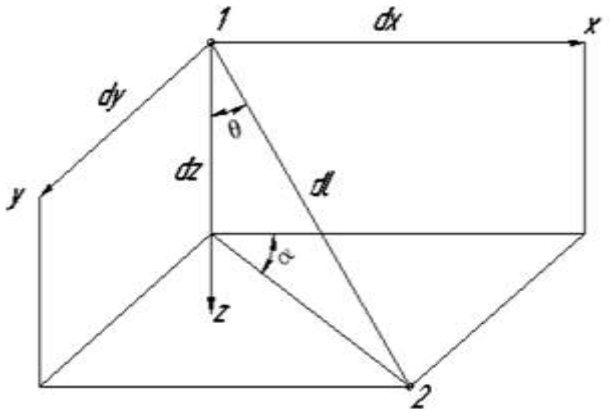


Рисунок 39

Задача построения траектории ствола скважины состоит в том, чтобы по известному массиву инклинометрических данных определить координаты соответствующих точек в прямоугольной системе координат xyz, связанной с устьем скважины, т.е. определить глубину Z и горизонт, смещая в направлении север – юг, ось X – север, Y – восток.

При расчетах принимаем, что ошибки измерения имеют нормальное распределение с нулевыми средними и известными СКП соответственно.

Элементарные приращения координат будут следующими:

$$d_x = d_l \cdot sin\theta sin\alpha;$$
$$d_y = d_l \cdot sin\theta cos\alpha;$$
$$d_z = d_l \cdot cos\theta.$$

Приращение координат Дх, Ду, Дz на исследуемом интервале Дl, определяются путем интегрирования элементарных приращений по длине интервала.

$$\Delta x = \int_0^{\Delta l} sin\theta(l) sin\alpha(l) \cdot dl \ ;$$
$$\Delta y = \int_0^{\Delta l} cos\theta(l) \cdot dl \ .$$

В простейших методах для определения приращений координат используют результаты измерения зенитного угла и азимута в двух соседних точках (двухточечные методы). В более точных и сложных методах используют результаты измерения по большему числу точек.

7.1 Тангенциальный метод

В качестве исходных данных используются значения зенитного угла и азимута, измеренные в нижней точке интервала. Делается допущение, что оба эти угла сохраняют свои значения на всей протяженности исследуемого интервала, который представляет собой прямую.

$$\Delta x = \Delta l \cdot sin\theta_2 cos\alpha_2 \ ;$$
$$\Delta y = \Delta l \cdot sin\theta_2 sin\alpha_2 \ ;$$
$$\Delta z = \Delta l \cdot cos\theta_2 \ .$$

Является самым простым методом, но наиболее ошибочным.

7.2 Метод усреднения углов

Исследуемый участок ствола скважины между двумя точками замера представляется отрезком прямой. Однако зенитный угол и азимут на протяжении участка интерполяции принимается равным средним арифметическим соответствующих углов, замеренных на конце интервала.

$$\Delta x = \Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \cos(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$\Delta y = \Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \sin(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$\Delta z = \Delta l \cdot \frac{\cos(\theta_1 + \theta_2)}{2}.$$

“1” – означает параметр замеренный у верхнего конца скважины.

7.3 Балансный тангенциальный метод

Исследуемый интервал разбивается на два интервала одинаковой длины: верхний и нижний, каждый участок интерполируется отрезком прямой, причем зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей верхний участок, принимаются равными соответствующим углам в верхней точке замера, а зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей нижний участок, принимаются равным соответствующим углам в нижней точке замера, таким образом, отрезки прямой

Приращения координат находят как сумму приращений координат для верхнего и нижнего участка.

$$\Delta x = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \cos\alpha_1 + \sin\theta_2 \cos\alpha_2)};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \sin\alpha_1 + \sin\theta_2 \sin\alpha_2)};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l}{2}(\cos\theta_1 + \cos\theta_2).$$

7.4 Метод расчета по радиусу кривизны

Участок ствола скважины между двумя точками замера апроксимируется пространственной кривой. Принимается, что проекции исследуемого участка ствола между точками замера на вертикальную и горизонтальную плоскость представляют собой дуги окружностей. В каждой из плоскостей эти дуги проходят таким образом, что касательные к ним в точках, являющиеся проекциями точек замера, направлены по отношению к исходной координатной сетке под углами, равными соответственно зенитным углам и азимутом в этих точках.

Участок прямой между двумя точками замера характеризуется радиусом кривизны проекции треугольника на вертикальную плоскость (дуга

окружности) и радиусом кривизны проекции на горизонтальную плоскость.

Выражения для приращения координат можно получить на основании следующих соотношений:

$$R_B = \Delta l(\theta_2 - \theta_1);$$

$$\Delta z = R_s\left(\sin[\theta_2 - \sin\theta_1) == \frac{\Delta l(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)}{\theta_2 - \theta_1}\right]$$

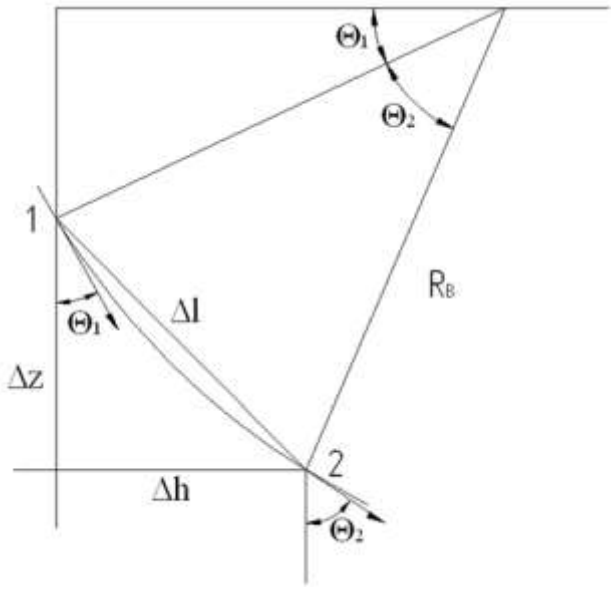


Рисунок 40

В этой методике принимается , что длина дуги окружности $\Delta S \approx {}^{\Delta l}{}_{\Delta h}$, т.е это справедливо при небольшой величине азимута,

$$Rr = \frac{\Delta h}{\alpha_2 - \alpha_1};$$

$$\Delta x = Rr * \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta h = Rr * \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta x = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin\frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin\frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l * (\sin\Theta_2 - \sin\Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

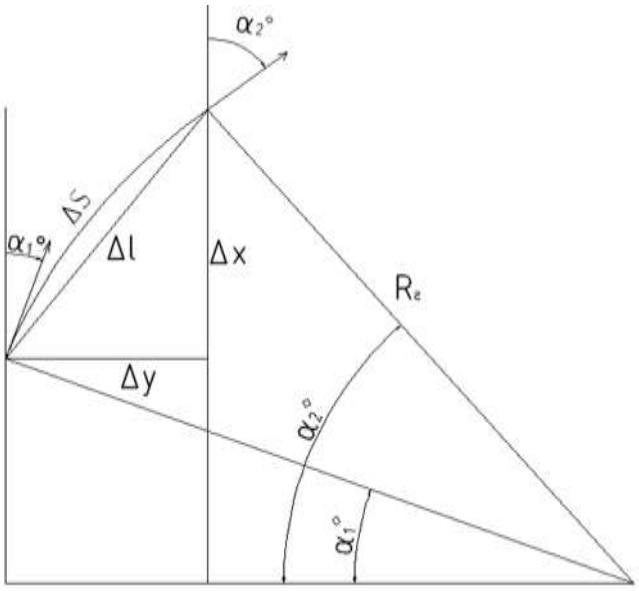


Рисунок 41

7.5 Метод постоянной кривизны

$$\Delta S = \frac{\Delta h * (\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta x = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l * (\sin\Theta_2 - \sin\Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

7.6 Метод кольцевых дуг

В методе расчета кольцевых дуг исследуемый участок представляется в виде дуги. Метод КД обеспечивает более плавню стыковку дуг в точках замера, исключаются сколообразные изменения направления вектора в точке замера.

Длина дуги такая же как и измеренные по створу скважины расстояния.

Обозначим единичные касательные вектора в точках замера как $\bar{V}_1$ и $\bar{V}_2$.

$$cos_1\gamma_x = sin\theta_1 * sin\alpha_1$$

$$cos_1\gamma_x = sin\theta_1 * sin\alpha_1 \qquad cos_2\gamma_x = sin\theta_2 * sin\alpha_2$$
$$cos_1\gamma_y = sin\theta_1 * cos\alpha_1 \qquad cos_2\gamma_y = sin\theta_2 * cos\alpha_2$$
$$cos_1\gamma_z = cos\theta_1 \qquad cos_2\gamma_z = cos\theta_2$$

D – это между касательными векторами $\overline{V_1}$ и $\overline{V_2}$.

$$cosD = cos_1\gamma_x * cos_2\gamma_x + cos_1\gamma_y * cos_2\gamma_y + * cos_1\gamma_z cos_2\gamma_z$$

$$\overline{U} = \frac{\overline{V_1} + \overline{V_2}}{(\overline{V_1} + \overline{V_2})}$$

где с- длина хорды искомой дуги

$$c = 2 * \Delta l * \sin\left(\frac{D}{2}\right)\Big/_{D}$$

$$(\overline{V_1} + \overline{V_2}) = 2 * \frac{\cos D}{2}$$

$$\overline{\Delta p} = \overline{Cu} = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} * \frac{(\overline{V_1} + \overline{V_2})}{2}$$

Вместо $\overline{V_1}$ и $\overline{V_2}$ подставляем сумму их направляющих косинусов по соответствующим координатным осям.

$$\Delta x = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (sin\theta_1 sin\alpha_1 + sin\theta_2 sin\alpha_2)$$

$$\Delta y = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (sin\theta_1 cos\alpha_1 + sin\theta_2 cos\alpha_2)$$

$$\Delta z = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (cos\theta_1 + cos\theta_2)$$

$$cosD = \cos(\theta_2 - \theta_1) - sin\theta_1 sin\theta_2 [1 - \cos(\alpha_2 - \alpha_1)]$$

8 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

8.1 Нормативные ссылки

СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».

СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

СНиП 14-01-96 «Основные положения создания и ведения государственного градостроительного кадастра Российской Федерации».

СНиП 22-01-85 «Геофизика опасных природных воздействий».

СНиП 2.01.09-91 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».

ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений».

ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». Изменение № 1.

ГОСТ 22268-76 «Геодезия. Термины и определения».

ГОСТ 22651 «Картография. Термины и определения».

ГОСТ 21.101-93 «Основные требования к рабочей документации».

ГОСТ 21.508-93 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

ГОСТ 21.510-83* «СПДС. Пути железнодорожные. Рабочие чертежи».

ГОСТ 21.511-83* «СПДС. Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда».

СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений».

«Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительной документации» (Госстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1994).

ГКИНП-17-002-93. «Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в Российской Федерации» (Роскартография. - М, 1993).

ГКИНП-07-016-91 «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей СССР» (ЦНИИГАиК. - М.: Недра, 1991).

«Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (ГУГК СССР. - Недра, 1989).

«Условные знаки для топографических планов масштаба 1:500. Правила начертания» (Мосгоргеотрест. - М, 1978).

«Классификатор топографической информации (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» ГУГК СССР. - М.: Наука, 1986.

ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

ПТБ-88. «Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

* Проектная подготовка строительства включает в себя: определение цели инвестирования, разработку ходатайства (декларации) о намерениях инвестирования и обоснования инвестиций в строительство, разработку градостроительной, проектной и рабочей документации строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий, зданий и сооружений.

8.2 Инженерные изыскания

Инженерные изыскания - комплекс технических и экономических исследований района строительства с целью получения исходных данных, необходимых для разработки наиболее целесообразных технико-экономических решений при проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений. И. и. предшествуют всем видам строительства: промышленного, жилищного, гражданского, гидротехнического, транспортного, дорожного и др. Характер И. и. изменяется в зависимости от вида строительства и степени изученности обследуемого района.

До технических изысканий проводятся, как правило, экономические исследования в целях выбора района (пункта) размещения объекта и экономического обоснования намечаемого строительства. Правильность выбора места строительства существенно облегчается, если на территории предварительно проведена *районная планировка*, требования которой должны учитываться при И. и.

Программа И. и. должна предусматривать интересы сохранения окружающей среды — продуктивности, чистоты и привлекательности природы — и обеспечивать предотвращение или сведение к минимуму того ущерба, который может быть ей нанесён как самими И. и., так и последующим строительством.

Комплекс технических изысканий включает изучение топографических, геологических, гидрологических и метеорологических условий района строительства, обследование месторождений местных строительных материалов, сбор исходных данных для составления проекта организации строительства и смет, а также проведение необходимых согласований. Особый характер имеют И. и. автодорожные, железнодорожные, для про-

кладки нефте- и газопроводов, линий связи и электропередачи (так называемые линейные изыскания).

И. и. проводятся, как правило, в один этап, включающий получение исходных данных для разработки технического проекта и рабочих чертежей. Для сложных в инженерном отношении объектов И. и. проводятся в два этапа на основе технических заданий, в которых определяются основной состав, детальность и порядок проведения И. и. Изыскательские работы обычно выполняются проектным институтом, осуществляющим проектирование объекта, с привлечением специализированных организаций.

В проведении изыскательских работ различают три периода: подготовительный, полевой и камеральный. В подготовительный период собираются и изучаются необходимые данные по объекту и уточняется задание, выдаваемое изыскательской партии. В период полевых работ проводятся геодезические, топографические, буровые и др. работы. Камеральная обработка состоит в систематизации полевых материалов, составлении топографических планов, геологических разрезов, гидрологических, климатических и др. характеристик района и строительной площадки. Ускорение, повышение качества и снижение стоимости И. и. достигаются при проведении их по единой методологии путём концентрации И. и. в крупных специализированных организациях, имеющих в своём составе постоянно действующие экспедиции и партии.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (наземных, подземных и надземных) и других элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, а также создания и ведения государственных кадастров, обеспечения управления территорией.

Инженерно-геодезические изыскания выполняются как самостоятельный вид инженерных изысканий и в комплексе с другими видами инженерных изысканий (изыскательских работ и исследований), в том числе инженерно-геологическими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими изысканиями, а также изысканиями грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Инженерно-геодезические изыскания следует выполнять, как правило, в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительные работы

В подготовительном этапе должно быть выполнено:

- получение технического задания и подготовка договорной (контрактной) документации;

- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет на район (участок, площадку) изысканий, а также топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных, находящихся в государственных и ведомственных фондах в архиве изыскательской организации;
- подготовка программы (предписания) инженерно-геодезических изысканий в соответствии с требованиями технического задания заказчика и пп. 4.14. и 5.6 СНиП 11-02-96, с учетом опасных природных и техногенных условий территории;
- осуществление в установленном порядке регистрации (получение разрешений) производства инженерно-геодезических изысканий.

Полевые работы

В полевом этапе должны быть произведены рекогносцировочные обследования территории, и комплекс полевых работ в составе инженерно-геодезических изысканий, а также необходимый объем вычислительных и других работ по предварительной обработке полученных материалов и данных для обеспечения контроля их качества, полноты и точности.

Камеральные работы

В камеральном этапе должны быть выполнены:

- окончательная обработка полевых материалов и данных с оценкой точности полученных результатов, с необходимой для проектирования и строительства информацией об объектах, элементах ситуации и рельефа местности, о подземных и надземных сооружениях с указанием их технических характеристик, а также об опасных природных и техноприродных процессах;
- составление и передача заказчику технического отчета (пояснительной записки) с необходимыми приложениями по результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий; передача в установленном порядке отчетных мате-, риалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в государственные фонды (п. 4.25 СНиП 11-02-96).

8.3 Планово-высотное обоснование

При производстве инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений геодезической основой служат точки (пункты) планово-высотной съемочной геодезической сети, создаваемой в виде магистральных ходов, прокладываемых вдоль трассы.

Магистральные ходы при изысканиях линейных сооружений должны быть привязаны в плане и по высоте к пунктам государственной или опорной геодезической сети не реже чем через 30 км (при изысканиях магистральных каналов 8 км).

При удалении пунктов государственной или опорной геодезической сети от трассы на расстояние более 5 км допускается вместо плановой привязки определять истинные азимуты сторон магистрального хода не реже чем через 15 км. Методы определения истинных азимутов и требования к точности измерений должны устанавливаться в программе изысканий.

При изысканиях линейных сооружений на территориях городов и других поселений, а также промышленных (агропромышленных) и горнодобывающих предприятий плановая и высотная привязка съемочной геодезической сети к пунктам государственной или опорной геодезической сети обязательна.

Методические указания, на которые мы будем опираться, разработаны во ВНИМИ на основе обобщения результатов исследования спутниковых систем за рубежом и на горных предприятиях Российской Федерации.[1]

Теодолитные ходы

Теодолитные ходы между пунктами опорной геодезической сети прокладываются в виде отдельных ходов с узловыми точками.

Допускается проложение висячих теодолитных ходов. На незастроенных территориях длина хода не должна быть более 500 м при съемке в масштабе 1:5000, 300 м - при съемке в масштабе 1:2000 и 150 м - при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500. Длины висячих ходов на застроенных территориях должны приниматься соответственно с коэффициентом 0,7.

При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать до 1000 м. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов не должна превышать 15".

Отдельный теодолитный ход должен опираться на два исходных пункта и два исходных дирекционных угла.

Развитие планово-высотной съемочной сети с использованием электронных тахеометров с регистрацией и накоплением результатов измерений (горизонтальных проложений, дирекционных углов, координат и высот пунктов и точек) допускается выполнять одновременно с производством топографической съемки.

При создании (развитии) съемочной геодезической сети предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки следует принимать в соответствии с табл. 10.

Таблица 10 - Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки

Масштаб топографической съемки	Предельная длина теодолитного хода, км		Предельная абсолютная невязка теодолитного хода, м	
	между исходными геодезиче-	между исходными пунктами и узловыми	Застроенная территория, открытая	Незастроенная территория, закрытая дре-

	скими пунктами	точками (или между узловыми точками)	местность на незастроенной территории	весиной и кустарниковой растительностью
1:5000	6,0	4,2	2,0	3,0
1:2000	3,0	2,1	1,0	1,5
1:1000	1,8	1,3	0,6	0,9
1:500	0,9	0,6	0,3	0,4

Примечания

1. При использовании для измерения сторон теодолитного хода светодальномеров и электронных тахеометров предельная длина хода может быть увеличена в 1,3 раза, при этом предельные длины сторон хода не устанавливаются, а количество сторон в ходе не должно превышать:
- при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 в открытой местности - 50 и в закрытой - 100;
- при съемке в масштабе 1:1000 - 40 и 80 соответственно характеристике местности, а при съемке в масштабе 1:500 - 20.
2. Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки для съемки в масштабе 1:200 устанавливаются в программе изысканий. Предельные длины теодолитных ходов на существующих железнодорожных станциях определяются схемой станций (длиной парков).

Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях для строительства линейных сооружений должны приниматься согласно табл. 11.

Таблица 11 - Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях линейных сооружений

№№ п/п	Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений	Допустимые невязки измерений		
		угловых, мин	линейных	высотных, мм
1	Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях:			
	новых железных дорог	$0{,}3\sqrt{n}$	11/4000	$30\sqrt{L}$
	новых автомобильных дорог	$1\sqrt{n}$	1/2000 (1/1000*)	$50\sqrt{L}$
	Трубопроводов с условным диаметром:			
	до 1000 мм	$1{,}5\sqrt{n}$	1/1000	$50\sqrt{L}$
	свыше 1000 м	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
	Линий электропередачи, связи, канатно-	$1{,}5\sqrt{n}$	1/1000	$50\sqrt{L}$

	подвесных дорог			
	Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
2	Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов	$1\sqrt{n}$	1/2000 (1/1000*)	$50\sqrt{L}$
3	Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог:			
	базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах;	$0{,}3\sqrt{n}$	1/4000	$30\sqrt{L}$
	съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
4	Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой)	-	1/2000	-

Обозначения: n - число углов в ходе; L - длина хода, км; (*) - в трудных условиях пересеченной и горной местности.

Примечания

1. При изысканиях для строительства трубопроводов, линий электропередачи и канатно-подвесных дорог в пересеченной и горной местности может выполняться тригонометрическое нивелирование.
2. Допустимые невязки измерений при изысканиях для строительства высокоскоростных железных дорог устанавливаются в соответствии с требованиями производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов.

Поправка за приведение длин линий к горизонту должна учитываться при величине угла наклона рельефа местности более 1,5°.

В длины линий, измеренные стальными лентами и рулетками, следует вводить поправку за температуру, если разность температуры воздуха при компарировании и измерении линий превышает 8 °С.

Поправки за компарирование вводятся, когда длина мерного прибора отличается от номинальной более чем на 1/10000.

Измерение углов в теодолитных ходах должно производиться теодолитами (типа 3Т5КП, Т15МКП и 4Т30П или им равноточными) одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами (для теодолитов с двусторонней системой отсчета на величину, близкую к 90°, а для теодолитов с односторонней системой отсчета - в пределах 5°).

Расхождения значений угла между полуприемами не должны превышать 45″.

Угловые невязки в теодолитных ходах и полигонах не должны превышать величины $f_\beta = 1'\sqrt{n}$, где n - число углов в ходе (полигоне).

Определение положения (координат) точек постоянного съемочного обоснования (углов капитальных зданий и сооружений, центров люков смотровых колодцев, опор линий электропередачи и др.) следует выполнять полярным способом с пунктов опорной геодезической сети и точек теодолитных ходов первого порядка. При этом расхождения (в минутах) между результатами измерений примыкающего угла в полуприемах не должны превышать величины Δ=50/L, где L - расстояние в метрах до определенной точки, которое не должно превышать длины мерного прибора (но не более 50 м). Предельные длины полярных направлений, измеряемые светодальномерами или электронными тахеометрами, не должны превышать 1000 м.

Съемочные сети можно развивать методом триангуляции (трилатерации) взамен теодолитных ходов, а также прямыми и обратными геодезическими засечками.

Между исходными сторонами (базисами) или пунктами опорных (государственных) геодезических сетей допускается построение цепочки треугольников триангуляции в количестве, не более:

- 20 - для съемки в масштабе 1:5000;
- 17- для съемки в масштабе 1:2000;
- 15 - для съемки в масштабе 1:1000;
- 10 - для съемки в масштабе 1:500.

Не допускается развитие геодезических сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну исходную сторону.

Длина цепи треугольников триангуляции не должна превышать допустимой длины теодолитного хода для соответствующего масштаба съемки, согласно табл. 9.

Базисы (выходные стороны) триангуляции следует измерять с относительной средней квадратической погрешностью не более 1/5000.

Углы в треугольниках должны быть не менее 20°, а длины сторон не менее 150 м.

Измерение углов следует производить в соответствии с п. 5.34. (СП 11-104-97)

Невязки в треугольниках не должны превышать 1,5'.

В измеренные на пунктах углы должны вводиться поправки за центрировку и редукцию, если величины линейных элементов приведения превышают 1/10000 длин линий (сторон).

Прямые засечки следует выполнять не менее чем с трех пунктов опорной геодезической сети так, чтобы углы между смежными направлениями на определяемой точке были не менее 30° и не более 150°.

Обратные засечки должны выполняться не менее чем по четырем пунктам опорной геодезической сети при условии, чтобы определяемая точка не находилась вблизи окружности, проходящей через три исходных пункта.

Комбинированные засечки должны строиться сочетанием прямых и обратных засечек с использованием не менее трех исходных пунктов.

При создании съемочной геодезической сети могут быть использованы: метод определения двух точек по двум исходным пунктам (Задача Ганзена) и линейные засечки с трех и более исходных пунктов.

Техническое нивелирование

Техническим нивелированием должны определяться высоты точек съемочной сети, а также пунктов триангуляции (трилатерации) и полигонометрии, высоты которых не определены нивелированием III-IV классов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

При построении высотной съемочной сети, в случае отсутствия на участке инженерных изысканий реперов и марок государственной нивелирной сети, ходы технического нивелирования должны закрепляться нивелирными знаками из расчета не менее двух на участок работ и не реже чем через 3 км один от другого.

Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки должны приниматься по табл. 12.

Таблица 12 - Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки

Ходы технического нивелирования	Предельная длина хода, км, при высоте сечения рельефа, м		
	0,25	0,5	1 и более
Между двумя исходными реперами (марками)	2	8	16
Между исходным пунктом и узловой точкой	1,5	6	12
Между двумя узловыми точками	1	4	8

Техническое нивелирование следует выполнять нивелирами (типа 3Н-5Л, 2Н-10КЛ или им равноточными), а также теодолитами с компенсаторами (типа Т15МКП и др.) или уровнем при трубе, с отсчетом по средней нити по двум сторонам рейки.

Расхождения между значениями превышений, полученными на станции по двум сторонам реек, не должен быть более 5 мм.

Расстояние от инструмента до мест установки реек должны быть по возможности равными и не превышать 150 м.

Невязка хода технического нивелирования или полигона не должна превышать величины $50\sqrt{L}$, мм, где L - длина хода, км.

При числе станций на 1 км хода более 25 невязка хода нивелирования или полигона не должна превышать величины $10\sqrt{n}$, мм, где n - число станций в ходе.

Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование следует применять для определения высот точек съемочной геодезической сети при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 2 и 5 м, а на всхолмленной и пересеченной местности - через 1 м.

В качестве исходных для тригонометрического нивелирования должны использоваться пункты, высоты которых определены методом геометрического нивелирования. В горных районах допускается использовать в качестве исходных пункты государственной или опорной геодезической сети, высоты которых определены тригонометрическим нивелированием.

Длина ходов тригонометрического нивелирования не должна превышать при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 1, 2 и 5 м соответственно 2, 6 и 12 км.

Тригонометрическое нивелирование точек съемочной сети должно производиться в прямом или обратном направлениях с измерением вертикальных углов теодолитом по средней нити одним приемом при двух положениях вертикального круга.

Допускается приложение висячих ходов тригонометрического нивелирования длиной, не более указанной в п. 5.27, с измерением вертикальных углов в одном направлении по трем нитям при двух положениях вертикального круга. Колебание «места нуля» на станции не должно превышать 1. Высоты инструмента и визирных целей следует измерять с точностью до 1 см.

Расхождение между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии при тригонометрическом нивелировании не должно быть более 0,04S, м, где S - длина линии, выраженная в сотнях метров.

Допустимые невязки в ходах и замкнутых полигонах тригонометрического нивелирования не должны превышать величины

$\frac{0,04S}{\sqrt{n}}$, см,

где S - длина хода в метрах, а n - число линий в ходе или полигоне.

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не ре-

же чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными и железобетонными столбами, металлическими уголками и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;

по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

На мостовых переходах через большие реки следует устанавливать постоянные реперы на обоих берегах реки.

Геодезические пункты, закрепленные постоянными знаками (грунтовыми и стенными реперами, марками и др.), и долговременно закрепленные точки съемочных сетей подлежат учету и сдаче для наблюдения за их сохранностью заказчику и органам архитектуры и градостроительства в установленном порядке.

Обработка результатов полевых измерений при создании (развитии) съемочной геодезической сети производится на ПЭВМ или на основе использования других средств вычислительной техники. Уравнивание съемочной сети производится упрощенными способами при условии отсутствия ходов более 2-го порядка.

Висячие ходы разрешается вычислять с пунктов опорных (государственных) геодезических сетей и точек съемочных сетей после их уравнивания. При этом в съемочных сетях значения углов следует вычислять до 0.1’, а координат - до 0,01 м. Значения высот точек в ходах технического нивелирования должны вычисляться до 0,001 м и в ходах тригонометрического нивелирования - до 0,01 м.

В результате выполнения инженерно-геодезических изысканий по созданию геодезической основы должны быть представлены:

- ведомости обследования исходных геодезических пунктов (марок, реперов и др.);
- схемы планово-высотных геодезических сетей с указанием привязок к исходным пунктам;
- материалы вычислений, уравнивания и оценки точности, ведомости (каталоги) координат и высот геодезических пунктов, нивелирных знаков и точек, закрепленных постоянными знаками;
- данные о метрологической аттестации средств измерений (исследований, поверок и эталонирования приборов, компарирования реек и мерных приборов и т.д.);

- акты о сдаче геодезических пунктов и точек геодезических сетей, закрепленных постоянными знаками, на наблюдение за их сохранностью;
- акты полевого (камерального) контроля.

По опорной геодезической сети дополнительно представляются:

- карточки установленных постоянных геодезических знаков и центров;
- журналы измерения направлений (углов), сводки измеренных направлений и листы графического определения элементов приведения;
- абрисы геодезических пунктов, привязанных к постоянным предметам местности;
- абрисы нивелирных знаков (марок, стенных и грунтовых реперов);
- журналы измерения базисов и длин линий, материалы по определению их высот;
- журналы нивелирования;
- ведомости превышений.

По планово-высотной съемочной геодезической сети дополнительно представляются:

- абрисы точек, закрепленных постоянными знаками, и точек постоянного съемочного обоснования;
- журналы измерения углов и линий, технического и тригонометрического нивелирования.

Примечание

Результаты выполненных геодезических измерений могут быть представлены в виде данных, полученных с регистрирующих устройств, спутниковой геодезической аппаратуры или других носителей информации.

8.1 Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства

Топографическая съемка местности при инженерно-геодезических изысканиях для строительства выполняется методами: горизонтальным, высотным (вертикальным), мензульным, тахеометрическим, нивелированием поверхности, наземным фототопографическим, стереотопографическим, комбинированным аэрофототопографическим, с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.), а также сочетанием различных методов.

Наименование	Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка	Мензульная съемка	Тахеометрическая съемка
Предельные расстояния, м, от прибора до четких контуров местности при измерении:			

Электронным тахеометром при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	1000
1:2000	750	-	750
1:1000	400	-	400
1:500	250	-	250
Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	250	-	250
1:1000	180	-	180
1:500	120	-	120
Нитяным дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	150	150
1:2000	100	100	100
1:1000	80	80	80
1:500	60	60	60
Оптическим дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	180	-	180
1:1000	120	-	120
1:500	80	-	80
Предельные расстояния, м, от прибора до нечетких контуров местности при измерении:			
Электронным тахеометром при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	1000
1:2000	1000	-	1000
1:1000	600	-	600
1:500	375	-	375
Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	370	-	370
1:1000	270	-	270
1:500	180	-	180
Нитяным дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	220-	220-
1:2000	150	150	150
1:1000	120	120	120
1:500	90	90	90
Оптическим дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	270	-	270
1:1000	180	-	180
1:500	120	-	120
Предельные расстояния, м, от прибора до рейки при съемке рельефа и измерении длин линий нитяным дальномером:			
в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	-	250	250
1,0	-	300	300
2,0	-	350	350
5,0	-	350	350
в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	200	200	200

1,0	250	250	250
2,0	250	250	250
в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	150	150	150
1,0	200	200	200
в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	100	100	100
1,0	150	150	150
Предельные расстояние между пикетами, м, съемке:			
в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	-	70	60
1,0	-	100	80
2,0	-	120	100
5,0	-	150	120
в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	40	50	40
1,0	50	60	50
2,0	60	70	60
в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	20	30	20
1,0	30	40	30
в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	15	20	15
1,0	20	30	20
Предельные длины съемочных ходов (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	1000	1200
1:2000	-	500	600
1:1000	-	250	300
1:500	-	200	200
Предельные число линий в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	5	6
1:2000	-	5	5
1:1000	-	3	3
1:500	-	2	2
Предельные длины сторон в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	250	300
1:2000	-	200	200
1:1000	-	100	150
1:500	-	100	100
Предельная длина направления засечки, м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	600	-
1:2000	50	300	-
1:1000	50	150	-
1:500	50	-	-
Погрешность центрирования, см, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	25	1

1:2000	-	10	1
1:1000	-	5	1
1:500	-	5	1
Длины перпендикуляров, м, (без эккера /с эккером при съемке в масштабах:			
1:2000	8/60	-	-
1:1000	6/40	-	-
1:500	4/20	-	-
Предельные невязки съемочных (тахеометрических и мензульных) ходов:			
по высоте, см	-	$\frac{0{,}04S}{\sqrt{n}}$	$\frac{0{,}04S}{\sqrt{n}}$
в плане,м	-	-	$\frac{S}{400\sqrt{n}}$

Обозначения: S - длина хода в м, *n* - число линий в ходе

Примечания

1. Съемка в масштабе 1:500 основных углов капитальных зданий (сооружений) с измерением расстояний нитяным дальномером не допускается

2. Допускается проложение висячих ходов с двумя переходными точками от аналитически определенных пунктов (точек) при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 и с одной переходной точкой при съемке в масштабах 1:1000 и 1:500.

Инженерно-топографические планы при изысканиях для разработки градостроительной и проектной документации для строительства крупных промышленных предприятий, железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов следует составлять, как правило, аэрофототопографическим методом по материалам аэрофотосъемки.

Наземную топографическую съемку следует производить в случаях, когда применение аэрофотосъемки экономически нецелесообразно, ее выполнение не представляется возможным или аэрофототопографический метод не обеспечивает требуемой точности составления планов.

При изысканиях для строительства железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов наземная топографическая съемка выполняется, как правило, на площадках и в местах переходов и пересечений этих линейных сооружений.

Инженерно-топографические планы могут быть представлены в графическом или цифровом видах (цифровой инженерно-топографический план).

В соответствии с техническим заданием заказчика результаты топографических съемок могут быть представлены в виде топографо-геодезических материалов для составления градостроительного кадастра (СНиП 14-01-96) и других кадастров, банков инженерно-геодезических данных, а также в виде геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий соответствующего уровня.

Инженерно-топографические планы создаются на копиях (репродукциях) с фотопланов, изготовленных на жесткой основе; на малодеформируемых пластиках; на чертежной бумаге, наклеенной на жесткую основу.

Планы-оригиналы одноразового пользования небольших (до 1 км^2) изолированных участков и узких полос на незастроенной территории допускается составлять на чертежной бумаге.

Цифровые инженерно-топографические планы создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем оцифровки графического изображения планов и последующей векторизации растровых файлов, полученных после сканирования планов.

Точность цифрового инженерно-топографического плана должна быть не ниже точности инженерно-топографического плана в графическом виде соответствующего масштаба. Информация цифрового инженерно-топографического плана должна соответствовать действующим условным знакам для топографических планов (п. 5.8 СНиП 11-02-96).

При создании цифровых инженерно-топографических планов и карт, банков инженерно-геодезических данных, геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, а также при других процессах автоматизированной обработки результатов инженерно-геодезических изысканий должны использоваться утвержденные в установленном порядке классификаторы единой системы классификации и кодирования топографической и картографической информации - «Классификатор топографической информации. (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» и др.

Номенклатура листов инженерно-топографических планов должна устанавливаться в программе изысканий. На территории существующих населенных пунктов и действующих предприятий принятая разграфка и номенклатура листов планов должны быть сохранены, если они не противоречат единой разграфке планов населенного пункта (поселения).

При создании инженерно-топографических планов участков местности площадью до 20 км^2, как правило, применяется квадратная разграфка с рамками размерами 40×40 см для листов планов в масштабе 1:5000 и 50×50 см для листов планов в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения топографической съемки должны быть представлены:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
- журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
- абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы (п. 5.188);
- акты полевого приемочного контроля.
- Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензульной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензульной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

8.4 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка применяется для съемки небольших и узких полос местности.

При выполнении тахеометрической съемки для сокращения продолжительности полевых и камеральных работ следует использовать электронные тахеометры с регистрацией и накоплением результатов измерений.

Тахеометрическая съемка выполняется с пунктов (точек) съемочного обоснования. Сгущение съемочного обоснования допускается выполнять проложением тахеометрических ходов, графическими прямыми и комбинированными засечками с числом направлений не менее трех.

По окончании работы на станции следует контролировать ориентирование лимба теодолита. Отклонение от первоначального ориентирования не должно быть более 1,5'.

На каждой станции должен составляться абрис, в котором следует показывать пикеты, ситуацию, а также структурные линии рельефа местности (тальвеги, водоразделы и др.), направление скатов.

Планы тахеометрической съемки должны приниматься в полевых условиях с оформлением актов контроля и приемки работ.

8.5 Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий

Горизонтальная съемка застроенных территорий в масштабах 1:2000 - 1: 500 выполняется самостоятельности или в сочетании с высотной съемкой.

Горизонтальная съемка выполняется способами: полярным, створов, графоаналитическим, засечек, перпендикуляров (абсцисс и ординат), стереотопографическим.

При всех способах горизонтальной съемки должны составляться абрисы, производиться обмеры контуров зданий (сооружений) и измеряться контрольные связки между ними.

Съемка застроенной территории должна производиться с пунктов (точек) опорной и съемочной геодезических сетей (приложение Г).

Производить съемку с точек мензульных ходов не разрешается.

Створные точки, определяемые от пунктов и точек геодезической основы, должны определяться с точностью не менее 1:2000.

При использовании способа засечек допускаются углы в пределах от 30° до 150°.

Измерение горизонтальных углов при съемке следует выполнять теодолитом при одном положении вертикального круга со средней погрешностью не более 1' и с контролем ориентирования лимба на станции, расхождение от первоначального ориентирования допускается не более 1,5'.

Накладка контуров капитальных зданий (сооружений) с помощью транспортира допускается при величине полярных расстояний до 6 см в масштабе плана. При полярных расстояниях, превышающих указанную величину, накладка таких контуров на план должна производиться по координатам.

При графоаналитическом способе съемки углы кварталов и капитальные здания (сооружения), опоры, колодцы, центры стрелочных переводов должны наноситься на план по координатам, определенным с пунктов планового съемочного обоснования, и данным обмеров контуров зданий (сооружений). Съемку прочих элементов ситуации допускается производить методом мензульной или тахеометрической съемки.

Высоты люков колодцев подземных сооружений и верха труб на дорогах, урезов воды в водоемах (водотоках), полов в капитальных зданиях (по дополнительному заданию) должны определяться геометрическим нивелированием по двум сторонам рейки или тригонометрическим нивелированием при двух положениях вертикального круга. Расхождение между превышениями не должны быть более 2 см. Высоты других пикетов следует определять по одной стороне рейки (при одном положении вертикального круга в случае тригонометрического нивелирования), при расстояниях до пикетов более 250 м следует вводить поправки за кривизну земной поверхности и рефракцию.

На улицах (проездах) поперечные профили должны измеряться через 40, 60, 100 м (в зависимости от масштаба планов), а также в местах перегиба рельефа и по осям пересекающихся улиц (проездов).

При нивелировании поперечных профилей должны быть определены высоты у фасадной линии, бровки тротуара (бордюрного камня), оси улицы (проезда), бровки и дна кюветов, а также других характерных точек рельефа.

Расстояние между нивелирными точками на поперечных профилях не должны превышать 40 м на планах и в масштабе 1:2000 и 20 м - 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения аэрофотосъемки дополнительно (п. 5.74) следует представлять:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
- журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
- абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы;
- акты полевого приемочного контроля.

Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензульной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензульной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

Результаты выполненной топографической съемки, контроля и приемки работ должны включаться в состав технического отчета в соответствии с требованиями п. 5.13 СНиП 11-02-96.

Обновление топографических планов (корректура)

При обновлении инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) и кадастровых планов должна выполняться топографическая съемка вновь появившихся контуров, элементов ситуации, зданий и сооружений (подземных, наземных и надземных) и рельефа местности в местах их изменений.

На участках местности, где общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35 %, топографическая съемка должна производиться заново.

Инженерно-топографические планы, составленные по материалам съемки при высоте снежного покрова более 20 см, подлежат обновлению.

Обновление инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) планов и банков инженерно-геодезических данных должно осуществляться на основе использования:

- государственных фондов Роскартографии, государственных территориальных фондов материалов инженерных изысканий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления, государственного ведомственного фонда материалов

комплексных инженерных изысканий Госстроя России, а также фондов материалов других министерств и ведомств;

- материалов и данных геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий;
- материалов и данных государственных кадастров;
- топографо-геодезических материалов предприятий и организаций - оригиналы и копии планов, их формуляры, каталоги координат и высот закрепленных на местности пунктов (постоянных точек) геодезической основы, исполнительные чертежи и планы законченных строительных объектов, профили;
- материалов контрольных геодезических съемок законченных строительством объектов и коммуникаций.

При обновлении планов съемочным плановым обоснованием должны служить пункты существующей опорной геодезической сети, точки постоянного съемочного обоснования, четкие контуры и предметы-ориентиры, а высотным обоснованием - нивелирные знаки и твердые контуры (колодцы, цоколи зданий и т.п.), имеющие высотные отметки.

Съемка вновь появившихся объектов (контуров) и изменений рельефа, а также оформление полевых и камеральных материалов должны производиться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к наземной топографической съемке.

9 СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ И НАДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

На инженерно-топографические планы должны наноситься все существующие подземные и надземные сооружения (коммуникации).

В случае отсутствия планов подземных и надземных сооружений (коммуникаций), исполнительных чертежей, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и других материалов или их недостаточной полноте или точности должна выполняться съемка и обследование подземных и надземных сооружений методами, применяемыми при горизонтальной и высотной съемке застроенных территорий.

Примечание

Подземные, надземные линейные сооружения, предназначенные для транспортировки жидкостей и газов, передачи энергии и информации, относятся к инженерным коммуникациям.

Съемка подземных и надземных сооружений должна производиться с учетом требований пп. 5.7-5.10, 5.12 СНиП 11-02-96.

Составление эскизов опор, определение напряжения и числа проводников в линиях электропередачи и связи, марки проводов и кабелей, ведомственной принадлежности коммуникаций, габаритов и номеров опор, расположения прокладок на опорах, высоты опор и эстакад, видов прокла-

док на них, высот проводов и кабелей между опорами выполняются по дополнительному заданию заказчика.

Работы по съемке и обследованию существующих подземных сооружений включают:

- сбор и анализ имеющихся материалов о подземных сооружениях (исполнительных чертежей, инженерно-топографических и кадастровых планов, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и др.)
- рекогносцировочное обследование (отыскание на местности сооружений, определение назначения и участков для поиска прокладок с помощью трубокабелеискателей);
- обследование и (или) детальное обследование подземных сооружений в колодцах (шурфах);
- поиск и съемка подземных сооружений, не имеющих выходов на поверхность земли;
- плановая и высотная (нивелирование) съемки выходов подземных сооружений на поверхность земли;
- составление плана и при необходимости схемы сетей подземных сооружений с их техническими характеристиками;
- согласование полноты плана подземных сооружений и технических характеристик сетей, нанесенных на план, с эксплуатирующими организациями.

До начала полевых работ по съемке существующих подземных сооружений должны быть собраны:

- исполнительные чертежи;
- инженерно-топографические планы;
- материалы исполнительной и контрольной геодезических съемок, а также материалы (планы) градостроительного кадастра;
- проектные, инвентаризационные и другие материалы и данные о наличии, технических характеристиках и планово-высотном положении подземных сооружений.

На основе анализа собранных материалов должна быть установлена возможность их использования в намечаемых работах, а также определены предварительные объемы съемки подземных сооружений.

Рекогносцировочное обследование местности должно проводиться для отыскания на ней по внешним признакам местоположения и назначения подземных сооружений, а также определения участков трубопроводов и кабелей для поиска с помощью трубокабелеискателей.

Координирование выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений на застроенной территории должно производиться по дополнительному заданию заказчика.

Расположение углов поворота и других скрытых точек подземных сооружений, а также глубина их заложения должны определяться с помощью трубокабелеискателей, а в случае невозможности их использования применяется шурфование.

При обследовании подземных и надземных сооружений должны быть определены следующие их элементы и технические характеристики:

- по водопроводу
- материал и наружный диаметр труб;
- назначение (хозяйственно-питьевой, производственный);
- по канализации
- характеристика сети (напорная, самотечная);
- назначение (бытовая, производственная, дождевая);
- материал и диаметр труб (внутренний для самотечных и наружный для напорных сетей);
- по теплосети
- тип прокладки (канальная или бесканальная);
- тип канала (проходной, полупроходной, непроходной);
- материал и внутренние размеры канала;
- количество и наружный диаметр труб;
- по газопроводу
- наружный диаметр и материал труб;
- давление газа (низкое, среднее, высокое);
- по кабельным сетям
- напряжение электрических кабелей (высоковольтные 6 кВ и выше, низковольтные);
- направление (номера трансформаторных подстанций) для высоковольтных кабелей;
- условия прокладки (в канализации, в коллекторах, бронированный кабель);
- принадлежность кабелей связи;
- количество отверстий в телефонной канализации;
- материал и размеры распределительных пунктов, трансформаторных подстанций, телефонных шкафов и коробок;
- по подземному дренажу
- материал и наружный диаметр труб;
- поперечное сечение галерейных дрен, глухих коллекторов (по дополнительному заданию заказчика).

При обследовании в колодцах (шурфах) должно быть определено назначение инженерных коммуникаций, диаметр и материал труб, материал и тип каналов, число кабелей (также труб при кабельной канализации),

направление стока в самотечных трубопроводах, направления на смежные колодцы (камеры) и вводы в здания (сооружения) с составлением схемы.

Габариты колодцев (камер) надлежит отражать в масштабе плана, если площадь колодцев (камер) составляет в натуре не менее 4 $м^2$ при съемке в масштабе 1:500 и 9 $м^2$ - в масштабе 1:1000.

Плановое положение прокладок, размещенных в колодцах (камерах) указанных размеров, определяется относительно проекции центра люка.

При съемках в масштабах 1:2000 и 1:5000 обмер габаритов колодцев (камер), а также привязка размещенных в них коммуникаций не выполняются.

Детальное обследование колодцев (камер), выполняемое по дополнительным требованиям заказчика, кроме работ, указанных в п. 5.181, должно включать:

- обмеры габаритов и определение материалов колодцев (камер) и каналов;
- обмеры конструктивных элементов трубопроводов и их фасонных частей;
- определение взаимного местоположения вводов, выпусков и присоединений прокладок, составление эскизов по основным сечениям этих сооружений.

Нивелирование подземных сооружений включает определение высот обечаек (верха чугунного кольца люка колодца), земли или мощения у колодца, а также высот, расположенных в колодце труб, кабелей, каналов (промерами от обечайки с отсчетом до 1 см).

В колодцах (камерах) подлежат нивелированию:

- в самотечных сетях - дно лотка;
- в перепадных колодцах, дополнительно - низ входящей трубы;
- в колодцах-отстойниках - дно колодца, низ входящей и выходящей труб;
- в напорных трубопроводах - верх труб;
- в каналах коллекторах - верх низ каналов (коллекторов);
- в кабельных сетях - место пересечения кабеля со стенками колодца, верх и низ пакета (блока) при кабельной канализации.

Съемка точек подземных коммуникаций, отыскиваемых с помощью трубокабелеискателей, на прямолинейных участках должна производиться, как правило, через 20, 30, 50 и 100 м соответственно для масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

Глубина заложения безколодезных прокладок должна определяться на углах поворота, в точках резкого излома рельефа, но не реже чем через 10 см в масштабе съемки.

Определение глубины заложения прокладок с помощью трубокабелеискателей должно выполняться дважды. Расхождения между результатами измерений не должны превышать 15 %.

В зависимости от насыщенности подземными и надземными сооружениями инженерно-топографические планы разрешается составлять совмещенными с изображением на одном листе плана ситуации, рельефа и подземных (надземных) сооружений, планы отдельных подземных надземных сооружений, групп их и др. Необходимость составления совмещенных или раздельных планов подземных (надземных) сооружений должна устанавливаться в техническом задании заказчика.

В результате выполнения съемки подземных и надземных сооружений дополнительно (п. 5.74) должны быть представлены:

- журналы детального обследования наземных и подземных сооружений;
- журналы технического нивелирования;
- эскизы опор и колодцев (камер) при их детальном обследовании;
- планы надземных и подземных сооружений, согласованные с эксплуатирующими организациями;
- каталоги координат выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений.

10 СЪЕМКА ВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Русловые съемки (подробные и облегченные), включающие съемку подводного рельефа и береговой полосы, выполняются с соблюдением требований, предъявляемых к топографическим съемкам суши и промерам глубин. При русловой съемке подлежат отображению на планах русловые образования (острова, побочни, косы и осередки), протоки, ручьи, участки размываемого берега и промоины.

Русловые облегченные съемки выполняются с точностью смежного более мелкого масштаба.

Съемки русел рек при подробных и облегченных русловых съемках выполняются, как правило, в масштабах 1:10000-1:2000.

Ширина береговой полосы русловых съемок устанавливается в техническом задании заказчика исходя из цели съемки и ее назначения в зависимости от конкретных условий местности. Ширина береговой полосы должна, как правило, составлять по каждому берегу (считая от меженной бровки) для масштабов: 1:2000-100 м, 1:5000-150 м и 10000-200 м.

Промеры глубин характеризуются подробностью и способами: проложения галсов, определения мест на галсах, измерения глубин.

Промеры глубин следует производить по галсам, пересекающим водоем (водоток), как правило, нормально к общему направлению изобат и расположенным на определенном расстоянии друг от друга.

Для контроля выполняются промеры по продольным галсам, пересекающим основные галсы под углом в пределах 30°-150°.

По подробности промеры глубин подразделяют на специальные, подробные и облегченные.

Каждый из этих видов промеров характеризуется частотой галсов и измеренных глубин на них, а также масштабом оформления плана. Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана следует принимать в соответствии с табл. 13.

Таблица 13 - Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана

Подробность промеров глубин	Масштаб плана	Расстояние, м			
		между галсами при рельефе дна		между промерными точками при рельефе дна	
		сложном	спокойном	сложном	спокойном
Специальные	1:500	5	10	2	2
	1:1000	10	20	5	10
Подробные	1:2000	20	40	10	20
	1:5000	50	100	20	30
	1:10000	100	200	30	40
Облегченные	1:2000	40	60	10	20
	1:5000	100	150	20	30
	1:10000	200	300	30	40

Подводный рельеф на планах изображается изобатами или горизонталями.

Планы составляются в изобатах в тех случаях, когда они предназначаются для проектирования мероприятий, непосредственно связанных с эксплуатацией акваторий, и на них должны быть показаны глубины.

Для проектирования объектов строительства, сопряженных с берегом, рельеф дна на планах акваторий изображается, как правило, горизонталями.

Высота сечения рельефа дна при изображении его горизонталями (изобатами) в зависимости от подробности промера, масштаба плана и сложности рельефа принимается равной 0,5 или 1 м.

Галсы при промерах глубин прокладывают: по береговым створам, фотогалсам и навигационным приборам, маятниковым методом.

В том случае, когда проектируемые береговые створы служат в качестве одной из линий положения, разбивка их на местности должна производиться от точек съемочной сети или промером магистрали, которая прокладывается параллельно линии берега с относительной погрешностью не

ниже 1:1000. Если створы предназначены только для ориентировки на галсе, разбивку их на местности можно выполнять упрощенным способом.

При проложении фотогалсов их привязка осуществляется к контурным точкам, опознаваемым в натуре и на фотоснимках.

По способам определения планового положения промежуточных точек промеры глубин подразделяются на следующие виды:

- без инструментальных засечек;
- с инструментальными засечками;
- по непосредственно разбитым в натуре промерным точкам;
- с применением радиогеодезических и спутниковых геодезических систем.

При промерах глубин без инструментальных засечек измеренные глубины разносятся на плане исходя из условия, что движение катера при промере было равномерным. Этот вид промеров применяется на небольших реках и закрытых водоемах, при наличии фотоплана или топографического плана, и длине галсов, не превышающей 4 см в масштабе плана, но не более 200 м на местности.

Промеры глубин с инструментальными засечками выполняются с применением следующих основных способах координирования:

- по створу и прямым засечками с берега одним инструментом;
- прямыми засечками с берега двумя инструментами;
- по створу и обратными засечками одним секстантом;
- обратными засечками двумя секстантами.

К промерам глубин способом непосредственной разбивки в натуре промерных точек относятся промеры по размеченному тросу и промеры со льда.

Промеры глубин с применением радиогеодезических систем и спутниковых систем осуществляются на базе автоматизированных гидрографических комплексов, позволяющих выполнить весь состав инженерно-гидрографических работ, включая составление рабочего планшета.

Средняя погрешность определения планового положения промерных точек а масштабе плана относительно ближайших точек съемочной геодезической сети при промерах глубин на реках, внутренних водоемах и других акваториях не должна превышать допусков, установленных п. 5.9 СНиП 11-02-96.

Дополнительные требования к промерам глубин и способам определения положения промерных точек при инженерно-гидрографических работах следует устанавливать в программе изысканий.

Промеры глубин выполняются эхолотами, наметкой или ручным лотом, механическим лотом.

Отсчеты при измерениях глубин должны производиться с точностью не менее 0,1 м при глубинах до 10 м; 0,2 м при глубинах от 10 до 20 м и 0,5 м при глубинах свыше 20 м.

В комплекс работ по высотному обоснованию промеров глубин входят:

- установка и нивелирование реперов;
- устройство водомерных постов и наблюдения за уровнем воды;
- мгновенная или однодневная связка уровней воды;
- нивелирование по рабочим уровням воды.

На участках рек и зон выклинивания водохранилищ, для которых планы составляются в изобатах, выполняются: нивелирование по рабочим уровням воды и однодневная или многодневная связка уровней воды.

На участках рек, для которых планы составляются в горизонталях, а также на озерах и водохранилищах выполняется нивелирование по рабочим уровням воды.

Нивелирование по рабочим уровням воды, от которых измеряются глубины, выполняется одиночными ходами IV класса, опирающимися на реперы высотной опорной геодезической сети. Определение уровней воды в отдельных точках выполняется двойными висячими ходами (шлейфами) нивелирования IV класса или технического нивелирования. Привязка уровней воды производится у каждого галса или через несколько галсов (но реже, чем через 1 км) при условии, что падение уровней поверхности между привязанными галсами было равномерным и не превышало 10 см.

При производстве однодневной связки высотные отметки урезов воды определяются во всех точках излома водной поверхности, положение которых зафиксировано постоянными и временными реперами (ТОС).

При выполнении промеров глубин в прибрежной зоне морей погрешность передачи теоретического нуля глубин (ТНГ) от постоянного уровенного поста на временный не должна превышать 5 см.

Обнаружение подводных препятствий, представляющих опасность для судоходства, производится гидрографическим тралением. Гидрографическое траление допускается выполнять жестким тралом, высокочастотным каналом эхолота, гидролокатором бокового обзора (ГБО).

Обследование подводных препятствий производится:

- сгущением галсов до частоты, обеспечивающей детальное определение контура мели или банки и выявление минимальных глубин на них;
- проложением специальных галсов, перпендикулярны основным.

Работы по трассированию судовых ходов и съемке створных площадок включают:

- вынос и закрепление на местности оси трассы, створа и границ судового хода и створных площадок;

- разбивку и нивелирование пикетажа по оси судового хода и створа с последующим составлением продольного профиля;
- съемку полосы трассы и створных площадок.

В результате выполнения инженерно-гидрографических работ должны быть представлены:

- материалы по созданию опорной и съемочной геодезических сетей;
- журналы прибрежной топографической и русловой съемок;
- журналы промеров глубин или эхограммы;
- материалы по плановому определению промерных точек на галсах;
- материалы нивелирования водной поверхности (однодневных и мгновенных связок);
- продольные профили водной поверхности;
- инженерно-топографические планы (русел рек, акваторий и прибрежной части) а горизонталях или изобатах;
- материалы гидрографического траления и обследования подводных препятствий;
- материалы инженерно-гидрографических работ по судоходным трассам и створным площадкам.

11 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

При изысканиях новых трасс линейных сооружений, как правило, выполняются:

- анализ и доработка материалов, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;
- рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений;
- полевое трассирование (вынос трассы в натуру);
- планово-высотная привязка трассы к пунктам государственной (опорной) геодезической сети;
- топографическая съемка полосы местности вдоль трассы (съемка текущих изменений при наличии планов) в масштабах 1:1000-1:500;
- съемка переходов, пересечений инженерных коммуникаций, выявление и нанесение на инженерно-топографические планы и другие топографические материалы участков проявления карста;
- составление инженерно-топографических планов;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

По трассам магистральных трубопроводов (прокладываемых в несложных условиях), электрических кабелей 6-20 кВ, кабелей связи, ЛЭП выполняется съемка ситуации.

Под карьеры грунтовых строительных материалов выполняется топографическая съемка площадок их разработки.

При изысканиях для расширения (реконструкции) существующих линейных сооружений следует выполнять:

- съемку плана сооружений и координирование их основных элементов;
- съемку поперечных и продольных профилей (при необходимости для уточнения положения трассы);
- составление топографических планов;
- полевое трассирование трасс сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

11.1 Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений

Рекогносцировочное обследование выполняется в зависимости от состава материалов, которыми располагает изыскатель к моменту начала работ. Обычно это материалы, подготовленные на этапе составления акта выбора трассы, камерального трассирования по картам или результаты камеральной укладки трассы на полосе маршрутной съемки, составленной на основе проложения магистрального хода.

Перед началом работ вместе с представителем эксплуатационной службы заказчика пройти (проехать) по маршруту намечаемой трассы. При рекогносцировке определяется оптимальный вариант прохождения трассы относительно инженерных сооружений, дорог, естественных преград, коридоров коммуникаций и т.д. в соответствии с требованиями настоящих строительных норм и правил Российской Федерации, а также нормативно-технических документов Федеральной службы геодезии и картографии России.

По возможности необходимо провести подобную рекогносцировочную работу с представителями всех служб и владельцев существующих инженерных сооружений, выявленных на стадии ТЭО, а также при согласовании акта выбора прохождения трассы. Во время рекогносцировки необходимо максимально полно получить информацию о наличии, месторасположении, характеристиках инженерных сооружений, находящихся в введении той или иной службы.

Во время выезда с представителем заказчика уточняется на местности начало, конец трассы - точка отмыкания и примыкания, врезки и т.д.

На территориях нефтяных и газовых месторождений НГДУ нужно более плотно работать с маркшейдерской службой НГДУ, инженерным составом Производственного отдела НГДУ, мастерами ДНС, операторами, обходчиками. Так как они наиболее полно владеют информацией о наличии и месторасположении подземных коммуникаций.

В состав работ при полевом трассировании входят:

- - проложение теодолитных (тахеометрических) ходов по оси трассы, разбивка и ведение пикетажа с разбивкой горизонтальных кривых;

- - нивелирование трассы и установка реперов;
- - съемка поперечников на пикетных и всех плюсовых (переломных) точках, съемка поперечных профилей по осям водопропускных труб;
- - закрепление трассы (углов поворота и створных точек, мостовых переходов и др.).

На территории населенных пунктов и промышленных предприятий вместо полевого трассирования должна выполняться крупномасштабная топографическая съемка полосы местности по выбранной трассе с последующей камеральной укладкой трассы по материалам съемки в существующих системах координат и высот.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 м на незастроенных территориях, а для застроенных территорий должна ограничиваться шириной проезда (улицы). Для существующих железных дорог ширина полосы съемки ограничивается, как правило, полосой отвода железной дороги. На участках пересечений и сближений трасс с существующими коммуникациями и другими сооружениями ширину полосы съемки следует принимать с учетом обеспечения требований проектирования по их переустройству и переносу.

11.1Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений

В данной главе под линейными сооружениями подразумеваются железные и автомобильные дороги, главное требование к которым заключается в обеспечении безопасности и равномерности движения с заданными уклонами, радиусами поворота и скоростями следования. В связи с этим строительными нормами и правилами (СНиП) строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривых всех видов постоянных дорог.

Существуют и другие виды линейных сооружений (например, линии электропередач, теплотрассы, канализации), к которым предъявляются свои специфические требования. Однако многие вопросы, касающиеся инженерных изысканий, геодезических разбивок и съемок имеют общий характер.

Трассировочные работы (трассирование) являются одним из видов инженерно-геодезических изысканий и служат для выбора наиболее оптимального положения на местности трассы и отвечающие всем требованиям технических условий на ее проектирование. Независимо от характера линейного сооружения и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности и не нарушать природного рельефа. По возможности трассу располагают на землях, имеющих наименьшую ценность для сельского хозяйства.

Трассой называют главную ось проектируемого линейного сооружения значительной протяженности. Ось наносится на топографическую карту, задается координатами основных точек и обозначается на местности.

Основными элементами трассы являются план и продольный профиль (вертикальный разрез по проектируемой линии).

План трассы представляет собой сложную линию, состоящую из прямолинейных участков различного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянных и переменных радиусов. Есть трассы, на которых закругления не проектируют, например, линии электропередач, канализаций. В этом случае трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

Продольный профиль трассы состоит из линий переменного уклона, сопрягаемыми обычно вертикальными круговыми кривыми. Для наглядности вертикальный масштаб разреза выполняют в 10 раз крупнее горизонтального. Чтобы наиболее полно охарактеризовать местность, на которой проектируется прокладка линейного сооружения, перпендикулярно трассе составляют поперечные профили.

По топографическим условиям расположения трассы различают долинные, водораздельные, косогорные, поперечно-водораздельные категории.

Долинная трасса проходит по надпойменной террасе долины, имеет обычно спокойный план и профиль, но пересекает большое число водотоков. В силу этого требует возведения дорогостоящих переходов.

Водораздельная трасса пересекает наиболее высокие отметки рельефа. В холмистой местности трассу приходится крайне усложнять, что уменьшает ее преимущество перед другими категориями. Однако в равнинных и среднепересеченных местностях она выгодно отличается по трудоемкости возведения в виду создания небольшого числа искусственных сооружений.

Косогорная трасса располагается на склонах возвышенностей. При ее проектировании со слабым уклоном создается извилистая в плане линия с большим количеством переходов. Эксплуатацию сооружения затрудняют возможные обвалы, осыпи и селевые потоки.

Поперечно-водораздельная трасса пересекает долины и водоразделы и в плане близка к прямой. В продольном же профиле часто встречаются предельные уклоны, что вынуждает строить сложные переходы.

На практике сочетают различные категории трасс путем технико-экономического сравнения возможных вариантов. Таким образом, основная задача трассирования линии на местности заключается в выборе оптимального варианта трассы, расположенной в благоприятных условиях и требующей на строительство и эксплуатацию минимальных затрат.

Трассирование в зависимости от стадии изысканий может быть камеральным или полевым.

Камеральное трассирование выполняют на стадии технического проекта с целью выбора основного направления и вариантов трассы. Для этого на топографической карте масштаба 1:500 000–1:100 000 (для трассы зна-

чительного протяжения) намечают начальный, конечный и промежуточный пункты. Получают так называемую воздушную линию, к которой стремятся приблизить проектируемую. Затем на картах масштаба 1:50 000 или 1:25 000 фиксируют и уточняют точки положения трассы, определяющие ее ось, при обходе или пересечении различного рода препятствий.

В зависимости от условий местности трассирование по топографической карте выполняют способом попыток или построением линии допустимого уклона.

Способ попыток применяют в условиях равнинной местности, положение трассы определяется, прежде всего, ситуацией, т.е. контурными препятствиями. В виду того, что средний уклон равнинного рельефа меньше допустимого в высотном отношении трассу намечают «вольным ходом», т.е. определяют проектную линию по характерным точкам местности вдоль намеченного направления. При этом в плане стремятся создать прямую трассу по заданному направлению. Тем не менее, в процессе трассирования обязательному обходу подлежат крупные населенные пункты, промышленные предприятия, аэродромы, заповедники и др., заставляющие отклонять трассу в ту или иную сторону. Происходит ее удлинение на каждом участке отклонения, которое может быть вычислено по формуле

$$\Delta L = \frac{AC - AB}{AB},$$

где φ – угол отклонения трассы; $AC = \frac{AB}{\cos\varphi}$,

тогда

$$\Delta L = \frac{1 - \cos\varphi}{\cos\varphi} .$$

Для получения наиболее короткой трассы в равнинных районах придерживаются следующих правил:

1. Трассу прокладывают по прямой линии от одного контурного препятствия к другому. Необходимость в отклонениях от прямолинейного направления и назначение углов поворота должна быть обоснована.
2. Вершину углов поворота выбирают против середины препятствия с таким расчетом, чтобы трасса огибала это препятствие.
3. Углы поворота трассы выдерживают в пределах не более 25–30º, чтобы ее удлинение было минимальным.

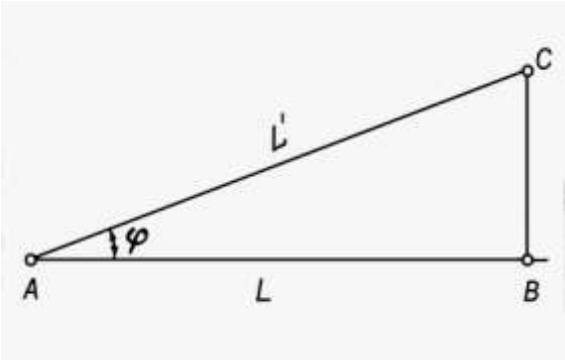


Рисунок 42 - Схема к расчету удлинения трассы

Способ линии предельно допустимого уклона применяется в горных условиях и местности со сложным рельефом. В этом случае по карте выбранного масштаба 1 : М и по высоте сечения рельефа h определяют величину заложения ℓ для уклона $i_{пр}$

$$\ell = \frac{h}{i_{пр}} \frac{1}{M}.$$

Например, для карты масштаба 1:25 000, при h = 5 м, $i_{пр}$ = 0,020

$$\ell = \frac{5000}{0{,}020} \frac{1}{25000} = 10\,мм.$$

По найденному значению ℓ на карте, выделяют участки вольного и напряженного ходов. На участке вольного хода (уклон местности $i_м$ меньше предельного $i_{пр}$) трассу намечают по кратчайшему направлению. На участках напряженного хода ($i_м$ больше $i_{пр}$) трассу намечают по предельно допустимому уклону. Например, из начальной точки *А* раствором циркуля, равным заложению ℓ, засекают соседнюю горизонталь (рис. 43). Из полученной точки *Б* этим же раствором циркуля вновь засекают уже следующую горизонталь, получая точку *В* и т.д. При пересечении оврагов и рек (на этой стадии трассирования) сразу переходят на другую сторону, не принимая во внимание переходы. На участках, где расстояние между горизонталями больше заложения ℓ, точки выбирают в необходимом направлении свободно (см. рис. 43, участок *ГД*).

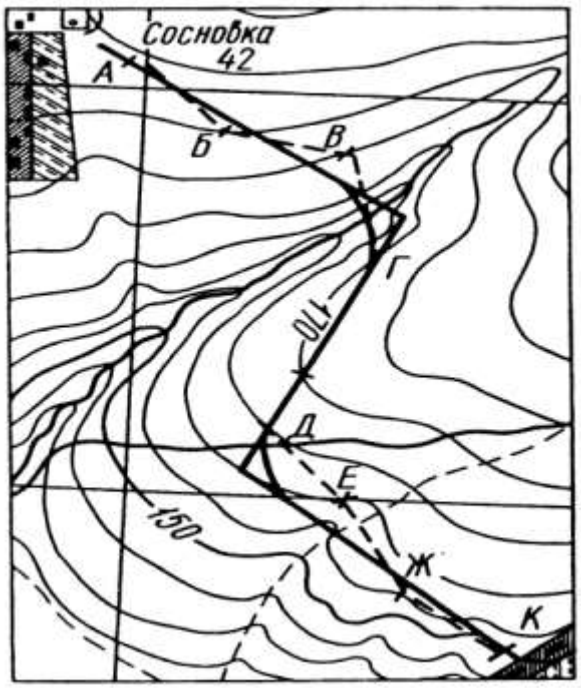


Рисунок 43 - Трассирование по заданному уклону

В результате на карте получают ломаную линию равных уклонов *А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *Ж*, *К* – линию нулевых работ, так как трассирование велось без учета насыпей и выемок. Линию нулевых работ заменяют участками более длинных прямых (спрямляют), вписывают кривые, разбивают пикеты, намечают характерные точки рельефа (плюсовые точки). Спрямление трассы ведет к появлению земляных работ.

Для построения профиля спрямленной трассы (черного профиля) отметки пикетов и плюсовых точек определяют интерполированием по горизонталям. Затем, руководствуясь техническими нормативами, проектируют профиль дороги и получают «красный профиль».

Полевое трассирование осуществляют на стадии рабочего проектирования, основой которого служат материалы камеральных изысканий, с целью определения наиболее оптимального положения трассы на местности. Основной состав этих изысканий включает:

- вынесение проекта трассы в натуру, ее уточнение и закрепление;
- определение фактических углов поворота линейного сооружения;
- линейные измерения и разбивку пикетажа;
- разбивку круговых кривых;
- установку грунтовых реперов и нивелирование трассы;
- топографическую съемку прилегающих к трассе полос местности;
- привязку трассы к пунктам геодезической основы;
- обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации.

Вынесение проекта трассы в натуру осуществляется, прежде всего, по подготовленным в камеральных условиях данным привязки углов вершин поворота к пунктам геодезической сети. Трассировочные работы на местности начинают с рекогносцировки, включающей выявление вблизи трассы существующих пунктов геодезической основы по мере продвижения изысканий. От найденных центров геодезической сети выносят в натуру положение исходных точек трассы известными способами. На этих точках устанавливают вехи, обследуют намеченные направления, смещают углы поворотов, если это необходимо, составляют продольный профиль. После проверки пригодности фактического профиля к строительным работам продолжают трассирование следующего участка.

Окончательно выбранное положение вершин углов поворота трассы закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами. Для обозначения трассы между углами поворота, через каждые 100–800 м устанавливают створные вехи по теодолиту.

Определение фактических углов поворота трассы выполняют путем проложения теодолитных ходов между закрепленными вершинами, с измерением правых углов, рис. 44. При повороте линии вправо, углы поворота определяют по формуле

$$\varphi_п = 180° - \beta_1,$$

при повороте трассы влево

$$\varphi_л = \beta_2 - 180°.$$

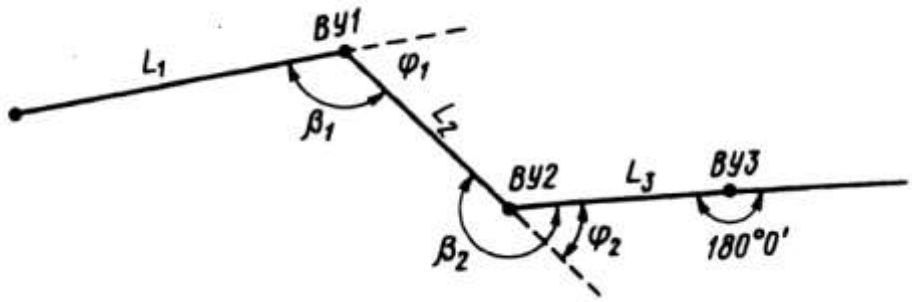


Рисунок 44 - Схема к определению углов поворота трассы

Линейные измерения и разбивку пикетажа производят в процессе проложения теодолитных ходов при определении расстояний между вершинами углов поворота и створными точками. По результатам этих измерений, наряду с плановой привязкой трассы к геодезическим пунктам, вычисляют координаты углов поворота. Определение расстояний осуществляют мерными лентами, оптическими, световыми и другими дальномерами с введением необходимых поправок в соответствии с инструкциями к приборам. Предельная ошибка измерений должна находится в пределах от 1:1 000 до 1:2 000 в зависимости от условий местности.

Разбивку пикетажа обычно выполняют мерными лентами или 50-метровыми рулетками через каждые 100 м. Кроме собственно пикетов, на местности отмечают дополнительные плюсовые точки. Ими могут быть места перегиба рельефа, пересечения трассы с водотоками, другими сооружениями. В процессе разбивки пикетов вводят поправку за наклон местности. Как правило, во избежание дополнительного измерения углов наклона, мерную ленту располагают горизонтально и проектируют конец отсчета на землю с помощью отвеса.

Разбивку круговых кривых производят через равные отрезки такой длины, при которой можно принимать полученную дугу за прямую линию. В качестве основной кривой, сопрягающей два прямых участка оси трассы дорог и каналов, применяют окружность определенного (допустимого по техническим условиям эксплуатации линейного сооружения) радиуса. К тому же расчет и разбивка круговой кривой на местности отличается наибольшей простотой.

Основными параметрами для расчета выноски части окружности в натуру служат угол поворота φ и радиус кривой R (рис. 45). Для определения на местности главных точек кривой необходимо знать ее основные элементы: $Т$ – тангенс (касательную), $Б$ – биссектрису, $К$ – длину кривой, $Д$ – домер. Вычисляют эти величины по формулам

$$T = Rtg\frac{\varphi}{2};\ K = \frac{R_{\phi}}{57{,}2958};\ Б = R(\sec\frac{\varphi}{2} - 1)\ ;\ Д = 2T - K\ .$$

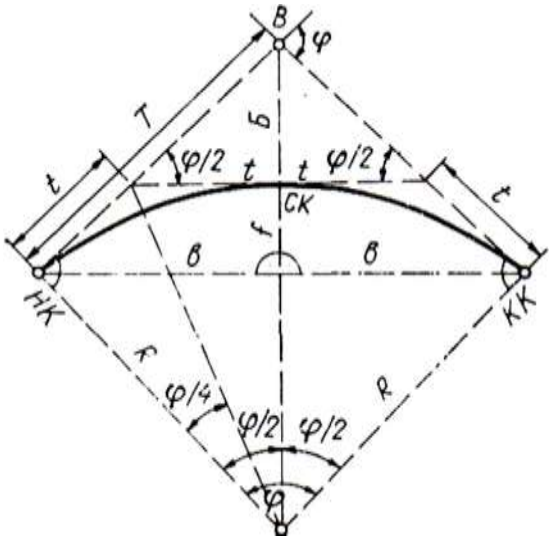


Рисунок 45 - Основные элементы круговой кривой

При разбивке кривой также пользуются готовыми таблицами, где вышеуказанные элементы даны для разных значений угла φ и радиуса R.

Тем не менее, главные точки круговой кривой не дают достаточного обозначения фрагмента окружности на местности. Так, при радиусе больше 500 м кривую разбивают через 20 м, при радиусе от 100 до 500 м – через 10 м. Для осуществления этой задачи используют несколько способов:

прямоугольных координат, линейно-угловой засечки, продолженных хорд, вписанного многоугольника и др. Наиболее распространенными являются первые три способа.

Способ прямоугольных координат применяется в открытой равнинной местности, является наиболее простым и точным. Каждая точка кривой определяется независимыми промерами и при переходе от одной точки к другой ошибка измерений не накапливается. В этом способе за ось абсцисс принимают касательную к окружности (линию тангенса), за начало координат – начало кривой (НК) в точке касания с линией тангенса или конец кривой (КК).

Работу начинают с вычисления центрального угла φ, задавшись величиной дуги *к* (например, 5, 10, 20 м), исходя из размера радиуса кривой

$$\varphi = \frac{360}{2\pi R}\kappa = \frac{180}{\pi R}\kappa .$$

Далее находят прямоугольные координаты точек *1*, *2*, …, *i*

$$X_i = R\sin i\varphi ;\; Y_i = R(1-\cos i\varphi),$$

где *i* – текущий номер точки кривой.

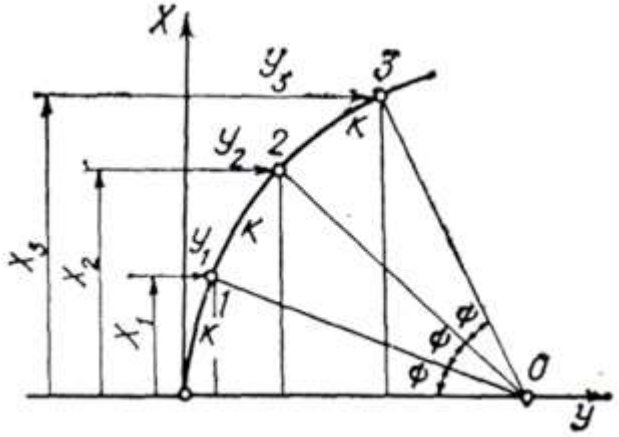


Рисунок 46 - Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Разбивку точек *1*, *2*, *3*, … *i* кривой на местности производят с помощью рулетки от начала кривой (*НК*) по касательной (рис. 46). Вначале откладывают на ней величины $X_1, X_2, \ldots X_i$, затем по направлению перпендикуляров к разбитым отрезкам выносят составляющие $Y_1, Y_2, \ldots Y_i$.

Построение осуществляют от начала кривой (НК) до середины. После этого разбивают фрагмент окружности от конца кривой (КК) также до середины (СК). Сомкнутые половинки кривой в точке СК являются контролем точности разбивки.

Способ линейно-угловой засечки (полярный) используется для выноски круговых кривых земляных сооружений на косогорах, насыпях и в полузакрытой равнинной местности (рис. 47).

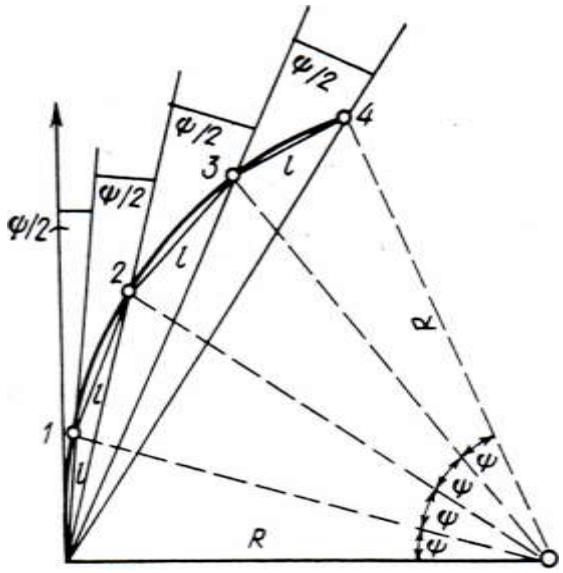


Рисунок 47 - Разбивка кривой способом линейно-угловой засечки

Способ заключается в последовательном построении угла $\varphi/2$ в начале координат от линии тангенса и отложении отрезков хорды ℓ. Исходя из выбранной длины хорды, угол φ определяют по формуле

$$\sin\frac{\varphi}{2}=\frac{\ell}{2R}.$$

Положение точек кривой на местности выносят с помощью теодолита. Его ориентируют по линии тангенса, например, в точке *НК*, затем отмеряют угол $\varphi/2$. Отложив вдоль построенного направления хорду ℓ, закрепляют точку *1*. Затем из той же точки *НК* строят последовательно углы φ, $3\varphi/2$ и т.д. Из точки *1* протягивают рулетку до пересечения отрезка ℓ со вторым визирным лучом (φ) и закрепляют точку *2*. Таким образом, выносят точки *3*, *4*, …, *i*.

Недостаток способа – снижение точности разбивки кривой по мере увеличения числа выносимых точек (происходит накопление ошибок).

Способ продолженных хорд заключается в определении искомых точек кривой на местности путем их засечек двумя постоянными величинами ℓ и *a* от исходной точки *1*(рис. 48). Ее положение обычно определяют при помощи прямоугольных координат X_1 и Y_1 по формуле (2.9).

Закрепив точку *1* (на продолжении створа *A1*), откладывают длину хорды ℓ и временно закрепляют промежуточную точку *2*'. Линейной засечкой с помощью отрезков *a* и ℓ из точек *2*' и *1* получают следующее положение кривой – *2*. Остальные точки дуги сектора окружности отстраивают аналогично. Смещение *a* получают из выражения

$$d=\frac{\ell^2}{R}.$$

Данный способ применяют в стесненных условиях местности и невысокой точности разбивки.

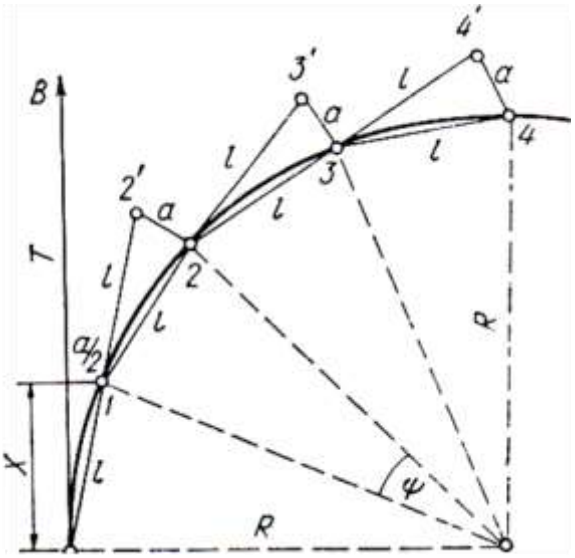


Рисунок 48 - Разбивка круговой кривой способом продолженных хорд

Кроме плановой разбивки трассы, ее выносят и в высотном отношении. Контроль вертикального положения элементов разбивки осуществляют с помощью грунтовых реперов.

Установку грунтовых реперов производят при закреплении трассы через каждые 20–30 км и в местах пересечений существующих магистралей, переходов через реки и т.п. В дополнение к основным через 2–3 км устанавливают постоянные (по необходимости) и временные реперы в виде деревянных столбов, каких-либо устойчивых предметов местности. Местоположение реперов выбирают вне зоны земляных работ строительства сооружения с составлением абриса привязки к пикетам трассы и местности.

Нивелирование трассы осуществляют, как правило, по двум направлениям (в два нивелира). Одним прибором нивелируют все пикеты, плюсовые точки, постоянные и временные реперы. Вторым – нивелируют реперы, связующие точки и поперечные профили. При этих работах применяют технические нивелиры различных типов. Расстояние от нивелира до рейки обычно принимают равным 100–150 м. Невязки хода между исходными пунктами (или замкнутого полигона) не должны превышать, мм:

$$f_{пр} = 50\sqrt{L} \ ,$$

где L – длина хода или полигона, км.

Расхождение между суммой превышений из первого и второго нивелирования не должно быть более величины, мм:

$$\Delta h = 70\sqrt{L} \ .$$

Топографическую съемку отдельных участков и площадок в крупном масштабе (1:500–1:2 000) производят в процессе ведения полевого трасси-

рования. Съемке подлежат переходы через водотоки, горные ущелья и перевалы, различные площадки под станции и т.п. В сильно пересеченной и сравнительно открытой местности используют тахеометрическую и мензульную съемки. В зависимости от ситуации и рельефа, а также технической возможности изыскательской партии применяют различные виды аэрофотосъемки, наземной фотограмметрической съемки, лазерное сканирование.

Привязку трассы к пунктам геодезической основы выполняют как для контроля полевых работ и повышения их точности, так и для вычисления координат вершин углов поворота и абсолютных отметок набранных точек. Точность геодезических измерений по привязке должна быть не ниже точности работ при построении трассы. Места привязки трассы (начало, конец и середину) к пунктам триангуляции или полигонометрии указывают в проекте привязки трассы к пунктам геодезической основы.

Обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации выполняют путем проверки полевых журналов, уравнивания нивелирных и теодолитных ходов, вычисления плановых координат и высот точек, вычерчивания различных планов и профилей трассы.

На тщательную камеральную обработку полевых материалов и безошибочное составление графических документов обращают особое внимание. Так, при проверке журналов измерения углов смотрят на правильность вычисления углов поворота трассы. Линейные измерения сравнивают промерами длин между углами поворота и с данными разбивки пикетажа. В пикетажных журналах проверяют вычисление элементов дуг окружностей, значений пикетов начала и конца кривых и т.д. Полевые журналы и вычисления независимо обрабатывают «в две руки». Подготовленные планы и профили также тщательно проверяют, корректируют, сверяют в натуре и устраняют выявленные недостатки и ошибки.

Основными документами полевого трассирования являются:

2) пояснительная записка (с обоснованием выноса проекта в натуру и согласованием трассы);
3) план, продольный и поперечные профили;
4) крупномасштабные планы переходов, пересечений, станций, площадок и других участков;
5) схематические планы отвода земель;
6) ведомости пересекаемых трассой искусственных сооружений;
7) ведомости закреплений прямых и кривых трассы, уравнивания ходов, вычисления координат;
8) каталоги координат углов поворота, высот реперов, схемы геодезических сетей, их центров и знаков.

Трассирование линейных сооружений проводится параллельно с выполнением работ по отысканию подземных коммуникаций.

Обычно сначала производят отыскивание на местности подземных коммуникаций, а потом, принимая к сведению весь комплекс полученной информации (подземные сети, воздушные сети, другие существующие инженерные сооруже-ния, рельеф местности, естественные водотоки, лога, данные «Акта выбора», пожелания эксплуатационных служб выявленных в процессе рекогносцировочных работ, и т.д.), укладывают трассу на местности с учетом норм и правил существующих нормативных документов (СНиП, СП, ВСН, ГОСТ).

Все случаи отклонения оси трассы от «Акта выбора» обязательно согласовываются с эксплуатирующей службой. Так же необходимо поставить руководство своего предприятия в известность об изменении местоположения изыскиваемой трассы на конкретном участке.

Особое внимание необходимо уделить определению подземных сетей в местах отмыкания и примыкания трасс, в местах переходов через коридоры подземных коммуникаций.

Если наблюдается очень большая насыщенность подземных сетей и других инженерных сооружений (промышленные площадки), а также сложность рельефа, то в таком случае лучше вначале сделать съемку данного участка местности в М 1:500 -Г.2000. На основе полученного материала выполнить камеральное трассирование данного участка трассы, с последующим выносом её натуру и закреплением.

Отыскание подземных сетей проводить трубокабелеискателем. Во время поиска обязательно обращать внимание не только на явные признаки, указывающие на наличие той или иной коммуникации, (выходы труб, колодцы, задвижки, аншлаги, и т.д.), но и по местным признакам (понижение грунта, наличие ранее проводимых и ликвидированных земляных работ, расположение вблизи от проектируемой трассы каких либо инженерных сооружений). Делать аналитические выводы о наличии коммуникаций только после сопоставления и проверки всех имеющихся сведений.

По уложенной на местности оси трассы прокладывается теодолитный (тахеометрический) ход. Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений даны в табл. 14.

Таблица 14 - Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений

№ № п/п	Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений	Допустимые невязки измерений		
		Угловых, мин	Линейных	Высотных, м
1	Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях			
	новых железных дорог	$0,3\sqrt{n}$	1/4000	$30\sqrt{L}$
	новых автомобильных дорог	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$

			(1/1000)	
	Трубопроводов с условным диаметром до 1000 мм свыше 1000 м	$1{,}5\sqrt{n}$ $1\sqrt{n}$	1/1000 1/2000	$50\sqrt{L}$ $50\sqrt{L}$
	Линий электропередачи, связи, канатно-подвесных дорог	$1{,}5\sqrt{n}$	1/1000	$50\sqrt{L}$
	Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
2	Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов	$1\sqrt{n}$	1/2000 (1/1000)	$50\sqrt{L}$
3	Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог			
	базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах,	$0{,}3\sqrt{n}$	1/4000	$30\sqrt{L}$
	Съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
4	Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой)	-	1/2000	-

Нивелирование трассы и установка реперов

По всем пикетам и плюсовым точкам трассы прокладывается ход технического нивелирования.

При пересечении трассами водотоков нивелируются урезы воды и уровень горизонта высоких вод (ГВВ). ГВВ определяется по местным признакам или опросу жителей близлежащих деревень.

При пересечении с железными дорогами нивелируются головки рельсов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

В начале, конце трассы на переходах через водотоки, железные и автомобильные дороги, коридоры коммуникаций устанавливаются временные репера.

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

- по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;
- по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

Репера устанавливаются в местах обеспечивающих их сохранность на период строительства и эксплуатации. В качестве временного репера можно использовать окружающее сооружения: опоры, скважины, мосты, фундаменты и т.д.

Закрепление трассы

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не реже чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными столбами, металлическими трубами и уголками с табличкой и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

Знаки маркируются масляной краской. На знаке подписывается название трассы, наименование или номер закрепительного знака, пикетное значение или расстояние до оси трассы (для вынесенных знаков), год установки и название организации.

На все закрепленные точки и репера составляются кроки.

Геодезические знаки (реперы), закрепляющие ось трассы линейных сооружений, подлежат использованию в качестве разбивочной основы при последующем строительстве и должны быть переданы по акту заказчику или указанной им организации.

Съемка пересечений линий электропередач и связи

При пересечении линий электропередач и связи должны быть определены:

- пикетажное значение и угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой;
- отметки земли и расстояние до нижнего провода в месте пересечения;
- расстояние от трассы или оси пути до центров двух ближайших опор ЛЭП (ЛС) справа и слева от пересечения (подписывается на опорах);
- отметки земли и нижнего провода на опорах справа и слева от пересечения; материал и форма опор, система подвески, количество проводов и изоляторов.

При съемке составляют абрис пересечения, в котором должны быть указаны: температура воздуха в момент измерений, марка проводов и кабелей, пункты, соединяемые ЛЭП (ЛС), ведомственная принадлежность и адрес владельца (по специальному заданию). Кроме того, составляют эскизы всех опор, с указанием номера, формы и материала опор, числа, длины и сторонности траверс на опорах, количества проводов и изоляторов.

Для ВЛ с горизонтальным расположением проводов, пересекаемых под углом менее 60°, необходимо определять высоту каждого провода и троса в месте пересечения.

Пикетажные значения, угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой и расстояния до ближайших опор можно определять по топографическому плану.

Верх подвески проводов и низ провиса следует определять тригонометрическим нивелированием при измерении вертикального угла при двух положениях вертикального круга, вычисляя место ноля прибора на станции. Отклонение места ноля прибора от значения, определенного ранее, должно быть не более ±Г. Расстояние от прибора до проекции проводов на землю при измерении нитяным дальномером или рулеткой должно быть не менее удвоенной высоты провода над землей.

Съемку пересечений и определение высот подвеса проводов ВЛ напряжением до 20 кВ и ЛС выполняют с одной станции, а ВЛ напряжением 350 кВ и выше - с двух независимых станций.

Высоты проводов над их проекциями на землю вычисляются по формуле:

$$Hпр=Hст+i+D*tg\ v$$

Где: Нпр - высота определяемой точки; Нст - высота точки стояния инструмента; D - расстояние от инструмента до определяемой точки (горизонтальное проложение); ν - угол наклона на определяемый провод; i - высота инструмента над точкой стояния инструмента.

Вычисление по формулам выполняется непосредственно после проведения измерений. Расхождение в вычислении отметок между двумя значениями измерений с двух стоянок инструмента не должны превышать ±20 см.

При измерении расстояний до проекции проводов рейку нужно устанавливать точно под проекцией проводов и троса, но не около опор или оси пересекаемого сооружения.

Напряжение ЛЭП в поле можно определить по типу опор и количеству изоляторов:

- ЛЭП 6-10 кВ - опоры бетонные или деревянные на бетонном пасынке высотой до 10 м, количество изоляторов 1 или по 2 в местах переходов через дороги и коммуникации, количество проводов 3;
- ЛЭП 35 кВ - опоры, в основном, бетонные, круглые, высотой 10-15 м, угловые опоры, в целом, металлические фермовые, количество изоляторов на проводе 3-5, количество проводов 3 или 6;
- ЛЭП 110 кВ - опоры бетонные круглые или металлические фермовые высотой 15-20 м, количество изоляторов 6-10, количество проводов 3 или 6, по верху опор обычно идет трос заземления.

Иногда на опорах подписано напряжение и номер фидера. Напряжение ЛЭП уточняется при согласованиях в эксплуатирующих организациях.

Полевые документы

Все записи при производстве полевых топографо-геодезических работ следует вести в угломерных, нивелировочных, тахеометрических, аб-

рисных журналах и пикетажных книжках установленной формы карандашом (шариковой ручкой) (ВСН 208-89). Зарисовки снимаемых объектов в абрисных и тахеометрических журналах должны быть четкими и иметь в необходимых случаях краткие характеристики снимаемых объектов.

При съемке ситуации способом полярных координат и угловой засечки все записи угловых и линейных измерений следует вести в абрисном журнале.

При съемке ситуации способом ординат промеры по съемочному ходу (абсциссы) записывают вблизи него перпендикулярно ходу, поперечные промеры (ординаты) - около изображений снимаемых объектов, параллельно съемочному ходу. При насыщенной ситуации результаты промеров записывают в вычерчиваемую сбоку сетку.

Все здания в абрисном журнале должны быть пронумерованы порядковыми номерами, а сведения о них приведены в особой ведомости, помещаемой на одной из страниц того же журнала.

Все страницы полевых журналов должны быть пронумерованы.

Перед выдачей исполнителям работ журналы должны быть подписаны начальником партии (отряда). При съемке больших объектов следует составлять указатель, с помощью которого можно было бы быстро разыскать записи любого элемента работы.

При производстве топографо-геодезических работ с использованием электронных и электрооптических тахеометров или светодальномеров запись результатов измерений должна производиться на магнитный носитель (при автоматизированной регистрации результатов измерений) или в специальных журналах.

В результате выполненных полевых топографо-геодезических работ изыскательской партией должны быть представлены следующие материалы:

- полевые журналы с вычисленными элементами угловых и линейных измерений, пикетажные книжки, а также файлы электронных тахеометров (при автоматической регистрации результатов измерений);
- схемы ходов геодезической съемочной сети и привязок к пунктам государственной геодезической сети;
- топографические карты (схемы), на которых показаны трасса и границы съемок;
- ведомости вычислений и каталог координат и высот пунктов съемочной геодезической сети;
- ведомость реперов;
- инженерно-топографические планы (если их составление в поле предусмотрено программой изысканий);
- схемы пересечений ЛЭП (ЛС) и других коммуникаций;
- схема закрепления трассы;

- акт приемки материалов завершенных инженерных изысканий;
- акты сдачи трасс и материалы согласований.

12 ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗМОЖНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В настоящее время физико-механические и компрессионные свойства пород-коллекторов Марковского месторождения практически не изучены. Исходя из этого, значение модуля упругости и коэффициента Пуассона в расчетах оседаний земной поверхности принимались из известных зависимостей, а параметры упрочнения – по аналогии с другими месторождениями.

В механике горных пород известен тот факт, что точечные лабораторные испытания (проводимые, как правило, по кернам) не моделируют поведение массива горных пород в целом и не отображают в достаточной мере его физико-механические свойства. Влияние слоистости, трещиноватости, факторов выветривания и других структурных особенностей приводит к тому, что прочность и модуль упругости массива может быть более чем на порядок меньше соответствующих величин в образце.

Поэтому для исследования свойств горных массивов проводят крупномасштабные натурные испытания на соответствующем оборудовании, позволяющие получить наиболее достоверные данные о прочности и деформируемости массивов. Однако, выполнение таких работ характеризуется значительной трудоемкостью и требует больших затрат. В практике применяют различные эмпирические и теоретические методы оценки (перехода) к упругим и прочностным свойствам горных массивов по данным лабораторных испытаний образцов пород.

Один из способов оценки прочностных свойств массива заключается в использовании коэффициента структурного ослабления. Среди эмпирических методов можно отметить методику К.Л. Тер-Микаэляна.

Выполненный комплекс работ по прогнозу параметров процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при добыче углеводородов на месторождении показал, что прогнозные максимальные оседания земной поверхности находятся в пределах 330-340 мм (рис. 49). Приведенные величины не представляют существенной угрозы для промышленных, гражданских сооружений и объектов обустройства нефтепромысла.

Тем не менее, исходя из предварительных расчетов и полученных возможных величин оседаний массива пород, можно примерно оценить некоторые ситуации. Одними из важных показателей, характеризующих процесс сдвижения и безопасность наземных сооружений, являются наклоны и кривизна. Если обратиться к рис. 1, отражающим показания расчетных оседаний земной поверхности при отработке Марковского месторождения, и предположить, например, что произойдет одностороннее

оседание земной поверхности над нефтяным пластом, то получим следующее значение наклонов из формулы

$$i = (\eta_i - \eta_{i-1})/L$$

где $\eta_i - \eta_{i-1}$ – значение оседаний переднего и заднего пунктов наблюдения; L – горизонтальное расстояние между пунктами.

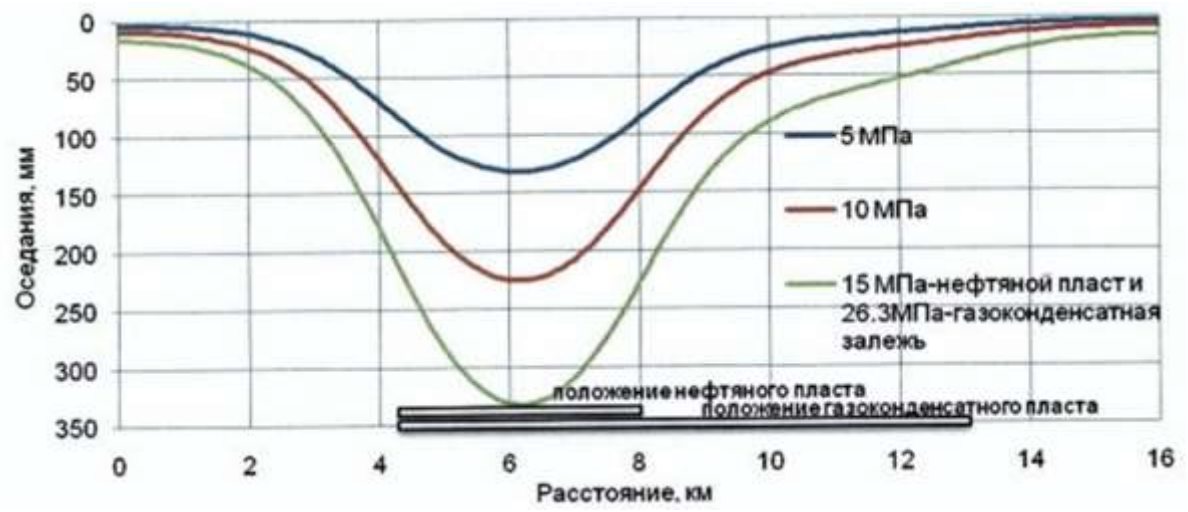


Рисунок 49 – График положения расчетных оседаний при отработке месторождения

Предположив, что η_i = о, η_{i-1} = 0,340 м, L = 2000 м и подставив эти величины в формулу (1), получим

i = 0,340 м/2000 м = 0,17 · 10^{-3} при допустимой (критической) величине наклона i = 4,0 · 10^{-3} для зоны опасного влияния и углов сдвижения [6].

Кривизна определяется по формуле

$$k = (i_n - i_{n-1})d_{ср}$$

где $d_{ср} = (d_n - d_{n-1})/2$ – полусумма горизонтальных длин последующего и предыдущего интервалов.

Подставив в формулу (2) соответствующие значения, получим

k = 0,17/2000 = 0,08 · 10^{-6} при допустимой величине k = 0,2 · 10^{-3}.

Для 100 метрового участка в таком случае i = 3,4 · 10^{-3}, k = 0,03 · 10^{-3} ,что также меньше допустимых величин.

Таким образом, даже предполагаемая и, в принципе невозможная ситуация деформации земной поверхности не может нанести вред охраняемым объектам.

Однако в районах структурных неоднородностей верхней части горного массива существует возможность локальных концентраций деформаций на земной поверхности, что может представлять опасность для объек-

тов инфраструктуры, (для чего в последующем, возможно потребуется выполнить геодинамическое районирование территории месторождения).

Тем не менее, при разработке нефтегазовых месторождений наибольшему техногенному воздействию подвержены природные ландшафты. Под влиянием хозяйственной деятельности происходит их изменение: нарушается естественный профиль почвенно-растительного покрова вплоть до его полного уничтожения, что нередко приводит к образованию начальных эрозионных форм. В результате техногенного воздействия в условиях криолитозоны на границе поверхность-порода нарушается уровень теплообмена, следствием чего является полная деградация многолетнемерзлых пород или снижение ее границ. Оттаивание мерзлых глинистых грунтов сопровождается термокарстовыми просадками на десятки сантиметров и более.

Для добычи строительного камня на площади месторождения, как правило, активно осуществляется разработка карьеров. При разработке карьеров происходит нарушение естественных горно-геологических условий, создание техногенных и природно-техногенных склонов, активизация оползневых процессов.

При разработке месторождения требуется большой объём технической воды с целью поддержания пластового давления (ППД). Источником воды могут служить как поверхностные, так и подземные воды. Последствия изменения их состояния в условиях массового водоотбора трудно оценить, особенно в случае недостаточных ресурсов. При длительной эксплуатации подземных вод, имеющих ограниченное распространение в условиях криолитозоны, возможно истощение запасов и осушение водоносных горизонтов. В условиях связи подземных вод с карбонатными породами, широко распространенными, к примеру, на Верхнечонском месторождении, возможно проявление процессов суффозии. В результате длительной закачки поверхностных вод непредсказуемы изменения гидрологического режима поверхностных водотоков.

Отсюда явствует однозначный вывод: даже при всех предварительных положительных расчетах и выкладках по воздействию извлечения нефти из недр на состояние земной поверхности, маркшейдерско-геодезический мониторинг за охраной недр и рельефом поверхности с использование геодинамического полигона на Марковском нефтегазовом месторождении необходим.

12.1-Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ

12.1.1 Общие требования к центрам

Геодезические сети представляют собой совокупность закрепленных точек на земной поверхности с известными координатами, высотами или значениями силы тяжести, отнесенными к центрам этих геодезических пунктов. Составные элементы центров геодезических пунктов, имеющих метки, к которым относят координаты, называют «марками» центров.

Существует два типа марок: одни закладываются в бетон, другие привариваются к трубе. На марке указываются начальные буквы организации, выполняющей работы, номер марки или репера. Для обеспечения лучшей сохранности и опознования на местности геодезические пункты имеют соответствующее внешнее оформление: наружный знак, канавы, курганы, опознавательные столбы или опознавательные знаки.

Геодезические пункты рассчитаны на использование в течение длительного времени и находятся под охраной государства.

Основными требованиями к конструкциям реперов являются незначительная их подверженность сезонным промерзаниям и пучениям грунтов, простота конструкции, удобство в работе.

Опорные и наблюдательные реперы изготавливают и закладывают с особой тщательностью, так как они обеспечивают сохранность и неподвижность закрепленных точек в плановом и высотном положениях на многие годы.

В настоящее время предложено достаточное количество различных конструкций центров геодезических пунктов, учитывающих их ценность и назначение, географические условия местности, характеристики грунтов. Реперы должны быть стойкими к пучению, механическим нагрузкам и химическому воздействию грунтового раствора. Поэтому типовые конструкции реперов выбирают с учетом климатических и физико-географических условий зон, а также в соответствии со схемами, приведенными на рис. 50 и51.

Установка пунктов геодинамического полигона должна обеспечивать их устойчивость, исключение влияния сезонных колебаний почвы и сохранность. Поскольку территория МГКМ относится к Северным районам, необходимо также учитывать наличие многолетнемерзлых пород.

В области сезонного промерзания грунтов глубину закладки центров вычисляют по формуле З = Г + 50 см (З – глубина закладки, Г – глубина промерзания грунта, см).

Закладку центров и реперов, как правило, выполняют с помощью механических средств; допускается установка котлованным способом.

При закладке центров должны соблюдаться требования «Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

Для закрепления исходных, опорных и рабочих пунктов базового назначения и GPS- сети, а также опорных пунктов профильных линий проектом рекомендована конструкция центров для местных условий в соответствии с инструкциями Роскартографии (ГУГК), а так же ведомственными методическими указаниями.

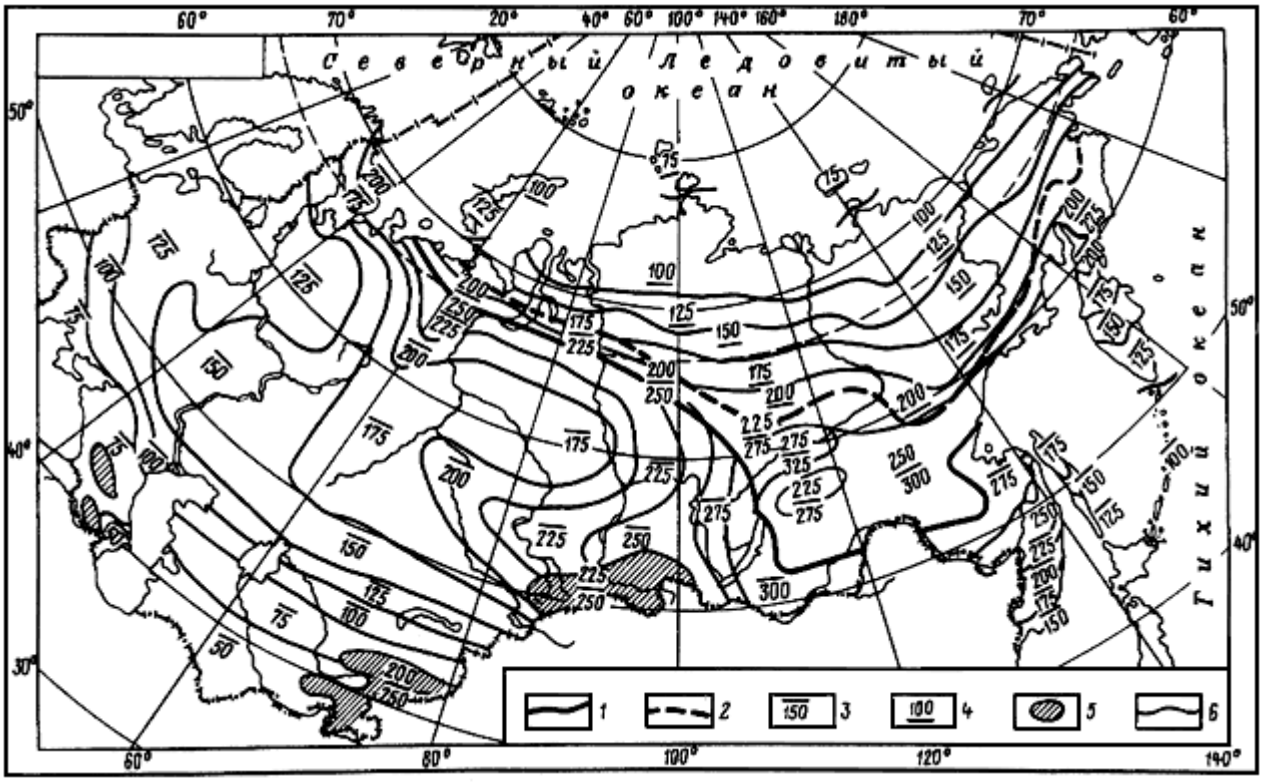


Рисунок 50 - Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров:

1 - южная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты; 2 - северная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты и южная граница области применения знаков, закладываемых в узкие скважины протаиванием или бурением; 3 - глубина промерзания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 4 - глубина протаивания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 5 - высокогорные области с преимущественно каменистыми породами и прерывистым распространением многолетнемерзлых грунтов; 6 - изолинии равных глубин промерзания (протаивания)

Основными требованиями, предъявляемым к глубинным и грунтовым реперам, является их сохранность и устойчивость. Рекомендуемый тип центра репера 2ГР с бетонным якорем отвечает этим требованиям.

Выбор типа продиктован необходимостью исключения влияния на репер сезонных колебаний почвы. Для повышения устойчивости репера рекомендуется увеличить глубину расположения якорной части:

- в местах, где скальные породы расположены близко к поверхности, достаточно внедриться в них на величину 2,0 м ниже глубины оттаивания;

- в местах распространения многолетней мерзлоты (если скальные породы располагаются глубоко) закладку якоря производить на глубину не менее 2,5 м ниже глубины оттаивания;

- в местах с сезонным промерзанием грунта глубину закладки якоря увеличить до 1,0-1,5 м ниже глубины промерзания;

- по возможности исключить закладку реперов на заболоченных участках.

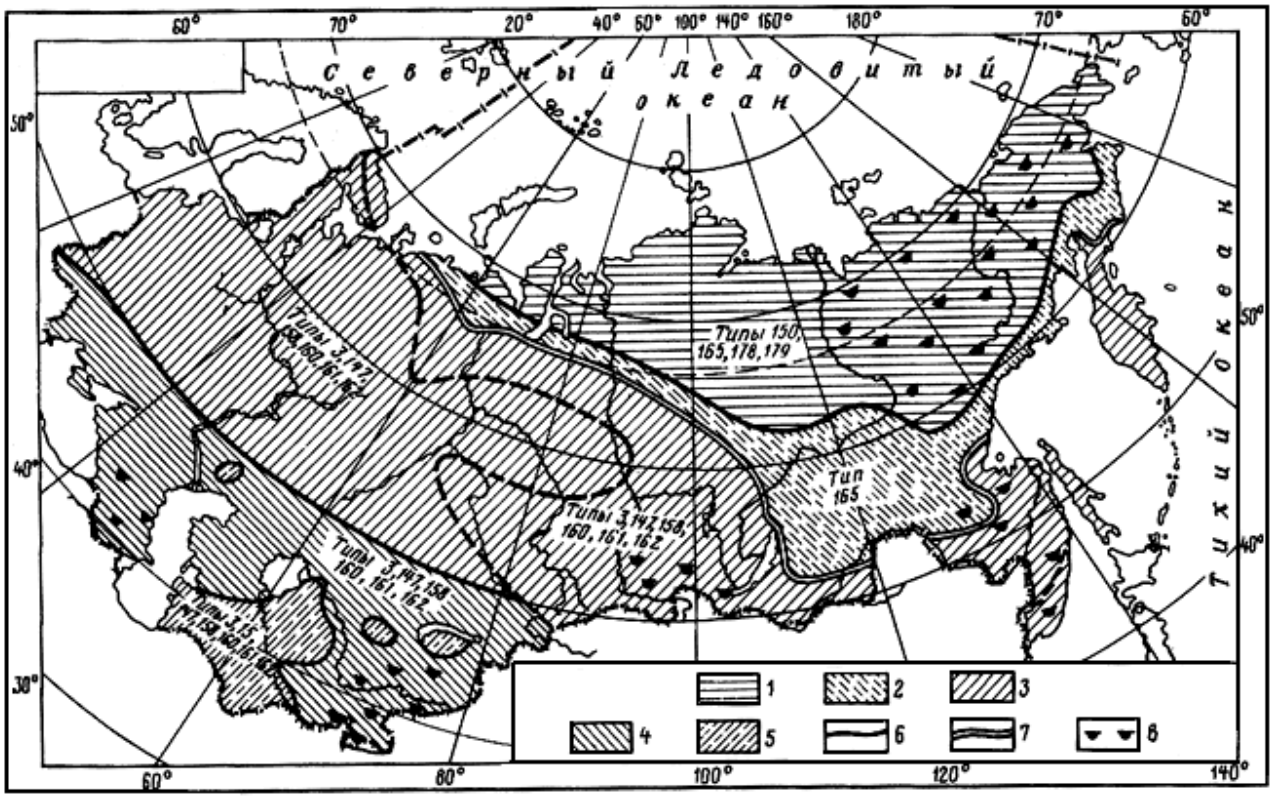


Рисунок 51 - Схема областей применения центров и реперов:

1 - средняя и северная зоны области многолетней мерзлоты; 2 - южная зона области многолетней мерзлоты; 3 - северная зона области сезонного промерзания грунтов; 4 - южная зона области сезонного промерзания грунтов; 5 - область подвижных песков; 6 - границы между зонами с применением различных типов знаков; 7 - южная граница многолетней мерзлоты; 8 - области возможного применения скальных центров и реперов. В "Схему" не включены: 1. Вековые реперы (типы 173, 174, 175). 2. Фундаментальные реперы (типы 114, 161, 164). 3. Центры и реперы, закладываемые в скальных грунтах (тип 7, 8, 9, 92, 164). 4. Образцовые базисы (тип 181, 187). 5. Стенной центр (репер) (тип 143). 6. Центр (репер) для заболоченных территорий (тип 183 и 188)

12.1.2 Закладка наблюдательных реперов

Центры опорных и рабочих реперы устанавливаются в скважины диаметром 150—400 мм. Бетонируемая часть репера должна располагаться на 500—700 мм ниже глубины промерзания грунта *hu.* Глубина промерза-

ния грунта *hu* практически всегда известна для каждой климатической зоны.

Глубина закладки реперов выбирается с учетом геологических и местных условий участка проведения работ: мощностью залегания коренных пород на склонах, равной 1,5-2,5 м; глубиной промерзания или оттаивания; мощностью осадочных пород. В связи с этим глубина закладки якоря составит 2,5-4,0 м.

Способ закладки реперов зависит как от места расположения пункта, так и от глубины закладки: в крепких породах применяется механизированная закладка, в мягких не глубоких наносах – котлованная, ручная.

Рядом с центром оборудуется сторожок. Он представляет собой столбик из асбоцементной трубы высотой 1 м, выступающий над земной поверхностью. На сторожке помещается табличка с подписью имени (номера), принадлежности конкретной сети и даты закладки. Каждый пункт обносится металлической оградкой размерами 2 м×2 м×1,5 м (рис. 2.3), выкрашенной в сигнальный цвет, что позволяет легко различить пункт на фоне остального естественного пейзажа (фона).

Обустройство всех пунктов геодинамических полигонов должно соответствовать следующим требованиям:

- центры устанавливаются в местах, пригодных для производства спутниковых наблюдений. Под этим понимается отсутствие естественных препятствий, мешающих уверенному приему сигнала от спутников (древесная и кустарниковая растительность, металлические конструкции, здания и сооружения), а так же отсутствие радиопомех;
- место закладки должно обеспечивать его сохранность при производстве работ, а так же сохранность оборудования устанавливаемого на него;
- расположение центра должно быть легкодоступным и безопасным для исполнителей, с возможностью продолжительного нахождения на пункте;
- уровень грунтовых вод в местах закладки центров должен находится не ближе 5 м от поверхности земли.

Материалами для изготовления бетонных центров и реперов служат цемент, песок, щебень (гравий), вода. Наилучшим цементом для изготовления бетонных центров считается портланд-цемен. Он обеспечивает высокую прочность бетона и быстрое твердение. Можно использовать глиноземный и ангидрито-глиноземный цемент марки 300-500.

Качество бетона зависит от чистоты заполнителей, а также от качества и количества воды, от тщательности перемешивания сухой бетонной смеси и бетонного раствора. Количество глинистых и землистых примесей в песке не должно превышать по массе 5 %, а в щебне и гравии – 20 %. Заполнять якорную часть бетоном следует не позже чем через 30 мин после

его изготовления. Для приготовления бетонной смеси на базах можно применять бетономешалки и растворосмесители, для уплотнения – вибраторы.

Для защиты труб и бетона от коррозии их покрывают битумом, эпоксидной смолой, хлорвиниловой липкой лентой и другими средствами.

Перед закладкой центров заранее заказываются и выполняются металлические и другие детали пункта, осуществляется бурение скважин под центры, доставляются все материалы, необходимые для закладки и обустройства пункта.

По окончании закладки центров и реперов представляются документы:

- акт о сдаче геодезических пунктов и наблюдательных реперов для наблюдения за сохранностью;
- журнал закладки;
- карточка закладки пунктов (Приложение 2).

Ниже приводятся некоторые конструкции центров, наиболее подходящие для закладки в условиях Марковского месторождения.

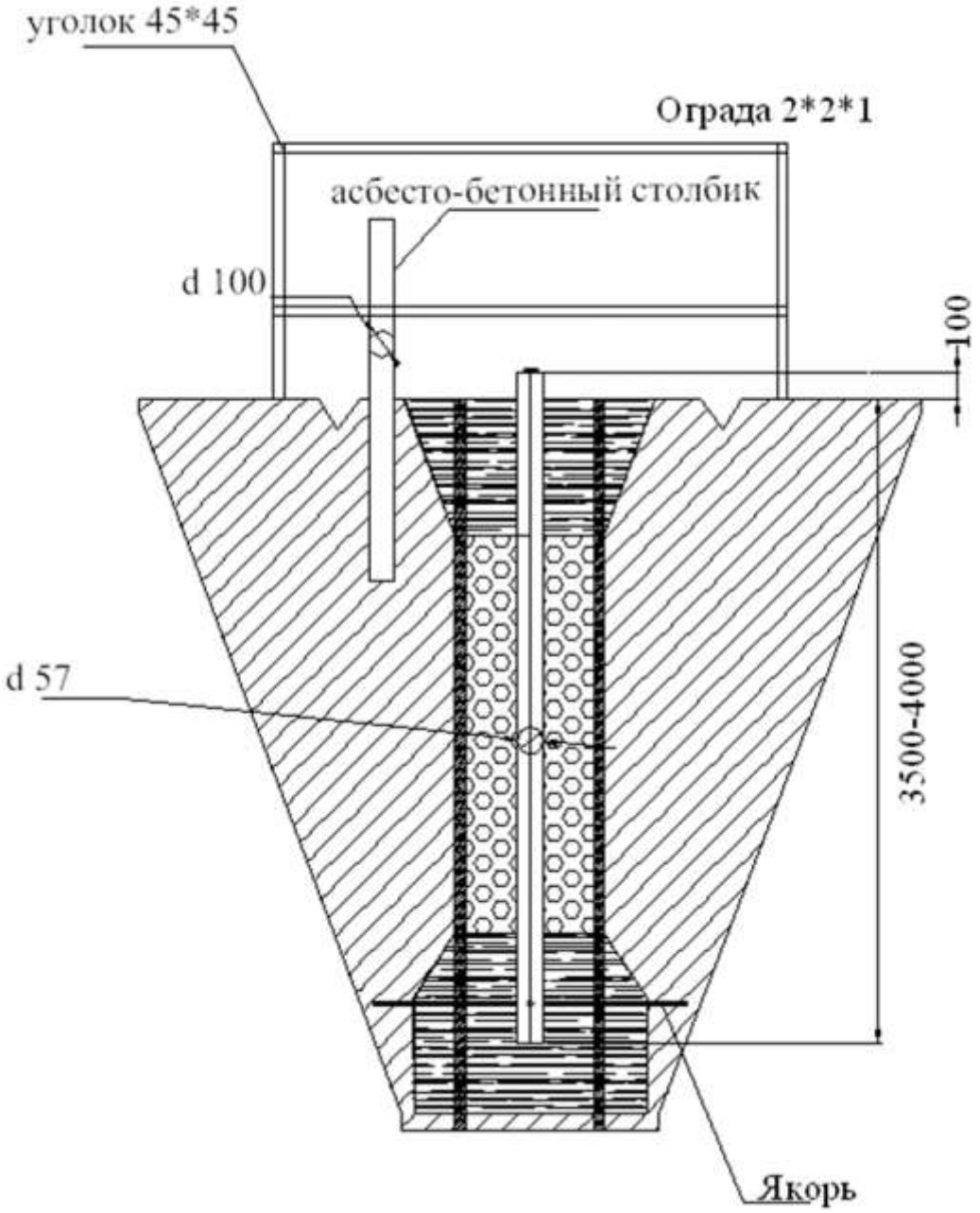


Рисунок 52 - Модель грунтового центра

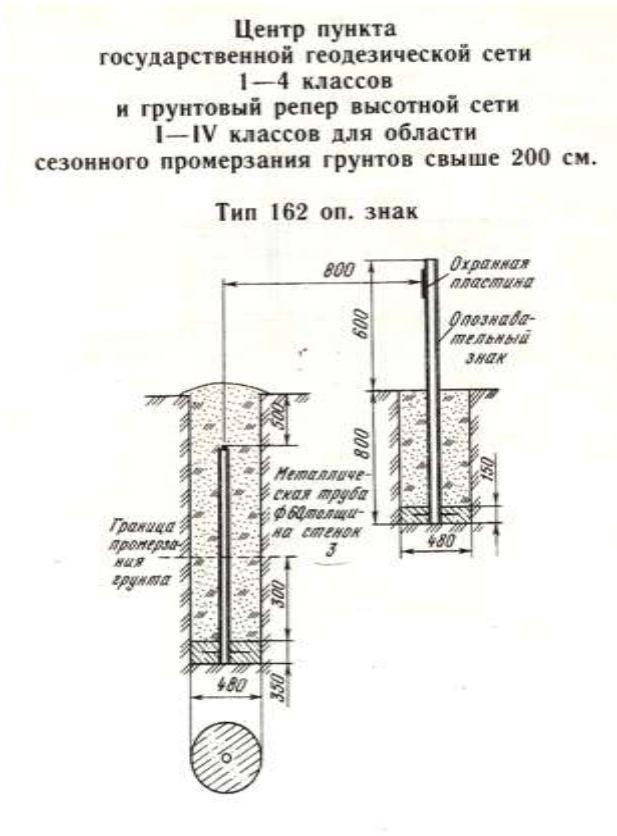


Рисунок 53 - Конструкция пункта геодинамического полигона «Тип 162»

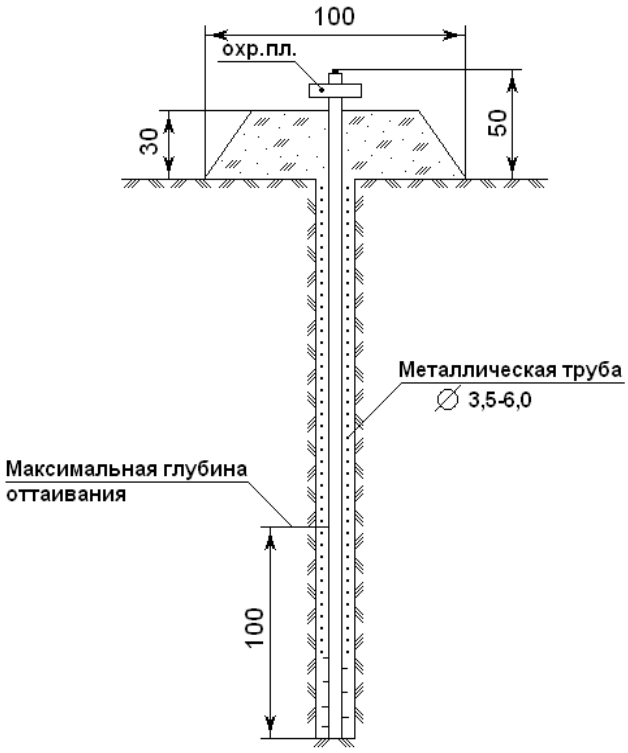


Рисунок 54 - Конструкция пункта геодинамического полигона «Тип 179» (размеры даны в см)

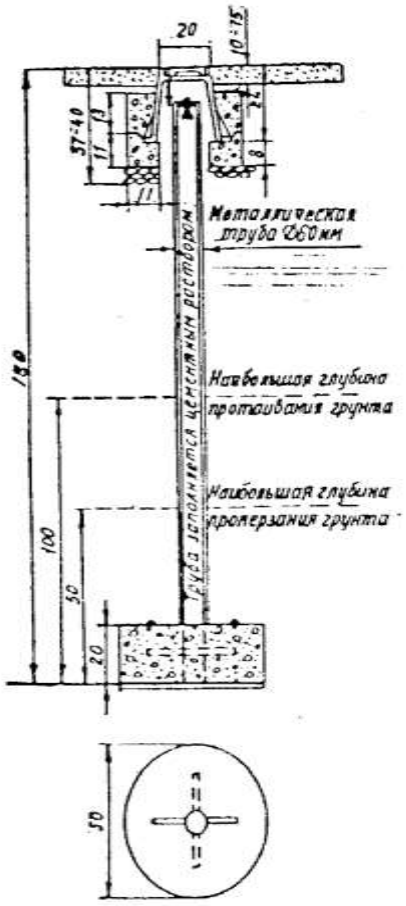


Рисунок 55 – конструкция репера тип 2ГР

Пространство между центром и стенками скважины заполняется гравием и грунтом, который затем утрамбовывается. Для защиты верха центра от различных внешних воздействий, он закрывается откидной металлической крышкой.

Разработка оптимального регламента системы геодинамических наблюдений на полигоне

12.2 Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов

Традиционно, для наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях твердых полезных ископаемых на поверхности закладывают наблюдательные станции, состоящие их профильных линий. Причем типовая наблюдательная станция состоит из одной-двух прямолинейных профильных линий, располагаемых вкрест простирания и одной профильной линии, располагаемой по простиранию пласта в главных сечениях мульды сдвижения. Длины профильных линий определяются границами разработок с учетом расстояний, получаемых при проведении линий от границ разработки под углами сдвижения до пересечения с поверхностью. На расстоянии 30-50 м от этих границ закладывают по

одному-два опорных репера с расстояниями между ними равными 30-50 м. Интервалы между рабочими реперами в зависимости от глубины разработки (обычно составляющих 300-600 м, исключение – Норильск, 2 км.) выбирают от 5 до 30 м.

Полная серия наблюдений на таких станциях включает определение высотных отметок реперов (нивелирование) и определение расстояний между реперами. В результате обработки измерений получают значения оседаний реперов, горизонтальные сдвижения, горизонтальные деформации, наклоны, кривизну и сравнивают эти величины с допустимыми величинами. Метод контроля считается надежным.

Нефтегазовое месторождение разрабатывается на глубине 2150-2585 м и имеет размеры по площади 17,4 на 10 км. При таких несоизмеримых размерах месторождения и тяжелых условиях для выполнения работ, применение данного метода практически неприемлимо. Исключение могут составлять отдельные участки.

Учитывая вышеизложенное, проектом рассматривается создание варианта трех уровневой конфигурации формирования маркшейдерско-геодезического обоснования. Геодинамический полигон месторождения представлен серией исходных, опорных и рабочих пунктов геодезических сетей различного назначения, при создании которых предусмотрены следующие принципы.

1. ***Исходные*** пункты располагаются за зоной влияния процессов сдвижения, определяемой граничным углом сдвижения (60º – по результатам моделирования, с учетом поправки) и, по возможности, вдали от границ тектонических разломов и элементов линеаментной сети. Настоящим проектом предусмотрено включение в систему наблюдений пяти исходных пунктов, расположенных по периметру месторождения: Большая Рассоха, Елань, Сенная, Мысовая, Марково. Пункт «Оболкино» является временным (в тоже время центральным) и служит для осуществления геометрической связи между исходными пунктами.

2. ***Опорные*** пункты располагаются внутри треугольников, образованных центральным пунктом «Оболкино» и остальными пунктами исходной сети, составляя локальную сеть второго уровня (сеть пунктов GPS), покрывающую места расположения производственных объектов нефтепромысла.

Пункты GPS - сети, по возможности, должны быть совмещены с пунктами ГГС и реперами государственной нивелирной сети, исходя из условий сохранности и радиовидимости. Условия радиовидимости на всех пунктах сети должны быть близки к идеальным: в поле зрения антенны приемника от 15° над горизонтом и выше не должно быть посторонних предметов во время проведения сеанса наблюдений.

3. ***Рабочие*** реперы (пункты) закладываются по обе стороны тектони-

ческого нарушения и непосредственно возле контуров промплощадок и промышленных сооружений нефтепромысла, обеспечивая контроль за оседаниями охраняемых объектов (приложение 1).

4. ***Пункты маркшейдерско-геодезической сети*** располагаются вдали от трансформаторных станций, ЛЭП и других объектов, способных создавать внешние электромагнитные поля.

5. ***Наблюдательные реперы*** закладываются в благоприятных условиях с точки зрения инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков оврагообразования и т.п.

6. ***Все пункты-реперы*** геодинамического полигона должны по возможности располагаться так, чтобы на них была обеспечена оперативная доставка исполнителей и оборудования различным транспортом.

7. Не рекомендуется изменять имеющуюся геометрию сети в последующих циклах наблюдений (при условии сохранности пунктов).

Для определения координат опорных и рабочих реперов наблюдательных станций используют исходные пункты, в качестве которых могут служить государственные геодезические сети.

При создании GPS-сети также необходимо соблюдать следующие условия:

- рабочие, опорные и исходные пункты должны образовывать сеть связанных многоугольников в виде плоской или объемной фигуры;

- направления и количество измеряемых векторов в сети рекомендуется определять методом оптимальной триангуляции, т.е. триангуляции с минимальным количеством сторон и суммарной длиной ребер.

При этом геометрическое построение сети выполняется таким образом, чтобы при необходимости обеспечить дальнейшее сгущение пунктов в выделенных динамически напряженных зонах. Кроме того, сеть должна быть такой конфигурации, чтобы все объекты наблюдений находились "внутри" границ внешних векторов сети. Это условие необходимо для правильной трансформации результатов наблюдений из геоцентрической системы координат в прямоугольную.

Проектная схема геодинамического полигона (см. приложение 1) включает пять участков. Такое разделение обусловлено значительными размерами месторождения и поэтапным развитием работ по добыче нефти из недр. Исходя из этого, работы по сгущению наблюдательной сети (закладка опорных и рабочих пунктов) производятся также поэтапно, по мере развития инфраструктуры нефтедобывающего комплекса. Это позволит экономить материальные затраты и распределять их во времени.

Проектом также предусматривается закладка опорных и рабочих реперов на перспективных участках месторождения.

Участок № 1, предназначен для наблюдения за сдвижением земной

поверхности, вызванного извлечением из недр нефти и служит связующим звеном в геометрической системе наблюдений. Определение местоположения профильных линий, предназначенных для наблюдения за оседанием земной поверхности вследствие откачки воды, в настоящее время затруднено в связи с отсутствием проекта куста гидроскважин и схемы их расположения. Поэтому схему расположения реперов наблюдательной станции в районе гидрокуста целесообразно составить в виде дополнения к техническому проекту (программе) после изучения данных проекта подземного водозабора.

Участок № 2 сформирован для наблюдения за сдвижением земной поверхности, вызванного добычей нефти, оценки активизации тектонических разломов и состоит из 2-х опорных пунктов, совмещенных с пунктами ГГС. Закладка парных рабочих реперов в количестве 5-ти предусматривается вдоль тектонического нарушения по реперу с каждой его стороны.

Участок № 3 на данный момент времени является краевым в системе наблюдений за земной поверхностью. Является связующим звеном в измерениях и совмещен с пунктами ГГС и опорной маркшейдерской сетью через 2 опорных пункта.

Участки № 4 и № 5 являются основными по добыче нефти, поэтому проект предусматривает наибольшее сгущение сети. В его состав входит 8 опорных и 23 рабочих пунктов, 4 из которых совмещены с опорными пунктами, 21 репер образуют профильную линию для геометрического нивелирования II класса и используются в целях оценки активизации тектонических разломов, наблюдением за земной поверхностью с развитием работ по откачке нефти.

Участок № 6 – перспективный. Здесь закладываются рабочие реперы у скважин Р-11, Р-30, Р-33 с целью определения начальных наблюдений с последующим подключением к ним дополнительных рабочих реперов и слежением за поведением земной поверхности в результате откачки нефти. Далее планируется разбить участок № 5 на 2 фигуры, переориентировав систему на центральный, временный пункт ГГС «Оболкино».

Участок № 7 также перспективный. Предназначен для наблюдения за сдвижением земной поверхности в результате извлечения нефти и оценки активизации тектонических нарушений. К наблюдениям подключаются рабочие реперы, закладываемые вдоль тектонического шва и являющиеся продолжением продольной линии парных рабочих реперов участка № 2.

Дополнительные участки № 6, 7 включены для решения о необходимости проведения наблюдений, которые следует принять на завершающем этапе эксплуатации месторождения, исходя из результатов наблюдений на других участках.

На участках профильных линий, примыкающих к тектоническим разломам (по 500 м в обе стороны от точки пересечения), расстояния между реперами сокращаются до 100 м, согласно требований инструкции [4].

12.2.1 Методика и точность измерений

Все опорные пункты, служащие в некоторых случаях и в качестве рабочих реперов связаны между собой GPS-сетью.

При выполнении работ по определению координат и высот пунктов (реперов) используется комплект спутниковой аппаратуры, например, Trimble R8 GNSS ГЛОНАСС. Измерения на всех пунктах выполняются в статистическом режиме продолжительностью сеанса не менее одного часа.

До начала измерений составляется проект определения мест расположения опорных пунктов. При проектировании построена сеть в виде цепочек треугольников, позволяющая в дальнейшем произвести контроль плановых и высотных координат пунктов. В сеансе измерений отдельная станция устанавливается на определяемые пункты, которые в дальнейшем являются исходными пунктами при продолжении цепочки.

Наблюдения выполняются в периоды, когда в созвездии спутников участвует не менее 6-ти спутников (как правило, 12-14) и их расположение соответствует схеме: один спутник расположен над определяемой точкой, остальные - по всему горизонту. С целью уменьшения ионосферной и тропосферной рефракции, спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее 10° при измерениях не учитываются.

Для исключения явления рассеивания радиосигналов спутников, определяемые пункты (реперы) обеспечиваются открытыми площадками (50х50 м). Наблюдения на пунктах ГГС выполняются при отсутствии на них наружного знака. Координаты пунктов получают в системе координат Киренского района с их трансформацией с помощью программного продукта TrimbleBusinessCenter 2.20.

Для привязки цепочки треугольников ГДП к пунктам геодезической основы месторождения, два приёмника устанавливались на исходных пунктах геодезической сети, каждый из которых пункт триангуляции не ниже 3 класса. Два других приемника устанавливались на пунктах геодинамического полигона. Как на исходных, так и на определяемых пунктах антенны устанавливаются над центрами на штативы, а там где возможно, на реперы с принудительным центрированием. Затем измеряется наклонная высота до середины прокладки приемника до начала наблюдений и по завершению. Высота измеряется в трёх точках антенны равномерно по окружности. Запись информации осуществляется синхронно на всех пунктах, включенных в сеанс наблюдений.

Периодичность записи 10 секунд, маска – 10 градусов (предварительно выбрана и подготовлена площадку для наблюдений с тем, чтобы обеспечить условия по маске).

Между сеансами производится повторная центрировка антенн.

Вычислительная обработка выполняется программами, обрабатывающими как GPS так и ГЛОНАСС информацию дважды – независимо дву-

мя исполнителями. Для вычисления отметок пунктов геодинамического полигона подключается модель геоида EGM96.

По завершению всех измерений и создания жесткой сети в виде цепочки треугольников, в ПО TrimbleBusinessCenter сначала выполняется свободное уравнивание в системе координат WGS-84, затем производится калибровка в местную систему координат по имеющимся пунктам триангуляции.

Большое количество пунктов, имеющих координаты в двух системах, а также избыточные измерения, позволяют с достаточной точностью получить координаты определяемых пунктов.

Ежедневно, при просмотре файлов данных с приемников производится непосредственный контроль качества записанной информации, т.е. проверяются допуски дисперсии, СКО, отношения векторов. Векторы должны обсчитываться с допустимыми значениями этих параметров. Контроль полноты осуществляется методом предобработки результатов спутниковых измерений. При этом фиксируются как факты недостатка информации, так и факты ее избыточности.

Достаточно большое количество избыточных измерений позволяет выполнять оценку точности спутниковых измерений в ПО TrimbleBusinessCenter, а также обеспечивать заданную заводом изготовителем:

в плане ±5 мм + 0,5 мм/км СКО;

по высоте ±5 мм + 1 мм/км СКО.

12.3--Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений

12.2.2 Схема нивелирной сети

Предварительным проектом [15] предусмотрена закладка реперов по ломаной профильной линии (графическое приложение 1) для выполнения по ним нивелирования II класса. Линия расположена вдоль берега реки Лены и пересекает Осинский горизонт с запасами C_1. Сеть нивелирования состоит из одной линии, расположенной вкрест простирания (падения пластового давления) залежи и тектонического нарушения. Ее длина составляет 11 км, количество закладываемых рабочих реперов 21 шт., количество опорных реперов 6 шт,

Проектирование такой линии можно сравнить с трассировочными работами, которые предусматривают камеральное и полевое трассирование.

Камеральное трассирование выполняется на стадии технического проекта с целью выбора основного направления трассы. Для этого пользуются топографическими картами (в данном случае масштаба 1:25 000) и намечают начальный, конечный и промежуточные пункты. Затем осуществляют полевое трассирование с целью определения наиболее опти-

мального положения трассы на местности. В результате таких изысканий местоположение наблюдательных пунктов и реперов может отличаться от проектного в силу различного рода непредвиденных ситуаций.

1. При выборе мест закладки реперов в натуре руководствуются следующими принципами:

1) реперы располагаются в непосредственной близости от основных промышленных сооружений газопромысла, т.к. основное назначение любой наблюдательной станции - исследование процессов сдвижения в районе сооружений, контроль развивающихся деформаций в подрабатываемых объектах;

2) реперы закладываются в благоприятных условиях с позиции инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков карстоообразования, участков оврагообразования и т.п. Профильная линия, по возможности, не должна проходить через сложный рельеф;

3) профильные линии должны, по возможности, проходить через эффективные максимальные нефте и газонасыщенные толщины продуктивных объектов и пересекать максимально возможное число структурных особенностей месторождения, т.к. геодинамика недр, прежде всего, определяется смещением по крупным тектоническим нарушениям и линеаментным структурам. Другим условием должно быть прохождение профильных линий через зоны прогнозного максимального падения пластового давления, т.е. фактически через зону максимальных оседаний.

2. При определении длины профильной линии реперов руководствуются, прежде всего, накопленными сведениями о граничных углах сдвижения на уже исследованных участках территории месторождения. Однако учитывая отсутствие таких сведений используются результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива при отработке месторождения, которые показали значение граничного угла сдвижения с поправками 60-55°, откладываемым от нижней границы водонефтяного контакта (ВНК), где должны располагаться кусты опорных реперов. По мере накопления результатов наблюдений величина граничного угла сдвижения уточняется.

3. Куст опорных реперов должен состоять не менее чем из трех опорных реперов, заложенных в вершинах треугольника со сторонами в среднем 50 м. Рекомендуется располагать опорные репера так, чтобы была возможность измерять превышения между ними с одной станции.

4. При определении расстояний между реперами использованы следующие положения.

Расстояние между рабочими реперами должно быть примерно одинаковым и составлять в среднем 500 м, т.к. прогнозируемые незначительные величины оседаний и горизонтальных смещений, а также большая глу-

бина разработки обуславливают возникновение плавной мульды сдвижений. Реперы, располагаемые через 500 м закладываются, по возможности, на возвышенных местах, не подверженных оползневым явлениям. В местах пересечения профильными линиями рек и крупных предполагаемых структурных особенностей горного массива рекомендуется сгущение реперов до 20-50 м и использование обычных реперов забивного типа. На данных участках земной поверхности дополнительно определяют горизонтальные деформации земной поверхности путем измерения расстояний между реперами стальными компарированными рулетками с применением жестких отвесов (конструкции ВНИМИ). Расстояния между реперами измеряют в прямом и обратном направлениях. Расхождение горизонтальных расстояний между крайними реперами прямого и обратного ходов не должно превышать 1/10000 длины профильной линии. Допускается использование светодальномеров и электронных тахеометров, дающих среднеквадратическую ошибку (СКО) измерения длины до 5 мм.

12.2.3 Априорная оценка точности геодезических наблюдений

По рабочим реперам профильной линии рекомендуется осуществлять нивелирование по методике II класса. Нивелирование между опорными реперами следует выполнять также по методике II класса. Программа и методика нивелирования II класса, выполняемого оптическими нивелирами, должна соответствовать программе и методике описанной в Инструкции по нивелированию I,II,III классов [8,10].

1. Перед началом очередной серии наблюдений определяются высотные отметки опорных реперов путем выполнения ходов подходного нивелирования от пунктов триангуляции. Допускается контроль высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов триангуляции, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений. Разность ежегодно получаемых высотных отметок опорных реперов от пунктов триангуляции, полученных из спутниковых наблюдений не должна превышать 10 мм. Высотные отметки всех опорных пунктов должны быть неизменны на протяжении всех циклов наблюдений. Если отметки опорных реперов, полученные из второй серии наблюдений сопоставимы (в пределах погрешности их определения) с отметками реперов, полученными из первой серии, разрешается производство наблюдений по рабочим реперам наблюдательной станции.

2. Периодичность наблюдений должна быть различной. В стадии пробной и опытно-промышленной эксплуатации месторождения, необходимо обеспечить проведение наблюдений один раз в год. По итогам этих исследований в течение трех-четырех последующих лет, при переходе в стадию промышленной эксплуатации в соответствии с «Технологической схемой разработки Марковского НГКМ», частоту наблюдений возможно принять два раза в год. В последующем рекомендуется дополнительно рас-

смотреть вопрос о проведении наблюдений с частотой раз в год или раз в два года, в зависимости от интенсивности развития деформационных процессов [3,4]. В случае возникновения сейсмических явлений или при интенсивном развитии процессов оседания (максимальное оседание - более 130 мм в год) необходимо выполнять наблюдения два раза в год.

3. При обнаружении мест концентрированных деформаций связанных с наличием тектонических нарушений, при наличии в данных местах инженерных сооружений (нефтепроводы, водоводы, кусты скважин, ДНС,

КНС, зон промышленной и гражданской застройки и т.д) рекомендуется увеличить количество выполняемых циклов наблюдений в таких местах до двух ежегодно.

4. При возникновении в районе месторождения техногенного сейсмического явления рекомендуется, по возможности, в кратчайшие сроки выполнить дополнительный цикл наблюдений.

5. Согласно требованиям Инструкции по нивелированию 1,11,III,IV классов, все высотные сети локальных и площадных геодинамических полигонов должны быть привязаны к высотной основе России для получения высот в единой Балтийской системе. Оба конца нивелирной сети для контроля точности нивелировки следует замкнуть на пункты государственной высотной сети. Допускается передача высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов высотной сети, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений, изложенной в разделе 2.7.

6. Перед производством работ инструмент и рейки необходимо тщательно поверять. Поверки оптического нивелира выполнить, согласно программе, изложенной в сборнике Инструкций по производству поверок геодезических приборов [18]. Соответствующие акты поверок приводить в отчете на проведение работ. При выполнении оптического нивелирования использовать только инварные рейки.

7. При выполнении нивелирования допускается использовать цифровые нивелиры, если инструменты сертифицированы для использования в нашей стране. Средние квадратические погрешности нивелирования, выполненного цифровым нивелиром должны соответствовать требованиям Инструкции по нивелированию I,II,III классов.

Программа и методика цифрового нивелирования должна соответствовать программе и методике для высокоточного нивелирования, изложенной в техническом руководстве пользователя.

Поверки цифрового нивелира выполнить перед выполнением работ согласно сервисным программам проверки и настройки прибора, изложенным в техническом руководстве пользователя.

Полевые журналы оптического нивелирования хранить в течение 5 лет. Сырые данные (файлы) цифрового нивелирования помещать на оптические носители и хранить до завершения отработки месторождения.

8. При камеральной обработке результатов наблюдений оптического нивелирования проверяется заполнение и состояния полевых журналов, контроль правильности выполнения полевых работ. Полевые журналы проверяются в две руки, в журналах осуществляется постраничный контроль.

Разность пяток реек на станции, контроль разницы превышений из прямого и обратного хода осуществляется непосредственно при полевых измерениях. Допуск разности превышений в секциях в миллиметрах вычисляется по формуле:

$$Д = \pm 5V\ L, мм,$$

где L-периметр секции при количестве штативов менее 15.

$$Д = +6V\ L, мм,$$

где L-периметр секции при количестве штативов более 15.

Среднее превышение в секции вычисляется как среднее арифметическое превышений из прямого и обратного ходов нивелирования

Уравнивание нивелирной сети рекомендуется выполнить как строгое уравнивание методом проф. В.В.Попова.

Абсолютные отметки каждого цикла наблюдений следует определять от опорных реперов по уравненным превышениям.

Суммарные оседания следует определять как разницу абсолютных отметок первого и текущего циклов наблюдений.

9. После окончания каждой серии наблюдений осуществляется обработка полевых измерений. Результаты наблюдений оформляются в соответствии с требованиями пункта 254 «Инструкции по производству маркшейдерских работ» РД 07-603-03. По результатам вычислений по каждой профильной линии на вертикальном разрезе строятся графики оседаний и, в случае необходимости, скоростей оседаний реперов, вертикальных (наклон и кривизна) деформаций. После очередной серии наблюдений графики пополняются. Графики горизонтальных сдвижений и деформаций строятся только для тех участков, где выполняются измерения длин линий между интервалами.

12.3--Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона

Изучение сдвижений и деформаций, происходящих в массиве требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений смещений реперов специально оборудованных наблюдательных станций - геодинамических полигонов. Жесткие требования к проведению подобного рода геодезических работ - обширные территории, охватываемые измерениями, высокий уровень точности определения величин сдвижений и деформаций, короткие периоды между сериями инструментальных измерений, все это предопределяет необходимость использования при проведении исследований современного высокоточного и производительного геодезического оборудования.

В настоящее время имеются две спутниковые системы определения координат: российская ГЛОНАСС (ГЛОбальная Навигационная Спутниковая Система) и американская NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging, Global Positioning System, т. е. «навигационная спутниковая система, обеспечивающая измерение времени и местоположения», «глобальная система позиционирования». Слово «позиционирование» означает «определение координат»).

Использование современной спутниковой технологии дает возможность для разработки метода выбора расположения пунктов геодинамического полигона в тех местах, которые наиболее интенсивно подвержены влиянию деформационных процессов, а не сточки зрения обеспечения прямой видимости между смежными пунктами.

При выполнении большинства геодезических измерений традиционными методами требуется не только прямая видимость, но и оптическая видимость между пунктами, следствием чего является необходимость выбора хороших условий видимости и соответствующего времени суток, что снижает производительность полевых работ. Спутниковые методы определения являются, по существу всепогодными, в результате чего измерения можно производить при любой погоде, в любое время суток и в любое время года, что очень важно, учитывая физико-географическую характеристику месторождения.

Системы ГЛОНАСС и GPS позволяют определять координаты точек на земной поверхности с высокой точностью:

$m = 5$ мм $+ D \cdot 10^{-6}$,

где D – расстояние между опорной (с известными координатами) и определяемой точками, км; m – средняя квадратическая ошибка определения приращений координат.

Основным режимом сбора данных для всех GPS съемок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от конкретного вида съемки, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS-84. Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных, сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах

обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS измерений и маркшейдерско-геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

Существуют несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS сети. Эти методы сбора данных со спутников различны по точности определения координат пунктов, времени наблюдений и производительности. Однако существует несколько условий, соблюдение которых необходимо для успешного выполнения любого вида GPS съемки:

1. Для выполнения геодезических GPS наблюдений векторов необходимо обеспечить одновременную работу как минимум двух GPS приемников, с последующим объединением накопленных ими данных.

2. Одновременный прием спутникового радиосигнала как минимум от четырех спутников, что бывает иногда затруднительно обеспечить в застроенных и залесенных районах.

3. Отсутствие в районе выполнение GPS измерений мощных работающих теле- и радиотрансляционных устройств, особенно с перископической схемой усиления радиосигнала, которые могут заглушать или искажать принимаемый со спутников радиосигнал.

Основные технологии GPS съемок приведены ниже, в таблице 15, в порядке возрастания точности определения координат.

Термин "статический" означает выполнение наблюдений с помощью неподвижного приемника, а "кинематический" - с помощью движущегося приемника. Временная потеря сигнала не так страшна для статического метода, как для кинематического.

Статическое абсолютное определение положения полезно, если нужна невысокая точность (от 5 м до 10 м), за сравнительно короткий интервал времени наблюдений. Кинематическое абсолютное определение положения используют для определения траектории транспортного средства в пространстве и времени с точностью от 10 м до 100 м).

Таблица 15 - Основные технологии GPS съемок

Название технологии, время измерения	Точность, м	Область применения
Навигационный режим, непрерывное слежение	10-15	Поиск точки по заранее известным координатам, поиск потерянных объектов по известным координатам, рекогносцировка местности.
Кинематика «real-time», 20-30 секунд на точку	0,1-0,3	Локальные топографические съемки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема.
Кинематика «continuous», непрерывное слежение	0, 05-0, 2	Локальные топографические съемки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала.
Кинематика «stop-and-go», 20-30 секунд на точку	0, 01-0, 03	Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала, создание съемочного обоснования.
Быстрая статика, 20-30 минут на точку	$(1\text{-}3)\cdot 10^{-3}$	Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км.
Статика, 40-60 минут на точку и более	$(1\text{-}3)\cdot 10^{-3}$	Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км.

Статическое относительное определение положения по наблюдениям фазы несущей в настоящее время является наиболее используемым геодезистами методом, и по-другому данный метод называется "статической съемкой". Принцип основан на определении вектора между двумя неподвижными приемниками. Различают "однобазовое" и "многобазовое" определения, причем последний термин применяют, если число пунктов превышает два. При статической съемке достижима относительная точность от 10^{-6} до 10^{-7}, что эквивалентно миллиметровой точности для баз длиной до нескольких километров.

Кинематическое относительное определение положения выполняется по одновременным наблюдениям на одном неподвижном и одном движущемся приемниках. Метод применяется там же, где и кинематическое абсолютное определение положения, но достигается более высокая точность. Точность в дифференциальном (по кодовым дальностям) определении находится на метровом уровне, а в относительном (по фазам несущей) методе достижима сантиметровая точность.

"Полукинематический" метод, или метод "остановки и движения" (Stop and Go), является комбинацией статического и кинематического относительных определений положения. В этом методе движение приемника чередуется с остановками в заданных пунктах. Наблюдения ведутся постоянно, но во время остановок накапливаются эпохи измерений и, соответственно, повышается точность определений. Метод часто называют просто "кинематической съемкой".

"Псевдокинематический" или "прерывистый статический" метод определения положения предполагает, что на интересующих пунктах наблюдения выполняют еще один раз (примерно через час после первого посещения пункта). Это делается для того, чтобы облегчить разрешение неоднозначности и получить более высокую точность. В основном эти цели достигаются вследствие изменения конфигурации сети спутников. При этом не требуется поддержания непрерывности сигнала между посещениями станции, и приемник во время движения можно даже отключать.

"Быстростатические" методы используют комбинации псевдодальностей и фаз несущей с целью выполнить быструю инициализацию (то есть разрешить неоднозначность) в статическом режиме. В этом случае требуются измерения как кода, так и фазы несущей, на обеих частотах. Наблюдения в течение 5 - 10 минут могут дать относительную точность 10^{-6}.

"Безостановочные (On-The-Fly)" методы позволяют выполнить инициализацию в кинематическом режиме, а не в статическом. Этот метод с использованием кодовых данных позволяет определять положения движущихся объектов с дециметровой и даже с сантиметровой точностью, если неоднозначности разрешены.

Выбор метода GPS съемки зависит, главным образом, от требуемой точности определения положений. При использовании одного приемника имеет смысл лишь определение координат одного пункта - "абсолютное определение положения" пункта. При этом не следует забывать, что неограниченный доступ возможен лишь к коду C/A, и что точность может быть искусственно ухудшена включением режима выборочного доступа (SA - Selective Availability). Более точный P-код в случае режима антиимитации (AS - Anti-Spoofing) или засекречивания P-кода доступен лишь пользователям, имеющим на это разрешение.

При использовании двух или большего числа приемников, один из пунктов служит корректирующей станцией, и на втором пункте достижимы более высокие точности. В дифференциальном режиме наблюдаются кодовые псевдодальности одновременно до четырех (обычно) или более спутников. Корректирующая станция вычисляет действительные поправки к наблюденным кодовым псевдодальностям. Эти поправки затем передаются различными средствами связи на неизвестные пункты,

приводя к уточнению независимо вычисленных положений. Поскольку Р-кодовые приемники обеспечивают точность кодовых дальностей на метровом уровне, с помощью дифференциального метода достижима субметровая точность определения положения. Следовательно, можно строить сети ниже третьего класса. Преимуществом метода кодовой псевдодальности является его нечувствительность к скачкам фазы и, до некоторой степени, к препятствиям около пункта. Значит, в лесных районах деревья оказывают на кодовые наблюдения меньше влияния, чем на измерения фазы несущей.

В настоящее время геодезические точности достижимы лишь при использовании измерений фаз несущей, выполненных в режиме относительного определения положений. Обработка вектора базы требует, чтобы фазы наблюдались одновременно на обоих концах базы. Следовательно, относительное определение положения было раньше возможно лишь в последующей обработке наблюдений.

Метод статической съемки является наиболее используемым, поскольку единственным основным требованием является относительное отсутствие препятствий для обзора неба на пунктах. Обычно для статической съемки нужно 60-120 минут наблюдений. Однако этот метод включает в себя использующий более короткие интервалы наблюдений (например, 10 минут) метод "широкой полосы (wide- line) или метод быстростатической съемки, основанный на быстром разрешении неоднозначности. Для длинных баз (> 50 км) обнаружение скачков фаз и разрешение неоднозначностей усложняется. В таких случаях может быть полезным использование дополнительных приемников в окрестностях обоих пунктов базы. Неоднозначности определяются для коротких баз и затем используются для определения неоднозначностей на длинных базах. Эта процедура называется "добавочным расширением (boot- strapping) сети. Обычно статическая съемка используется при государственных, областных и местных контрольных съемках, при фотоконтрольных съемках, при исследовании деформаций и границ плит.

Метод кинематической съемки является наиболее производительным в том смысле, что за наименьшее время можно определить положения наибольшего числа пунктов. Тогда как в статическом методе GPS требуется, чтобы спутники перемещались по небу, в кинематическом методе этого не требуется. Поэтому для кинематического метода является полезным предлагаемое совместное с GPS использование геостационарных спутников. Кинематическая съемка требует проведения тщательной рекогносцировки на местности, поскольку не только пункты остановок и неподвижные пункты, но и трасса между пунктами, по которой движется приемник, должны быть свободны от препятствий. Кинематический метод требует непрерывного сигнала от четырех или более спутников в течение всей съемки. На практике это означает, что движущийся приемник

не может проезжать под деревом или близко к столбу. Метод наиболее подходит широким открытым местностям с малым количеством препятствий, а также и для пригородов, где не слишком много больших деревьев нависает над дорогой. С помощью этого метода можно определять положение приемника, размещенного на наземном транспорте, движущемся по данному району по пересекающимся линиям. Трехмерные координаты этого приемника можно определить с высокой точностью (несколько сантиметров), так что возможно подготовить точную топографическую карту этого района.

Псевдокинематическая съемка наиболее близка к статическому методу. Такая съемка требует меньшего времени нахождения приемника в пункте, но нужно дважды побывать на обоих пунктах базы. Обычная схема наблюдений такова: пребывание на обоих пунктах в течение пяти минут, переезд к другим пунктам, и, через один час после первого посещения первой пары пунктов, возврат к ней для повторного наблюдения в течение пяти минут. Преимуществом этого 10-минутного (в сумме) интервала наблюдений, в отличие от 60-минутного, является наличие некоторого промежутка времени, потерянного на переезд к пунктам для повторного наблюдения. Псевдокинематический метод оптимален для ситуаций, когда пункты находятся вдоль дороги, по которой наблюдатели могут быстро двигаться в промежутках между наблюдениями на пунктах. Главным преимуществом метода является то, что за заданный интервал времени можно побывать на большем числе пунктов, чем при использовании обычного статического метода. В сравнении с кинематическим методом, допускается потеря сигнала, а число спутников не играет такой существенной роли. Слабой стороной метода является необходимость возвращения на пункты. Это ограничивает метод лишь локальными его применениями. Поэтому главным конкурентом метода является быстростатический метод определения положений, в котором нет необходимости вновь посещать пункты.

На практике лучше использовать комбинации этих трех методов. Например, статический и псевдокинематический методы можно использовать для установления широкой структуры сети контрольных пунктов и для установки пунктов на другой стороне препятствий, таких, как мосты. Кинематическую съемку можно применить для определения координат большой части пунктов, используя статические пункты в качестве контрольных и для проверки качества наблюдений. Для таких смешанных пунктов необходима тщательная рекогносцировка.

Для того чтобы иметь опорную сеть для последующих съемок и дать возможность преобразования GPS результатов к национальной системе координат, используют два типа контрольных GPS сетей: пассивные контрольные сети и активные контрольные сети. Пассивная сеть привязана к существующим триангуляционным монументам и высотным реперам. Недостатком такой сети является требование выполнения

наблюдений на многих пунктах и поддержка этих пунктов. Однако эта система подходит, когда имеются густые национальные триангуляционные сети и когда контрольная сеть служит другим целям, как, например, геодинамическим исследованиям.

Целями активной контрольной сети являются вычисление и распространение в (почти) реальном времени дифференциальных поправок для пользователей, имеющих лишь один приемник, а также вычисление точных эфемерид в процессе постобработки (в офисе). Сбор и распространение данных выполняется с помощью высокоскоростных наземных, а также спутниковых систем связи.

12.2.4 Организация и планирование полевых работ

Для успешного применения комплексов спутниковой геодезии при изучении процесса деформирования породного массива большое значение имеет организация и планирование полевых работ. Исследование деформаций породного массива в мониторинговом режиме, подразумевает многократное, от цикла к циклу, выполнение точных геодезических измерений на одних и тех же пунктах сети, по одной программе работ с дальнейшим анализом изменений геометрических взаимосвязей между реперами. Из этого вытекает важная особенность геодинамического полигона: возможность детального изучения условий проведения наблюдений на каждом пункте сети и использование их при планировании времени и периода проведения спутниковых измерений, специальная подготовка отдельных пунктов сети с целью устранения причин затрудненного или некачественного приема спутникового радиосигнала.

Точность спутниковых определений зависит от конфигурации спутникового созвездия в период выполнения приема. Влияние конфигурации спутникового созвездия на точность спутниковых определений характеризуется фактором понижения точности DOP (dilution of precision), представляющим собой отношение средней квадратической погрешности определения местоположения к средней квадратической погрешности измерения расстояний до наблюдаемых спутников. Фактор DOP имеет несколько видов, основные из которых приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Виды фактора понижения точности (DOP)

Вид DOP	Обозначение	Определяемые параметры
Геометрический	GDOP	координаты, высота, время
Позиционный	PDOP	координаты, высота
Горизонтальный	HDOP	координаты
Вертикальный	VDOP	высота

Фактор DOP характеризуется безразмерной величиной, изменяющейся в пределах первых десятков. Наивысшая точность спутниковых определений достигается при наименьших значениях DOP.

Идеальная для спутниковых определений конфигурация спутникового созвездия достигается в случае, когда один из спутников находится в зените, а остальные равномерно распределены по окружности с центром в определяемой точке так, что их возвышение над горизонтом составляет 20°. Ситуация, когда спутники сгруппированы в небольшой части неба, является неблагоприятной.

Для определения периода времени, благоприятного для выполнения спутниковых наблюдений, на стадии проектирования работ выполняется прогнозирование спутникового созвездия.

Исходными данными для прогнозирования спутникового созвездия являются координаты объекта работ и эфемеридная информация о спутниках. В случае если в районе расположения пунктов геодезической основы, съёмочного обоснования или топографических съёмок имеются предметы или сооружения, препятствующие прохождению радиосигналов от спутников, то в качестве исходной информации при прогнозировании необходимо использовать также значения высот и азимутов границ нахождения препятствий.

В качестве исходных координат объекта работ используют географические координаты, взятые с точностью до 1°.

Эфемеридную информацию в виде файла, называемого в эксплуатационной документации альманахом, получают либо из специально для этого выполняемых спутниковых определений, либо используют эфемеридную информацию, образовавшуюся в процессе каких-либо ранее выполненных спутниковых определений. В любом случае спутниковые определения для получения альманаха должны быть выполнены в дату, отстоящую не более чем на 30 суток от даты, на которую выполняют прогнозирование. Если для получения альманаха специально проводят спутниковые определения, то их выполняют одним приёмником в течение 5 минут.

Для объекта работ или его части, где препятствия прохождению радиосигналов, передаваемых спутниками, отсутствуют, прогнозирование выполняют сразу для всех пунктов и снимаемых участков объекта.

В случае если на объекте работ препятствия имеются, прогнозирование должно быть выполнено с учётом этого обстоятельства. Оно должно быть осуществлено в отдельности для каждого пункта, если выполняют подготовку к производству работ по развитию съёмочного обоснования, или в отдельности для каждого участка съёмки, в пределах которого условия прохождения радиосигналов можно принять одинаковыми, если производят подготовку к выполнению съёмки. При этом используют высоту и азимут объектов, препятствующих прохождению радиосигналов от спутников, определённые в ходе рекогносцировки.

Прогнозирование спутникового созвездия выполняют на ЭВМ с помощью программного пакета, входящего в комплект спутниковой аппаратуры, как описано в прилагаемой эксплуатационной документации.

При прогнозировании для каждого пункта геодезической основы или съёмочного обоснования, или участка съёмки в функции времени суток получают график числа доступных для наблюдения спутников и график значений PDOP (GDOP), на каждую дату предстоящих работ. Данная информация выводится на дисплей ЭВМ или может быть напечатана как в графической форме, так и в форме таблиц. Кроме того, может быть составлена диаграмма видимых положений спутников на небесной сфере в некоторый задаваемый интервал времени.

По полученным графикам и таблицам находят периоды, оптимальные для наблюдения спутников на пунктах геодезической основы или съёмочного обоснования или участках съёмки, которые используются для планирования сеансов наблюдений.

Как показывает практика, благоприятными для производства измерений являются промежутки времени, когда обеспечивается прием спутникового радиосигнала от 7-8 и более спутников при коэффициенте PDOP меньшем 4. При таких условиях наблюдений, возможно, проводить измерения на миллиметровом уровне точности.

Перед началом наблюдений должна быть произведена привязка (определение координат x, y, z) всех опорных реперов профильных линий геодинамического полигона к ближайшим пунктам триангуляции.

При выполнении спутниковых измерений, как правило, используются трехсуточные сеансы наблюдений с применением двухчастотных приемников. Результаты измерений заносят в таблицу 17.

Таблица 17 – Изменения плановых и высотных координат опорных пунктов

№№ п/п	Номер опорного пункта	Дата наблюдений	Условные плановые и высотные координаты, м		
			X	У	Z
1		…	…	…	…
2	…	…	…	…	…
3		…	…	…	…

Существуют общие указания по выполнению спутниковых определений:

1. В продолжение приёма необходимо непрерывно наблюдать как базовой, так и подвижной станциями не менее 4 спутников одновременно; при применении динамических методов, и особенно кинематического метода, рекомендуется наблюдать не менее чем 5 спутников. Состав спутников в продолжение приёма может меняться.

2. При применении любого из методов спутниковых определений приём, выполняемый базовой станцией, всегда следует производить в следующей последовательности:

- провести развёртывание аппаратуры, установить приёмник на пункте и определить высоту антенны;

- подготовить приёмник к работе, как указано в эксплуатационной документации;

- установить режим регистрации данных наблюдения спутников;

- пользуясь клавиатурой, ввести в запоминающее устройство: значение номера пункта, значение высоты антенны и вспомогательную информацию: время начала и конца приёма, потерь связи и др.;

- провести приём наблюдений спутников в течение времени, указанного в рабочей программе полевых работ для применяемого метода спутниковых определений;

- выключить режим регистрации данных и выполнить свёртывание аппаратуры;

- в заключение работ на объекте следует выполнить вычислительную обработку данных наблюдений спутников.

3. При выборе значения интервала регистрации необходимо руководствоваться эксплуатационной документацией используемого типа приёмника с учётом применяемого метода спутниковых определений. Значение интервала регистрации должно быть одинаковым для всех приёмников, используемых в сеансе.

4. Высоту антенны необходимо определять на каждом пункте и пикете. При этом следует руководствоваться эксплуатационной документацией комплекта приёмника. Во избежание ошибок, рекомендуется производить измерения в метрической мере и в дюймах.

При работе со спутниковой аппаратурой необходимо соблюдать следующие правила:

- следить за индицируемым на дисплее значением свободного объёма запоминающего устройства приёмника и вовремя принимать меры по передаче накопившейся информации в ЭВМ;

- во избежание утраты данных спутниковых определений, по окончании каждого рабочего дня копировать полученные данные на дискету (PC-карту);

- всегда отражать в полевом журнале (или его электронном аналоге) ход выполнения работ: время начала и конца приёма, инициализации, потери связи и т.п.;

- не допускать образования толстого снежного покрова на поверхности антенны приёмника и её обледенения;

- беречь антенну от попадания разряда молнии;

- по окончании рабочего дня упаковывать комплект спутниковой аппаратуры в транспортировочные ящики во избежание механических повреждений или воздействия метеофакторов.

Состав комплекта аппаратуры и оборудования, необходимого для выполнения полевых работ включает: приёмник в составе блоков, содер-

жащих функциональные элементы и принадлежностей, необходимых для приведения его в рабочее состояние (кабелей и др.); укладочную тару для хранения и перемещения приёмника (футляр, рюкзак и т.п.); устройства для установки приёмника на точке (штатив, веха, трегер, адаптеры и т.п.).

Вспомогательное оборудование: трегеры, стойки быстрого развёртывания; сменные аккумуляторные батареи; осветительные приборы (для работы в тёмное время суток); рулетка; описание местоположения точек; сторожки, колья, гвозди, топор; полевой журнал, карандаш, авторучка; эксплуатационная документация.

По условиям организации работ могут быть необходимы также устройства хранения, передачи и обработки информации - PC-карты, дискеты, полевой компьютер (ноутбук), модем и принадлежности к ним, - а в необжитой местности, кроме того, - зарядное устройство и агрегат для подзарядки аккумуляторов.

Для успешного выполнения работ по наблюдениям за деформациями земной поверхности на Тагульском газонефтяном месторождении необходимо развитие обоснования для последующих наблюдений, причем пункты обоснования должны находиться вне зоны возможных деформаций земной коры. С этой целью и были запроектированы опорные репера.

Для достижения миллиметрового уровня точности развитие обоснования необходимо запроектировать методом построения сети, соответственно программа полевых работ на объекте должна быть составлена так, чтобы все линии сети были определены независимо друг от друга. При этом необходимо запроектировать определение линий от каждого вновь определяемого пункта обоснования не менее чем до трех пунктов, а для увеличения количества избыточных измерений, которые необходимы для качественного уравнивания сети, следует увеличивать количество исходных пунктов до четырех.

Таким образом, создается калиброванный район работ в зоне действия каркаса из исходных пунктов и базовой станцией на опорном репере. В нашем случае создается несколько калиброванных районов работ и дальнейшее проектирование наблюдений за положением рабочих реперов должно строго исходить из соображения «каркасности» с опорой на базовую станцию. Причем от цикла к циклу это условие должно неукоснительно соблюдаться. Все эти требования необходимы для минимизации погрешностей при определении положения рабочих реперов в каждом цикле наблюдений.

12.3.5 Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе

При разработке нефтегазоконденсатных месторождений вступают в силу следующие Федеральные законы, нормативные правовые акты и нормативно-технические документы:

1. Закон РФ «О недрах» в редакции 03.03.95 г. № 27 ФЗ….

2. Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.97 № 116-ФЗ

3. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Правила охраны недр. (ПБ 07-601-03). Серия 07. Выпуск 11/ М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 64 с.

4. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01. Введено в действие постановлением Госгортехнадзора России от 20.06.01 № 20.

5. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2004. – 120 с.

Горная промышленность относится к опасным производственным объектам.

Общая безопасность в районе работ обеспечивается Заказчиком.

Охрана труда обеспечивается согласно требованиям инструкции по технике безопасности при топографо-геодезических работах. Руководитель полевых работ до начала изысканий проверяет прохождение работником инструктажа по технике безопасности. Ответственным за соблюдение ТБ при производстве работ является руководитель полевой бригады. Все полевые и камеральные работы выполняются в соответствии со СНиП 11-02-96; СП 11-104-97; так же в соответствии с принятыми на предприятии инструкциями по ТБ и охране труда.

До начала работ на территории промышленных объектов необходимо получить в органах, ведающих данной территорией, разрешение на право производства работ и согласовать требования по безопасности, предъявляемые местными организациями к проведению планируемых работ по созданию геодинамического полигона.

Все работы должны выполняться с соблюдением действующего законодательства об охране окружающей среды (охрана недр, лесов, водоемов и т.п.). Неблагоприятные последствия воздействия на окружающую среду при производстве геодезических работ должны ликвидироваться организациями, производящими эти работы.

Запрещается проведение полевых топографо-геодезических работ в необжитой местности в одиночку или малыми группами менее трех человек.

При выполнении производственного задания группой работников в составе двух и более человек один из них должен быть назначен старшим, ответственным за безопасное ведение работ, распоряжения которого для всех членов группы являются обязательными.

Запрещается допускать к работе лиц в нетрезвом состоянии.

При проведении полевых работ по созданию геодинамического полигона и наблюдений запрещается принимать на работу лиц моложе 18 лет.

Рабочие и инженерно-технические работники должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в порядке, установленном приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации. Запрещается принимать на работу или допускать к работе лиц, которым по состоянию здоровья противопоказаны определенные виды работ и профессии.

Все рабочие и служащие могут быть допущены к самостоятельной работе только после прохождения инструктажа по технике безопасности, пожаробезопасности, стажировки на рабочем месте и проверки полученных знаний комиссией.

По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж по безопасности труда проводят со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности.

О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте должны пройти стажировку под руководством лиц, назначенных приказом.

Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

Повторный инструктаж проходят все рабочие независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы не реже одного раза в полугодие.

Внеплановый инструктаж проводят:

- при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

- при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;

- при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;

- по требованию органов надзора;

- при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ – 60 дней.

Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности.

Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой проводит непосредственный руководитель работ.

Инструктажи на рабочем месте завершаются проверкой знаний устным опросом или с помощью технических средств обучения, а также проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж.

Лица, показавшие неудовлетворительные знания, к самостоятельной работе или практическим занятиям не допускаются и обязаны вновь пройти инструктаж.

О проведении первичного инструктажа на рабочем месте, повторного, внепланового, стажировки и допуске к работе работник, проводивший инструктаж, делает запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

При регистрации внепланового инструктажа указывают причину его проведения.

Целевой инструктаж с работниками, проводящими работы по наряду-допуску, разрешению и т.п., фиксируется в наряде-допуске или другой документации, разрешающей производство работ.

Спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, выдаваемые работникам, а также средства коллективной защиты и предметы лагерного снаряжения и оборудования, должны соответствовать характеру и условиям выполняемой работы, отвечать требованиям действующих стандартов и обеспечивать безопасность труда.

Выдаваемые в полевые бригады оборудование, инструменты и механизмы должны быть в исправном состоянии и иметь соответствующий сертификат или паспорт, подтверждающие их техническое состояние и со-

ответствие выполняемому виду работ. Выдача транспортных средств, а также буровых установок и самоходных механизмов производится по акту готовности к эксплуатации в полевых условиях.

В полевом подразделении каждый работник должен постоянно заботиться о сохранении и укреплении своего здоровья и строго соблюдать требования санитарии и личной гигиены и тем самым способствовать успешному выполнению производственного задания. В этом отношении руководитель подразделения должен служить примером для остальных членов коллектива и требовать от них четкого выполнения установленных правил.

Все работники, командируемые на полевые работы, должны быть обучены правилам оказания первой помощи при несчастных случаях (ожогах, кровотечении, переломах и т.п.). В полевой бригаде один из работников должен иметь знания по оказанию первой медицинской помощи в пределах требований санитарного инструктора.

При работах в полярных районах, при длительных переходах по снежному покрову следует надевать очки с темными стеклами.

Свободное время от работы работники полевых подразделений проводят по своему усмотрению, но каждый обязан помнить, что он не должен нарушать установленного порядка, а в жилых помещениях обязан считаться с интересами живущих с ним товарищей.

13 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асаченков Л.М. Маркшейдерские работы при строительстве и реконструкции шахт: учеб. пособие/ Л.М. Асаченков. – М.: Недра, 1987. – 199 с.
2. Геодезические работы в строительстве/ В.Н. Ганьшин [и др.], под ред. В.Н. Ганьшина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1984. – 447 с.
3. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства/ Ф.В. Андреева [и др.]. – М.: Недра, 1988. – 270 с.: ил.
4. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов/Е.Б.Клюшин [и др.]; под ред. Д.Ш.Михелева. – 6-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 480 с.
5. Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов/ Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
6. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках: справочник/ В.Н. Попов [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 424 с.
7. Маркшейдерское дело: учебник для вузов/ Д.Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
8. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации/ГКИНП (ГНТА) – 01 – 006 – 03 – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 14 с.
9. Поклад Г.Г. Геодезия: учебник для вузов/ Г.Г. Поклад. – М.: Недра, 1988. – 304.
10. Справочник по геодезическим работам в строительно-монтажном производстве/ С.П. Войтенко [и др.], под ред. Ю.В. Полищук. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
11. Сундаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий/ Я.А. Сундаков. – М.: Недра, 1972. – 362 с.
12. Богданов. Закладка геодезических центров в районах многолетней мерзлоты. - М.: Недра, 1990. – 159 с.
13. Ганьшин В.Н., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. и др. «Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов». М.: Недра, 1981. – 215 с.
14. Генике, Г.Г. Побединский. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: 1999. – 271 с.

15. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Утверждена постановлением Госгортехнадзора России № 73 06.06.2003г. Москва, 2003 г.
16. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. ГКИНП (ГНТА) – 03-010-03, – М.: ЦНИИГАиК, 2004 г.
17. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1988. – 112 с.
18. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99. – М.: ЦНИИГАиК, 1999 – 32 с.
19. Инструкция по созданию наблюдательных станций и производству инструментальных наблюдений за процессами сдвижения земной поверхности при разработке нефтяных месторождений в регионе Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). - Пермь, изд.ПермГТУ. - 2003. - 34с.
20. Лазарев Г.Е., Самошкин Е.М. Основы высшей геодезии. М.: Недра, 1980. – 424с.
21. Методические указания по созданию, контролю и реконструкции маркшейдерско-геодезических сетей на нефтяных и газовых месторождениях с использованием спутниковой аппаратуры. – Санкт-Петербург, 1998.
22. Положение о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых». Утвержденно постановлением Федерального горного и промышленного надзора России № 64 от 30 августа 1999 г.
23. «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей», – М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат, 1993 – 104 с.
24. «Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети», Издание официальное, – М.: ЦНИИГАиК, 2001 – 30 с.
25. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. С.-Петербург: Изд. ВНИМИ, 1998 –291 с.
26. Проект формирования геодинамического полигона Марковского ГМК ОАО «Устькутнефтегаз» Т. 2 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников. – 2008. – 33 с.
27. Расчет оседаний земной поверхности и проект геодинамического полигона Марковского нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской области: отчет по НИР Т. 1 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников; исполнит.: Ю.А. Калашников, С.В. Гладышев, С.Г. Ашихин, С.Н. Попов, Е.С. Варнина. – 2008. – 52 с.

28. Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для объектов топливно-энергетического комплекса. М.: 1997 – 123с.

29. Сидоров В.А., Хитров В.М., Кузьмин Ю.О. Концепция геодинамической безопасности освоения углеводородного потенциала недр России. – М.: изд.МГГРИ. –1998г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«___»_____2019 г.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений:
Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «___»_____2019 г., протокол №_____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	
1	Методические указания к организации самостоятельной работы обучающихся	5
2	Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения.	6
3	Методические указания к выполнению расчётно-графических работ	13
	Рекомендуемая литература	17

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 67 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачёт. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку обучающихся. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи маркшейдерского обеспечения подводной разработки месторождений.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные практические задачи маркшейдерских работ при подводной разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Назовите основные научно-технические задачи, решаемые при маркшейдерском обеспечении подводных разработок месторождений.
3. Какова связь данного курса с другими дисциплинами?
4. Предмет, объекты изучения и задачи курса «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений».
5. Каковы организационные и технические особенности маркшейдерских работ при подводной разработке месторождений?.

Тема 2. Общие сведения о геологии и технологиях разработки подводных месторождений полезных ископаемых

Геологическое строение месторождений полезных ископаемых на шельфе, в том числе месторождений нефти и газа. Геологическая разведка подводных месторождений.. Производственные процессы при подводной добыче полезных ископаемых.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Коллекторы нефти и газа, их характеристика?
2. Системы разработки залежей нефт на шельфе.
3. Каковы стадии разработки месторождений нефти и газа на шельфе?
4. Как производится геологическая разведка месторождений нефти и газа на шельфе?

5. Что такое пластовое давление и как оно меняется в процессе разработки месторождений нефти и газа?.

Тема 3. Инфраструктура горных предприятий при подводной добыче полезных ископаемых

Основные структурные элементы горных предприятиё при подводной добыче твёрдых полезных ископаемых. Основные структурные элементы горных предприятий при подводной добыче нефти и газа. Коммуникации промысла.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое инфраструктура буровой платформы?
2. Какова стандартная инфраструктура буровой платформы?
3. Перечислите стандартные коммуникации нефтепромысла на буровой платформе?
4. Какие вы знаете способы утилизации попутного нефтяного газа?
5. Инфраструктура горных предприятий при подводной добыче золота и марганца?

Тема 4. Создание опорных и съёмочных геодезических сетей при подводной добыче полезных ископаемых

Особенности методов построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей при подводной добыче полезных ископаемых Закрепление опорных пунктов. Способы развития опорных сетей. Способы создания высотной сети.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Особенности построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей на нефтепромысле при подводной добыче?
2. Особенности привязки опорных маркшейдерских сетей к государственным геодезическим сетям на нефтепромыслах при подводной добыче.
3. Какие виды геодезических сетей используются на нефтепромыслах при подаодной добыче?

4. Какие методы построения съёмочных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке подводных месторождений?
5. Какие методы построения опорных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке подводных месторождений?

Тема 5. Маркшейдерское обеспечение процесса обустройства подводной разработки месторождений

Создание опорных геодезических сетей на морских платформах различных типов и в прибрежной части. Понятие о строительной сетке. Связь строительной сетки и опорной геодезической сети. Вынос в натуру строительных осей объектов при монтаже инженерных сооружений.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве буровой платформы.
2. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве предприятий при подводной добыче золота и марганца в прибрежной зоне.
3. Создание опорной и съёмочной геодезических сетей на буровой платформе.
4. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве подводных нефтепроводов.
5. Маркшейдерские работы при изысканиях, строительстве и эксплуатации морских буровых платформ?
6. Что такое геодезическая строительная сетка и каковы способы её построения?
7. Технология выноса в натуру строительных осей инженерных сооружений.
8. .Технологии детальной разбивки осей инженерных сооружений.
9. Какова связь строительной геодезической сетки и опорной маркшейдерской сети?
10. Технологии маркшейдерского контроля инженерных сооружений по высоте.

Тема 6. Маркшейдерское обеспечение строительства и эксплуатации морских платформ.

Виды морских платформ и добывающих скважин (одиночные кусты скважин, скважины с горизонтальным отходом). Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки. Контроль траектории бурения скважины. Маркшейдерские работы при обустройстве кустовой площадки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. 1. Виды и назначение скважин на нефтегазовых месторождениях.
2. Маркшейдерские работы при определении фактических координат и высот устьев скважин на нефтегазовых месторождениях.
3. Какие задачи должны быть решены маркшейдером при задании направления скважины?
4. Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки?
5. Маркшейдерский контроль траектории бурения скважины?
6. Построение фактической траектории пробуренной скважины по данным инклинометрической съёмки?
7. Каковы допустимые предельные погрешности при перенесении в натуру проектного положения устьев скважин?
8. Контрольные предельные параметры при строительстве буровой вышки.
9. Какие маркшейдерские работы выполняются при обустройстве буровой платформы?
10. Как производится исполнительная съёмка буровой платформы?

Тема 7. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов

Понятие об опасных производственных объектах. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов. Возможные аварийные ситуации при эксплуатации нефтепромыслов, способы их предупреждения и ликвидации последствий. Экологические последствия эксплуатации морских платформ.

.***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Понятие об опасных производственных объектах.
2. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов?
3. Каковы виды деформаций опасных производственных объектов?
4. Как проектируются нивелирные сети для мониторинга осадок инженерных сооружений на нефтепромыслах?
5. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций резервуаров временного хранения нефти?
6. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций нефтепроводов?
7. Как определяются деформации поверхности буровых платформ?
8. Как осуществляется маркшейдерский контроль крена буровой вышки ?
9. Каковы возможные аварийные ситуации при эксплуатации буровых платформ, способы их предупреждения и ликвидации последствий?
10. Каковы экологические последствия эксплуатации нефтепромыслов на море?

Тема 8. Маркшейдерское обеспечение геодинамической безопасности при разработке месторождений нефти и газа

Создание геодезических сетей для наблюдений за деформациями земной поверхности и сооружений. Методы наблюдений. Наблюдения за деформациями земной поверхности на большой площади. Наблюдения за деформациями земной поверхности в зонах тектонических разломов и контактов. Наблюдения с применением дистанционных методов зондирования Земли.

***Контрольные вопросы и упражнения*:**

1. 1. Каковы маркшейдерские методы наблюдения за деформациями дна водоёмов на территориях подводных нефтегазовых месторождений?
2. Что такое геодинамический полигон и для чего он нужен?

3. Роль спутниковых координатных определений при создании геодинамического полигона на нефтегазовом месторождении.
4. . Наблюдения за деформациями поверхности дна моря на шельфе в зонах тектонических разломов и контактов.
5. Наблюдения за деформациями земной поверхности и бкровых платформ с применением дистанционных методов зондирования Земли (по спутниковым радарным снимкам).

Методические указания к выполнению расчётно-графических работ

Расчётно-графическая работа № 1

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья»

Тема: РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ СКВАЖИНЫ ПО ДАННЫМ ИНКЛИНОМЕТРИИ

***Цель работы*:** освоить методику определения пространственного положения оси скважины по данным инклинометрических измерений. Определить координаты точки встречи скважины с пластом. Построить вертикальный разрез по скважине и план искривления скважины.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор, геодезический транспортир.

Содержание задания:

По данным инклинометрической съемки скважины произвести расчет координат точек замеров, определить координаты и высотную отметку точки встречи скважины с пластом. Построить план искривления скважины в масштабе 1:1000 и проекцию траектории скважины на вертикальную плоскость.

Исходные данные:

Пространственные координаты устья скважины приведены в таблице № 1. Данные инклинометрической съемки приведены в таблице № 2. Расстояние между точками замеров принять равным **50 (100)** м. поправка для перехода от гироскопического азимута к дирекционному углу равна минус **$3^0$20”**

***Таблица 1*- Координаты устья скважины (т. С)**

№ варианта	Координаты, м		Высотная отметка, м		№ варианта	Координаты, м		Высотная отметка, м
	X	Y	H			X	Y	H
1	191,816	64,186	415,0		19	93,807	219,764	402,0
2	192,186	67,812	416,0		20	264,218	232,614	404,5
3	68,821	134,164	417,0		21	224,146	69,825	406,0
4	201,713	71,807	418,0		22	267,815	243,707	405,5
5	58,822	122,618	419,0		23	245,321	58,517	407,0
6	296,307	191,406	420,0		24	164,128	278,617	407,5
7	261,128	27,316	421,0		25	89,801	157,411	408,5
8	62,108	61,406	422,0		26	126,706	288,617	409,0
9	149,206	48,311	423,0		27	224,627	217,232	410,5
10	71,307	52,618	424,0		28	72,326	218,604	411,5
11	81,623	218,322	412,0		29	161,328	64,681	404,0
12	66,213	134,617	411,0		30	193,681	68,713	402,5

13	225,164	69,815	410,0		31	69,217	45,186	400,5
14	168,518	225,707	409,0		32	232,713	72,807	398,5
15	47,113	267,715	408,0		33	159,821	63,516	396,5
16	95,811	217,716	407,0		34	297,304	272,608	397,5
17	88,118	109,141	406,0		35	262,821	108,316	398,0
18	207,607	287,716	405,0		36	103,104	122,801	394,5

***Таблица № 2* – Результаты инклинометрических измерений**

Номер точки замера	Гироскопический азимут, градус	Зенитный угол	Примечание
С	0	5	Устье скважины
1	70	10	
2	75	15	
3	80	20	
4	85	25	
5	90	30	
6	95	35	

Вычисления свести в таблицу.

Номера точек замера	Зенитный угол	Расстояние межу точками замера (по геофиз. кабелю)	Превышения межу точками замера	Горизонтальныепроложения	Гироскопический азимут	Дирекц. угол интевала	Приращения координат, м		Координаты, м		Высотные отметки, м
							Х	У	Х	У	Н

Расчётно-графическая работа № 2

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГРУНТА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОТСЫПКИ ПЛОЩАДКИ КУСТОВОГО БУРЕНИЯ

***Цель работы*:** освоить методику определения объемов отсыпки кустовых площадок с учетом просадок основания насыпи. Научиться определять объем необходимого грунта в плотном теле. Построить план кустовой площадки и поперечный вертикальный разрез насыпи.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор.

Содержание задания:

Площадка для выполнения кустового бурения отсыпается скальным грунтом на горизонтальное основание из суглинков. По исходным данным (габаритам площади и заложению откосов) построить план площадки в масштабе 1:1000 или 1:2000 и поперечный разрез в масштабе 1:100. Определить прогнозную величину осадок основания насыпи. Определить объем насыпи выше исходной поверхности отсыпки и объем просадок основания насыпи, а также общий объем необходимого грунта. Перевести объем насыпанного грунта в плотное тело (объём породы в целике).

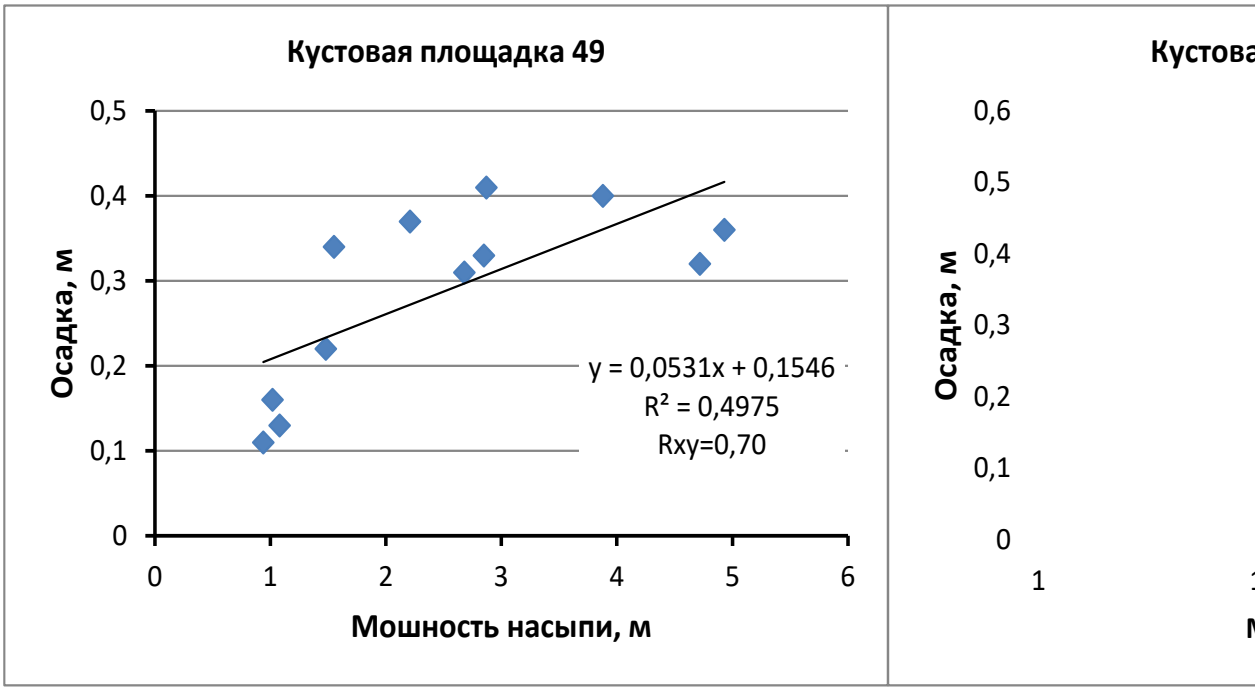
Исходные данные:

Габариты площадки. Высота насыпи. Заложение откоса. Зависимость для определения просадок основания насыпей.

***Таблица 1*- Проектные параметры кустовой площадки**

Номенр-вариан та	Длина, м	Ширина, м	Высота отсыпки, м	Заложение откоса		Номенрвариан та	Длина, м	Ширина, м	Высота отсыпки, м	Заложение откоса
1	100	50	1,2	1:1,5		20	200	120	3,0	1:2,5
2	100	50	1,4	1:1,5		21	250	150	1,2	1:3
3	100	50	1,6	1:1,5		22	250	150	1,4	1:3
4	100	50	1,8	1:1,5		23	250	150	1,6	1:3
5	100	50	2,0	1:2		24	250	150	1,8	1:3
6	100	50	2,2	1:2		25	250	150	2,0	1:3
7	100	50	2,4	1:2		26	250	150	2,2	1:3
8	100	50	2,6	1:2		27	250	150	2,4	1:3
9	100	50	2,8	1:2		28	250	150	2,6	1:3
10	100	50	3,0	1:2		29	250	150	2,8	1:3
11	200	120	1,2	1:2		30	250	150	3,0	1:3
12	200	120	1,4	1:2		31	300	160	1,6	1:2
13	200	120	1,6	1:2		32	300	160	1,8	1:2
14	200	120	1,8	1:2		33	300	160	2,0	1:2
15	200	120	2,0	1:2		34	300	160	2,2	1:2
16	200	120	2,2	1:2,5		35	300	160	2,4	1:2
17	200	120	2,4	1:2,5		36	300	160	2,6	1:2
18	200	120	2,6	1:2,5		37	300	160	2,8	1:2
19	200	120	2,8	1:2,5		38	300	160	3,0	1:2

1. Вычисление прогнозной просадки основания насыпи под действием веса насыпного грунта определяем по эмпирической зависимости, график которой представлен на рисунке.



$$h_{\text{просадок}} = 0.053m + 0.154 \text{ (м)},$$

m – мощность (высота) насыпи, м.

2. Коэффициент перехода от насыпного уплотненного грунта к объему в массиве (в плотном теле) для скальной породы составляет 0,87.

Рекомендуемая литература

1. Геодезия и маркшейдерия : учебник для вузов по специальности "Физические процессы горного или нефтегазового производства" направления подготовки дипломированных специалистов "Горное дело" В. Н. Попов [и др.]; под ред. В. Н. и др., 2010. - 452 с.

2. Кашников Ю. В., Беляев К.В., Богданец Е.С., Согорин А.А. Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений нефти и газа. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2018. - 454 с.

3. Жаркимбаев Б.М., Калыбеков Т., Рысбеков К,Б. Маркшейдерия при разработке месторождений нефти и газа: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2005. – 223 с.

4. Загибалов А. В. Маркшейдерия. Маркшейдерское обеспечение разработки нефтегазоконденсатных месторождений : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загибалов, А. В. Волохов, изд-во ИрНИУ, 2015. - 153 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Б. Шмонин

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

1. Задачи маркшейдерского обеспечения подводной разработки месторождений 5
2. Геодезическое обоснование на промышленной площадке 6
2.1. Назначение и классификация геодезических сетей 6
2.2. Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток 12
2.3. Проектирование строительной сетки 14
2.4. Вынос в натуру строительной сетки 16
2.5. Общие сведения и понятия о разбивках 20
2.6. Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений .. 31
3. Понятие о вертикальной планировке, земляные работы на промышленной (строительной) площадке 35
4. Геодезическо-маркшейдерское обеспечение при возведении инженерных сооружений 40
4.1. Работы нулевого цикла 40
4.2. Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаменты 42
4.3. Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений 46
5. Исполнительные съемки в промышленном строительстве, маркшейдерско-геодезическая документация 47
6. Маркшейдерско-геодезические работы при строительстве буровых скважин 54
6.1. Основные положения 54
6.2. Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин 55
6.3. Работы при сооружении буровой установки 58
6.4. Работы при строительстве кустов скважин 59
6.5. Наклонно-направленное бурение 61
6.6. Профили наклонно направленных скважин. 61
6.7. Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве 63
7. Математические методы и алгоритмы построения траектории ствола наклонно направленной скважины 66
7.1. Тангенциальный метод 67
7.2. Метод усреднения углов 68
7.3. Балансный тангенциальный метод 68
7.4. Метод расчета по радиусу кривизны 68
7.5. Метод постоянной кривизны 70
7.6. Метод кольцевых дуг 70
8. Инженерно-геодезические изыскания 71

8.1. Нормативные ссылки 71
8.2. Планово-высотное обоснование 75
8.3. Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства 83
8.4. Тахеометрическая съемка 88
8.5. Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий 88
9. Съемка подземных и надземных сооружений 91
10. Съемка водных переходов 95
11. Линейные изыскания 99
11.1. Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений 100
11.2. Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений 101
12. Оценка уровня возможных геодинамических последствий разработки нефтегазоконденсатного месторождения 117
12.1. Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ 120
12.1.1. Общие требования к центрам 120
12.1.2. Закладка наблюдательных реперов 122
12.2. Разработка оптимального регламента системы геодинамических наблюдений на полигоне 127
12.2.1. Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов 127
12.2.2. Методика и точность измерений 131
12.3. Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений 132
12.3.1. Схема нивелирной сети 132
12.3.2. Априорная оценка точности геодезических наблюдений 134
12.4. Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона 136
12.4.1. Организация и планирование полевых работ 143
12.5. Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе 148
13. Библиографический список 152

1. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отметим, что геодезия является одной из древнейших, а также базовых наук для специальности «Маркшейдерское дело». В процессе своего развития она разделилась на ряд самостоятельных научно-технических дисциплин в соответствии с обслуживающими сферами деятельности, например:

1. Высшую геодезию, изучающую фигуру и размеры Земли и планет, методы измерений для высокоточного определения точек на земной поверхности.

2. Космическую геодезию, занимающуюся построением космической геодезической сети и решением геодезических задач с помощью искусственных спутников Земли на основе использования спутниковых навигационных систем.

3. Геодезию или топографию, рассматривающую способы изучения земной поверхности и производство измерений на ней, математическую и графическую обработку этих измерений с целью получения карт и планов небольших участков Земли.

4. Картографию, разрабатывающую методы создания карт и их использования.

5. Фототопографию, создающую планы и карты по фотоснимкам и аэрофотоснимками местности.

6. Морскую геодезию, занимающуюся разработкой методов ведения геодезических работ для обеспечения разведки и разработки природных ресурсов на дне морей и океанов.

7. Инженерную (прикладную) геодезию, изучающую методы геодезических работ, выполняемых при различных изысканиях, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, горнорудных предприятий, гражданского строительства, транспортных магистралей и т. п.

Геодезические измерения используются почти во всех отраслях народного хозяйства: при изысканиях и строительстве жилых и промышленных объектов, железных и автомобильных дорог, каналов, ЛЭП, трубопроводов, аэродромов, речных и морских портов и др.

В процессе строительства промышленных предприятий круг задач, решаемых по геодезическому обслуживанию на строительной площадке, зависит от определенного этапа его производства.

При проектно-изыскательских работах на участке строительства разбивают опорную геодезическую сеть, выполняют крупномасштабную съемку и получают топографический план, являющийся основой для проектирования промышленных предприятий и составления генерального

плана. На нем указывают плановое и высотное положение объектов строительства и привязку основных строительных осей.

При проектировании составляют геодезическую часть строительного паспорта, разрабатывают разбивочные чертежи, составляют проект вертикальной планировки и геодезической подготовки исходных данных для перенесения проекта на строительный участок.

При перенесении проекта в натуру разбивают на местности границу отвода участка, проектные линии застройки, выносят и закрепляют главные оси сооружений и основные проектные горизонты.

При текущем обслуживании строительства устанавливают в проектное положение строительные конструкции и оборудование, выверяют их по высоте и вертикали, выполняют текущие съемки и исполнительные чертежи.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

2.1 Назначение и классификация геодезических сетей

Введение в действие основополагающего документа «Основные положения о государственной геодезической сети РФ» (с 25.06.03 г.) обусловливает необходимость в создании геодезического обоснования на качественно новом, более высоком уровне точности, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Данный документ является продолжением работы над установлением единых государственных систем координат на территории России и разработан в рамках организационно-технических мероприятий для перехода к системе координат 1995 г.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории РФ и закрепленных на местности специальными центрами. ГГС также включает в себя пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат и в целом предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

- установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;

- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;
- изучение поверхности и гравитационного поля Земли, их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Государственная геодезическая сеть структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности в единой системе координат 1995 г. (СК-95):

- Фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС).
- Высокоточную геодезическую сеть (ВГС).
- Спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1).
- Геодезические сети специального назначения.

Наряду с ГГС созданы государственные нивелирная и гравиметрическая сети.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть в структуре координатного обеспечения России занимает высший уровень и служит исходной основой для дальнейшего повышения точности пунктов ГГС. ФАГС состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов Роскартографии, формирующих единую сеть на территории РФ. Расстояния между смежными пунктами ФАГС составляют 650–1 000 км, а их центры фундаментально закрепляются с обеспечением долговременной стабильности местонахождения в плане и по высоте.

Пространственное положение пунктов сети определяется методами космической геодезии в геоцентрической системе координат относительно центра масс Земли со средней квадратической ошибкой взаимного расположения не более 2 см в плане и 3 см по высоте. Определение нормальной высоты пунктов производится нивелированием не ниже II класса точности. Периодичность определений пространственного положения пунктов ФАГС устанавливается в пределах 5–8 лет.

Высокоточная геодезическая сеть занимает второй уровень в современной структуре ГГС и опирается на пункты ФАГС. Ее основная функция состоит в дальнейшем распространении на всей территории России геоцентрической системы координат и уточнении параметров взаимного ориентирования геоцентрической и геодезической систем.

ВГС, наряду с ФАГС, служит основой для развития геодезических построений последующих классов и используется для создания высокоточных карт высот квазигеоида. Сеть представляет собой однородное по

точности пространственное геодезическое построение из системы пунктов, удаленных друг от друга на расстояния 150–300 км.

Координаты пунктов ВГС определяются относительными методами космической геодезии со среднеквадратическими ошибками взаимного положения в плане, не превышающими 3 мм + $5 \cdot 10^{-8}$ D (где D – расстояние между пунктами) и 5 мм + $7 \cdot 10^{-8}$ D по высоте.

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (астрономо-геодезическая сеть и геодезические сети сгущения) занимает третий уровень в структуре государственной геодезической сети и функционально предназначена для обеспечения оптимальных условий реализации точности и оперативных возможностей спутниковой аппаратуры при переводе геодезического обоснования территории РФ на спутниковые методы определения координат.

СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение из системы легкодоступных пунктов с плотностью, достаточной для эффективного использования всех возможностей спутниковых определений (координат) потребителями со средними расстояниями между смежными пунктами 25– 35 км.

Сеть СГС-1 создается относительными методами космической геодезии, обеспечивающими определение взаимного положения смежных пунктов со среднеквадратическими ошибками в плане 3 мм + $1 \cdot 10^{-7}$ D и 5 мм + $2 \cdot 10^{-7}$ D по геодезической высоте, а также может строиться отдельными фрагментами. В каждый создаваемый фрагмент должны включаться все пункты ВГС и ФАГС, перекрывающие на треть расстояния между смежными пунктами ВГС на данной территории. Для связи СГС-1 с астрономо-геодезической сетью (АГС) и нивелирной сетью часть пунктов СГС-1 должна быть совмещена или связана с существующими пунктами АГС и реперами нивелирной сети не ниже точности III класса.

Геодезические сети специального назначения создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов ГГС экономически не целесообразно или требуется особо высокая точность построения геодезической сети. Эти сети определяются в единых государственных (или местных) системах координат в установленном порядке, учет и хранение исходных данных осуществляется органами государственного геодезического надзора (госгеонадзора).

Система координат 1995 г. установлена так, что ее оси параллельны осям геоцентрической системы координат, а положение начала координат пункта ГГС Пулково совпадает с системой координат 1942 г.

За отсчетную поверхность в СК-95 принят эллипсоид Красовского с параметрами:

- большая полуось равна 6378 245 м;
- сжатие составляет 1:298,3.
- Положение пунктов ГГС задается следующими координатами:

- пространственными прямоугольными координатами *X, Y, Z;*
- геодезическими (эллипсоидальными) координатами *B, L, H*;
- плоскими прямоугольными координатами *x* и *y*, вычисляемыми в проекции Гаусса-Крюгера.

Существующие сети триангуляции и полигонометрии 1–4 классов вписываются в указанную систему построений, и настоящий нормативно-технический акт (НТА) допускает применение «Основных положений о построении государственной геодезической сети СССР» в тех случаях, когда используются методы триангуляции и полигонометрии.

Поэтому уместным будет рассмотреть структуру и методы построения геодезической сети традиционными технологиями.

В соответствии с действующей до 2003 г. классификацией геодезические сети РФ подразделяются на государственные сети, сети сгущения, сети съемочного обоснования.

Государственная геодезическая сеть (ГГС), созданная в 1961–1966 гг., состоит из плановых сетей триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3, 4 классов и нивелирных сетей I, II, III, IV классов, различающихся между собой точностью измерений углов и расстояний, длиной сторон сети, порядком последовательного развития, погрешностью определения превышений.

Развитие государственной геодезической сети ведется по принципу перехода от общего к частному. Точность плановой государственной сети рассчитана на обеспечение координат съемочных работ в крупных масштабах.

Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии 1–4 классов приведена в табл. 1, нивелирования I–IV классов – в табл. 2.

Таблица 1. Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии

Показатель	Класс			
	1	2	3	4
Триангуляция				
Средняя длина стороны треугольника, км	20–25	7–20	5–8	2–5
Относительная погрешность базиса (выходной стороны) (m_b/b)	1/400 000	1/300 000	1/200 000	1/200 000
Относительная погрешность слабой стороны *	1/150 000	1/130 000	1/120 000	1/ 70 000
Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с	0,7	1,0	1,5	2,0
Допустимая невязка треугольника, угл. с	3	4	6	8

Наименьшее значение угла треугольника, град.	40	20	20	20
Полигонометрия				
Периметр полигона, км	700−800	150–180	–	–
Длина диагонали звена (хода), не более, км	200	60	30	15, 13, 11**
Длина стороны хода (в звене), км	8–30	5–18	3–10	0,25
Число сторон в ходе (звене)	12	–	–	20
Число сторон между узловыми или исходными и узловыми пунктами, не более	–	6	6	–
Длина диагоналей ходов между узловыми пунктами и между узловыми пунктами и пунктами сети высших классов, не более, км	–	–	–	7
Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с	0,4	1,0	1,5	2,0
Средняя квадратическая погрешность измерения стороны, см:				
до 8 км	–	4	–	–
до 5 км	–	–	5	–
до 500 м	–	–	–	2
до 500–1000 м	–	–	–	3
свыше 1000 м	–	–	–	1/40 000
Относительная погрешность хода	–			1/25 000

Государственные сети геодезического обоснования дополняются сетями сгущения (ГГСС), представленными триангуляцией, полигонометрией 1 и 2 разрядов и техническим нивелированием. Они создаются в соответствии с руководством по топографической съемке в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Геодезические сети сгущения иногда называют опорными инженерно-геодезическими сетями. Необходимость в их построении возникает при изысканиях строительных площадок и проектирования на них различных сооружений, составлении генеральных планов городов и поселков, разработке технических проектов и рабочих чертежей промышленных, горнодобывающих предприятий и других объектов. Как правило, инженерно-геодезические сети проектируются с учетом возможности их последующего сгущения и развития для обеспечения основных разбивочных работ и топографической съемке в масштабе 1:500.

Требования к точности, плотности, стабильности плановых инженерно-геодезических сетей обуславливаются разнообразием технических задач, которые решаются при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

Съемочные геодезические сети развиваются на основе государственных сетей сгущения и состоят из планового, высотного и планово-высотного обоснования, а также дополнительных точек. В зависимости от сложности снимаемой территории, расположения зданий и инженерных сооружений, съемочные пункты создаются методами полигонометрических ходов, цепочек треугольников, теодолитных ходов.

Полигонометрическая сеть может быть развита в виде системы прямоугольников с расположением сторон параллельно линиям застройки, что дает возможность получить необходимое количество створных точек и створов.

Таблица 2. Техническая характеристика сетей нивелирования

Показатель	Класс			
	I	II	III	IV
Периметр полигона, км	3 000–4 000	500–600	150–200	50
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм:				
случайная	1	2	4	10
систематическая	0,2	0,4	0,8	2
Длина визирного луча, м	50	65–75	75–100	100–150
Неравенство расстояний, м:				
на станции	0,5	1	2	5
в ходе	1	2	5	10
Высота визирного луча над поверхностью Земли, м	0,8	0,5	0,3	0,2
Допустимые расхождения в превышениях, мм:				
ход до 15 станций на 1 км	$3\sqrt{L}$	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$
ход свыше 15 станций на 1 км	$4\sqrt{L}$	$6\sqrt{L}$	$2{,}6\sqrt{n}$ ***	$5\sqrt{n}$ ***
Допустимые расхождения в превышениях на станции, мм:				
по прецизионным рейкам	0,5	0,7	1,5	–
по шашечным	–	–	3	5
Допустимые невязки превышений в полигонах, мм:				
ход до 15 станций на 1 км	$1{,}5\sqrt{L}$	$2{,}5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$
ход свыше 15 станций на 1 км	$2\sqrt{L}$	$3\sqrt{L}$	–	–
Увеличение трубы нивелира, крат	45	40–44	30–35	25–30
Цена деления цилиндриче-	12	12	15	25

ского уровня, с Допустимые погрешности метрового интервала рейки, мм ***	0,15	0,30	0,50	1,0

Примечания:
* Погрешность слабой стороны – *ms/ S* (табл. 1);
** При числе сторон хода 10, 15, 20 соответственно (см. табл. 1); *L* – длина хода, км;
*** *n* – число станций в ходе (табл. 2).

В этом случае следует учитывать допустимую длину теодолитных ходов, используемых для получения дополнительных точек путем прокладки их между пунктами полигонометрии, а также число пунктов на площади съемки.

2.2 Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток

Для проектирования и строительства инженерных сооружений, тоннелей, промышленных комплексов и других создают разбивочные сети, которые относятся к разряду специальных. Геодезические разбивочные сети служат основой для выноса проектов зданий и сооружений на местность, контролем соблюдения их геометрических параметров, смещения и деформаций элементов несущих конструкций. Они создаются на строительной (промышленной) площадке в виде сети, заложенных в грунт и закрепленных на местности пунктов и обеспечивают последующие построения в процессе строительства и эксплуатации объектов исходными данными.

Разбивочные сети проектируют методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, строительной сетки, красных линий застройки на основе *проекта производства геодезических работ* (ППГР) и увязывают с пунктами государственной геодезической сети или геодезических сетей сгущения. Составляется проект разбивочной основы в соответствии с генеральным планом строительства объекта, согласующийся со стадиями проектирования и очередями его сооружения. Точность построения разбивочной сети устанавливается при разработке ППГР.

Наиболее удобным видом геодезической основы для производства разбивочных работ на территории крупных строительных и промышленных сооружений является строительная сетка. Она должна обеспечить решение двух инженерно-геодезических задач: осуществление топографической съемки крупного масштаба 1:500, быстрый и удобный перенос проектных данных в натуру для ведения строительства и монтажных работ.

Строительная сетка представляет собой систему квадратов или прямоугольников на площади строительства и состоит из основных и дополнительных фигур со сторонами основания 100–400 м в зависимости от назначения площадок строительства (рис. 1).

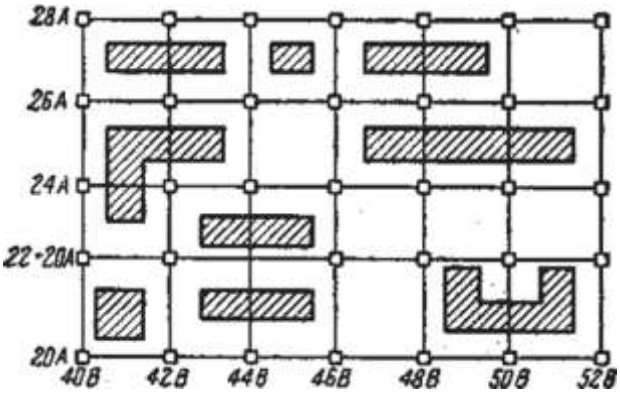


Рисунок 1 - Строительная сетка

Дополнительные фигуры строят в процессе геодезических разбивочных работ с длинами сторон до 20 м.

Как правило, оси объектов, сооружаемых на промышленных (строительных) площадках, параллельны, а сами сооружения прямоугольны. Поэтому стороны сетки ориентируют в частной системе координат, параллельно осям сооружений или проездов. В связи с этим, при разбивках и съемках от пунктов строительных сеток используют прямые углы и повторяющиеся линейные измерения, что значительно упрощает геодезические действия.

Точность планового положения и высот пунктов сетки определяет условия производства крупномасштабной съемки на территории строительства. В этом случае ошибки координат пунктов сетки относительно ее начала не должны превышать ±0,050 м, а ошибки их взаимного положения ±0,020 м.

Технические же условия по обеспечению строительно-монтажных работ требуют построения геодезических сеток допусками полигонометрии 1 разряда, а в ряде случаев – полигонометрии 4 класса.

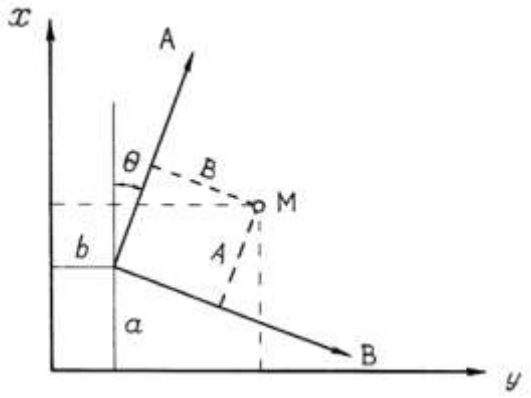


Рисунок 2 - Строительную сетку предварительно проектируют.

На больших площадках, имеющих ломаное очертание, создают несколько строительных сеток в частных системах координат. Ориентирование системы координат осей строительной сетки относительно общегосударственной системы координат может быть произвольным. Переход от

государственной системы к частной системе сетки (рис. 2.2) производят по формулам:

$$A = (x - a)\cos\theta + (y - b)\sin\theta$$
$$B = (y - b)\cos\theta - (x - a)\sin\theta$$

Переход от системы строительной сетки к общегосударственной, осуществляют в следующем порядке:

$$x = a + A\cos\theta - B\sin\theta$$
$$y = b + A\sin\theta + B\cos\theta$$

где x, y – координаты точки М в государственной системе; А, В – координаты точки М в системе строительной сетки; a, b – координаты начала строительной сетки в государственной системе; θ – угол поворота сетки относительно государственной системы.

2.1 Проектирование строительной сетки

Строительную сетку проектируют на топографическом плане промышленной (строительной) площадки или на генеральном плане с учетом расположения всего комплекса зданий и сооружений, рис. 2. Её планируют, как отдельную специальную сеть, положение пунктов которой и направление сторон не зависит от государственной сети и главной плановой основы строительного производства.

Основные требования к строительным сеткам при их проектировании сводятся к следующим положениям:

1. Линии основания сетки намечают и создают строго параллельно главным осям возводимых зданий и сооружений, а фигуры сетки размещают таким образом, чтобы основные проектируемые здания и сооружения оказались внутри и как можно ближе к ее сторонам.
2. Стороны сетки располагают с учетом удобства производства линейных
3. и угловых измерений и не загромождают рядовыми посадками.
4. Линии и пункты сетки проектируют с учетом обеспечения их сохранности и взаимной видимости, вдали от проезжей части, сетей трубопроводов и др.
5. Размеры сторон прямоугольников, квадратов и других фигур принимают с учетом размеров зданий, сооружений из соображений обеспечения технологии строительства.
6. Учитывают характер и порядок использования пунктов строительной сетки для производства разбивочных работ.

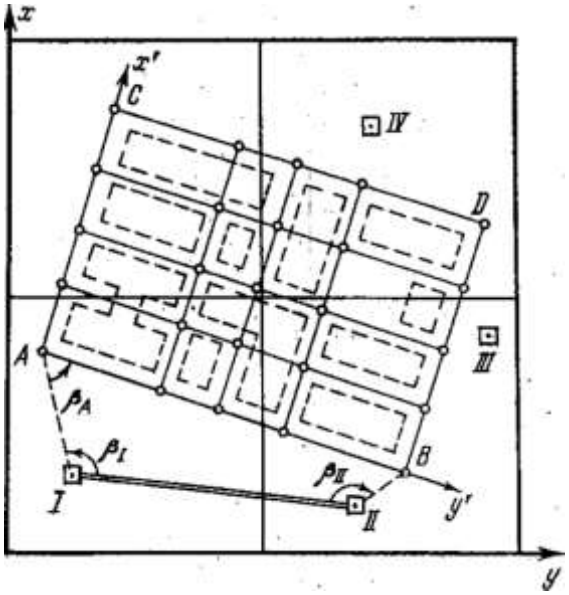


Рисунок 3 - Проектное положение строительной сетки

6. Требования к точности разбивочных работ определяют в зависимости от назначения сооружений, их размеров, технологической связи между собой и других условий:

- ошибки в положении соседних пунктов строительной сетки не должны превышать относительной величины 1:10 000 (1 см на 100 м);
- прямые углы сетки должны быть построены с точностью ±20″;
- ошибки в положении пунктов в наиболее слабом месте сетки относительно опорной геодезической основы не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана 1:500 (т.е. 10 см).

Разбивочные сети создаются в натуре также методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии. Разрешается использовать метод угловых, линейных и комбинированных засечек. При этом выбор разряда точности разбивочных работ должен согласовываться с размерами сторон прямоугольников, квадратов и других фигур или расстояниями между линиями строительной сетки, принимаемых по табл. 3.

При проектировании строительной сетки, следуют предусмотреть способ постоянного возобновления первоначально разбитых точек, фиксирующих пересечение осей, недоступных для непосредственного закрепления. В этом случае необходимо предусмотреть проверку неподвижности пунктов сетки путем систематического их контроля от знаков опорной геодезической основы.

Проектирование разбивочного обоснования завершается вычислением координат вершин сети в условной системе, принятой для данной строительной площадки.

Таблица 3 - Характеристики строительных сеток

Характеристика сетки	Класс сетки / разряд / размеры сторон, м		
	4	1р	2р
Прямоугольная	400 х 200 400 х 100	400 х 100 200 х 100	200 х 100 100 х 50
Квадратная	200 х 200 150 х 150 100 х 100	150 х 150 100 х 100	150 х 150 100 х 100 50 х 50
Расстояния между параллельными линиями	200 150 100	150 100	150 100 50

В системе координат строительной сетки положение ее вершин определяют простым суммированием: к соответствующей координате начального пункта (юго-восточного угла сетки) последовательно прибавляют значения проектных сторон. При этом координаты пунктов разбивочной сети должны иметь положительные значения кратные сотням или десяткам метров. Ось абсцисс можно направить вдоль главной оси основного сооружения строительной площадки, а ось ординат — перпендикулярно к ней.

Для установления аналитической зависимости между частной системой координат (x, y) строительной сетки и системой координат (X, $У$) генплана выбирают два пункта A и B и графически снимают их координаты в системе генплана X'_A, $У'_A$ и X'_B, $У'_B$. Из решения обратной геодезической задачи определяют табличный угол r_{AB} (румб), дирекционный угол α_{AB}, длину S'_{AB} стороны AB:

$$tgr_{AB} = \frac{У'_B - У'_A}{X'_B - X'_A} \; ; \; S'_{AB} = \frac{У'_B - У'_A}{Sinr_{AB}} = \frac{X'_B - X'_A}{Cosr_{AB}} ; \quad (2.3)$$

Затем вычисленную длину S'_{AB} сравнивают с проектной, найденный дирекционный угол α_{AB} с величиной этого угла, определенного графически с плана транспортиром. Если полученные расхождения лежат в пределах графической точности плана ($\Delta S \leq 0{,}3 \div 0{,}5$ мм; $\Delta\alpha \leq 30' \div 60'$), то вычисляют местоположение пунктов A и B в системе координат генплана:

$$X_A = 1/2\,(x'_A + x'_B) - 1/2\,S_{AB}\,Cos\alpha_{AB} ;$$
$$У_A = 1/2\,(y'_A + y'_B) - 1/2\,S_{AB}\,Sin\alpha_{AB} ; \quad (2.4)$$
$$X_B = 1/2\,(x'_A + x'_B) + 1/2\,S_{AB}\,Cos\alpha_{AB} ;$$
$$У_B = 1/2\,(y'_A + y'_B) + 1/2\,S_{AB}\,Sin\alpha_{AB} ,$$

где x'_A, x'_B, y'_A, y'_B — координаты положения пунктов A и B в частной системе координат.

2.2 Вынос в натуру строительной сетки

После составления проекта геодезической строительной прямоугольной сети ее выносят на местность – «разбивают». Разбивку начинают с определения исходного направления, для выноса которого используют

пункты планового геодезического обоснования, расположенные на строительной площадке. Для этого, на основе решения обратных задач по координатам вершин строительной сетки и исходных пунктов вычисляют необходимые элементы разбивки (2.3). Дальнейшее построение сетки прямоугольников (квадратов) осуществляют, как правило, двумя способами: осевым и редуцирования.

Осевой способ основывается на вынесенных и закрепленных на местности исходных направлениях, от которых строят в натуре две строго перпендикулярные оси *EN* и *MD* (рис. 4). Затем вдоль полученных осевых линий от центра откладывают отрезки, равные проектным сторонам сетки. Эти измерения производят шкаловой лентой (с применением динамометра) с постоянным натяжением и учитывают поправки за компарирование, наклон местности и температуру. Возможно применение для детальной разбивки строительной сетки современных тахеометров типа Nicon, 3Ta5P и т.д., что позволяет гораздо продуктивнее использовать существующие методы выноски.

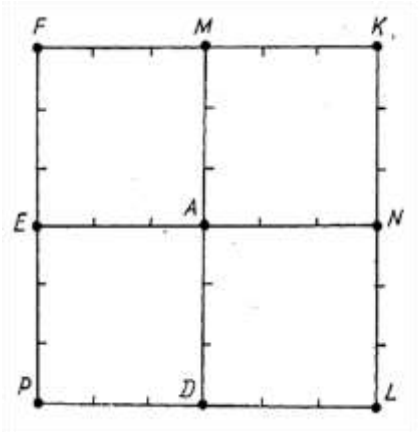


Рисунок 4 - Осевой способ разбивки строительной сетки: *EN* и *MD* – строго перпендикулярные линии

В конечных точках (*F, K, L, P*) строят прямые углы и продолжают разметку фигур сетки по периметру. В этом случае неизбежно накопление линейных ошибок: длины сторон могут несколько отличаться от проектных и не все углы будут равны 90°. Величины полученных ошибок уменьшают путем перемещения пунктов разбивочной сети в прямоугольниках.

Таким образом, на площадке получают четыре построенных полигона, в вершинах которых закладывают постоянные знаки. По их периметрам прокладывают полигонометрические ходы 1 разряда, уравнивают и определяют координаты всех пунктов.

Внутренние точки сгущения сетки получают с помощью создания ходов полигонометрии 2 разряда по предварительно размеченным прямоугольникам.

Осевой способ обычно применяют в том случае, когда строительная площадка сравнительно невелика, или там, где не требуется большая точ-

ность и ошибками взаимного положения пунктов в 3–5 см можно пренебречь.

Метод последовательного приближения или редуцирования рекомендуется применять при вынесении строительных сеток на большие промышленные (строительные) площадки. Способ редуцирования обеспечивает более высокую точность получения элементов разбивочной основы.

После составления проекта геодезической прямоугольной сетки поступают следующим образом:

1) выполняют предварительную разбивку основных фигур разбивочной сети, закрепляют их временными знаками;
2) определяют координаты центров вершин предварительно разбитой сетки;
3) вычисляют элементы редукции (отклонения предварительно разбитых точек от их проектного положения);
4) редуцируют точки на местности (т.е. вводят в их положение поправки и закрепляют полученные новые центры пунктов постоянными знаками);
5) осуществляют контрольные измерения;
6) разбивают и закрепляют промежуточные пункты.

В зависимости от размера и точности строительной сетки могут быть использованы различные методы выполнения вышеперечисленных этапов работ.

Последовательно рассмотрим каждый из обозначенных пунктов метода.

Предварительная разбивка основных фигур сетки зависит от площади застройки, ее вида. Например, если строительная площадка составляет площадь более 1 км^2 (допустим, 1600 х 1800 м) и имеет прямоугольную форму, то целесообразно вынести на местность 6 пунктов. Если же площадь застройки по форме близка к квадрату (например, 1200 х 1200 м), то достаточно ограничиться 4 пунктами.

Для небольших участков застройки, геодезических сетей невысокой точности на местность выносят не фигуры, а базис-линию *АС* строительной сетки, проходящую по возможности в середине разбивочной основы и по местности, доступной для линейных измерений (рис. 5). Для надежной ориентировки сети длина базиса должна быть более 600–800 м, а для небольших сеток не менее половины их протяженности.

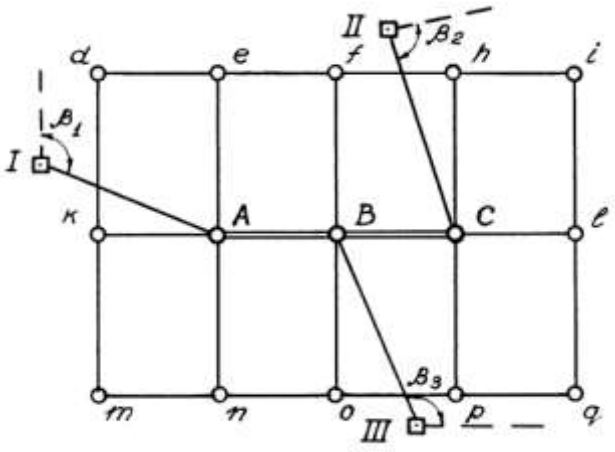


Рисунок 5 - Схема привязки вершин сетки к главной геодезической основе:*I*, *II*, *III* – пункты полигонометрии

Все точки намеченных фигур и не менее трех точек базиса привязывают к ближайшим пунктам главной геодезической основы строительной площадки. Используя данные привязки, вершины фигур *A*, *B*, *C* выносят на местность и закрепляют временными знаками. Методом створных промеров и вывешивания для способа створного базиса (см. рис. 5) предварительно разбивают основные квадраты (400 х 400 м) или прямоугольники (400 х 200 м), а также закрепляют их вершины временными знаками, например, столбами с забитыми в качестве центров гвоздями.

Определение координат центров вершин предварительно разбитой сетки (в зависимости от заданной точности и характера местности) выполняют методами: триангуляции, трилатерации, полигонометрии, засечек А.Н. Дурнева, четырехугольников без диагоналей и др.

Метод полигонометрии в настоящее время является наиболее распространенным. Измерения углов и расстояний, а также обработка результатов измерений выполняются с соблюдением требований инструкции для соответствующего разряда геодезической плановой сети (или по программе, разработанной для каждого случая специально). Координаты вершин полигонов вычисляют в системе строительной сетки, что приводит к существенному упрощению геодезических измерений. По необходимости, пересчет координат от одной системы к другой осуществляют по формулам (2.1), (2.2), (2.4).

Вычисление элементов редукции осуществляется алгебраическим сложением значений проектных координат и фактически полученных. Так, если координаты пункта равны 50 350,023 м и 4 200,009 м, то центр вершины сетки нужно сместить на величину $\delta_x = -0{,}023$ м по оси абсцисс и на величину $\delta_y = -0{,}009$ м по оси ординат.

Редуцировать (смещать) центры пунктов основных фигур сетки возможно различными вариантами, например, если редукционные поправки δ_x и δ_y сравнительно невелики (до 10 см), то можно применять способ фик-

сации центра временного знака при помощи надежно установленного центрира (отвеса) и последующего переноса его на верхнюю поверхность постоянного знака, поставленного вместо временного. В этом случае непосредственно на самой пластине намечают направления координатных осей, по которым откладывают поправки δ_x и δ_y и находят центр исправленных координат вершин сетки (рис. 2.6).

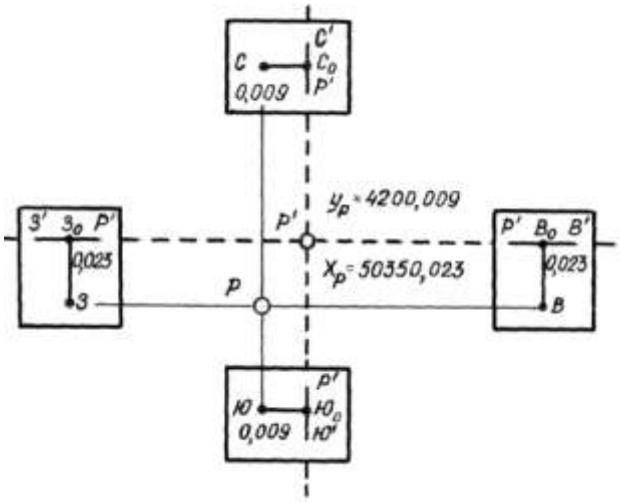


Рисунок 6 - Схема редуцирования пункта в проектное положение

Иногда взамен временных знаков сразу закладывают знаки с приваренными к верхним концам пластинам, толщиной не менее 7 мм и размером 20 х 20 см. На пластинах и знаках вначале намечают временные центры, затем их редуцируют и набивают постоянные. Недостатком этого способа (одностадийной разбивки) является условие повышенной точности предварительной разбивки, обеспечивающей величину элементов редуцирования не более 10 см.

После редуцирования и установления постоянных знаков повторно производят контрольное определение их координат. Затем разбивают и закрепляют промежуточные пункты внутри основных фигур строительной сетки. Обычно это выполняется створными разбивками и линейными промерами с одного пункта сети на другой.

2.3 Общие сведения и понятия о разбивках

Геодезическо-маркшейдерские работы, выполняемые на местности для определения планового и высотного положения характерных точек строящегося сооружения согласно проекту, называются разбивкой сооружения или перенесением проекта в натуру. При этом используют генеральный план строительства, разбивочные и рабочие чертежи фундаментов сооружений, установок и агрегатов, подъездных путей и др.

Геодезические разбивочные работы являются составной частью строительно-монтажного производства и делятся на плановую и высотную разбивки сооружений, которые осуществляются в три этапа.

На первом этапе выполняют основные разбивочные работы. Они заключаются в определении на местности положения главных или основных разбивочных осей и строительного нуля от пунктов плановой и высотной геодезической основы. Оси закрепляют специальными знаками.

На втором этапе производят детальную разбивку сооружения, отмечающую положение частей инженерного сооружения, его геометрические параметры и элементы.

На третьем этапе обеспечивают разбивку и закрепление монтажных осей и установку в проектное положение технологического оборудования. Этап требует соблюдения высокой точности геодезическо-маркшейдерских работ.

Приступая к разбивке объекта:

- определяют необходимую и достаточную точность выноски отдельных его элементов;
- намечают методику измерений, необходимые инструменты, исходящие точки и общий план работы;
- знакомятся с условиями предстоящей разбивки на местности, проверяют наличие препятствий выполнению работ и загромождению площадки;
- составляют детальную схему разбивки в полевом журнале с указанием необходимых данных из рабочих чертежей.

В процессе вынесения проекта в натуру производят разнообразные геодезические измерения, свойственные исключительно разбивочным работам. По своему содержанию они противоположны съемочным работам и имеют свои специфические особенности. Вынос объекта на местность осуществляет в определенном порядке.

Способы геодезических разбивочных работ, построение их элементов

Выбор способа ведения разбивочных работ зависит от места расположения инженерного сооружения, его размеров, назначения и точности выноски в натуру.

Существуют следующие основные способы разбивки: полярный, створной засечки, угловой и линейной засечек, прямоугольных координат, полигонометрии и др. Все они по своей сущности основаны на использовании таких элементов разбивочных определений, как построение на местности горизонтального проектного угла, линии проектной длины, линии проектного уклона, точки с проектной отметкой. Поэтому сначала рассмотрим, как осуществляют построение элементов геодезических разбивочных работ.

Построение горизонтального проектного угла может быть выполнено двумя способами в зависимости от точности имеющегося прибора.

Первый способ применяется в том случае, когда требуемая точность откладывания угла меньше точности отсчета по горизонтальному кругу

теодолита. Он заключается в последовательном откладывании от известного направления *AB* в пункте *A* заданного угла при «круге право» (КП) и «круге лево» (КЛ), (рис. 2.7, *а*). Из двух полученных при выноске точек берут среднюю (*C*) и принимают построенный угол *ABC* за проектный (требуемый). Для контроля отложенный угол измеряют и сверяют с заданным значением.

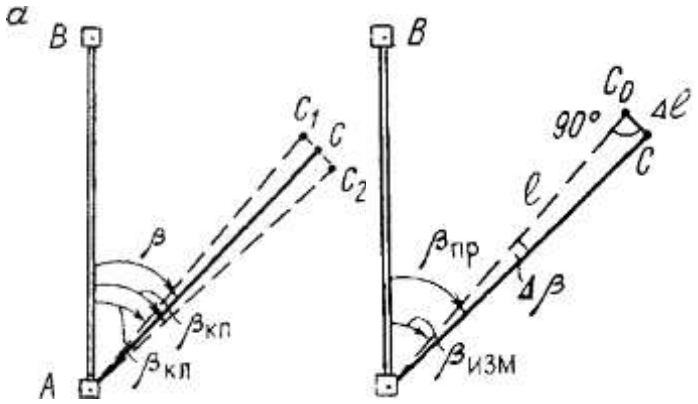


Рисунок 7 - Схема построения горизонтального угла:

а – способ непосредственной выноски; *б* – способ построения угла с применением редукции

Второй способ построения угла используется при необходимости его выноски с более высокой точностью, чем точность применяемого прибора. В этом случае откладывают заданный угол одним приемом и отмечают на местности точку C_0. Затем измеряют этот угол с необходимой точностью и определяют разность $\Delta\beta = \beta_{пр} — \beta_{изм}$ между полученным ($\beta_{изм}$) и проектным ($\beta_{пр}$) углами (рис. 7, *б*), которую и необходимо ввести для уточнения построенного угла. Угловую поправку $\Delta\beta$ заменяют линейной величиной $\Delta\ell = CC_0$:

$$\Delta\ell = \ell\frac{\Delta\beta''}{\rho''},$$

где $\Delta\beta$ определяется в секундах; ρ – радиан в секундах (206 265").

Отложив на местности от точки C_0 величину $\Delta\ell$ перпендикулярно к линии AC_0, получают искомый угол *ABC*. Для контроля построенный угол измеряют.

Построение линии проектной длины зависит от ее размера.

Пример первый. Линия выносится на местность, представленную ровной поверхностью, причем ее длина не превышает пределов измерения мерного прибора (рулетки). В этом случае поступают следующим образом:

1) устанавливают в начальной точке теодолит, отмечают заданное направление вехой, на ней фиксируют высоту инструмента *i* и измеряют угол наклона δ;

2) вычисляют наклонное расстояние *L*, которое необходимо отложить на местности

$$L = \frac{\ell_0}{\cos\delta},$$

где ℓ_o – проектная горизонтальная длина линии с учетом поправок за температуру и компарирование мерного прибора;

3) откладывают вычисленную длину L в натуре и закрепляют ее.

Пример второй. Проектная длина линии велика (больше предела измерения прибора), условия местности неблагоприятны, а требуемая точность выноски высокая.

При построении проектной длины линии с помощью мерных лент или рулеток задача определения её положения сводится к отложению в натуре отрезка, горизонтальное проложение которого должно быть равно заданной длине ℓ_o (рис. 8).

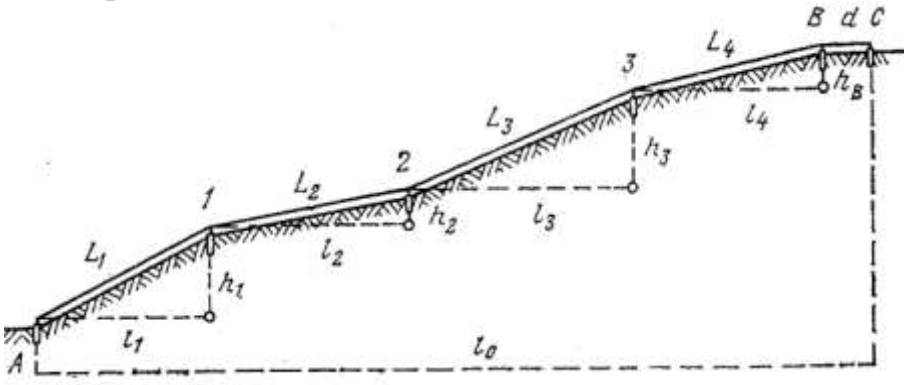


Рисунок 8- линии проектной длины

Разбивочные работы осуществляются следующим образом:

а) по заданному направлению AB откладывают наклонное расстояние $L_0 = \ell/\cos\delta$ и закрепляют его в точке B. Угол наклона δ берется приближенно;

б) отрезок AB делят (разбивают) на отдельные участки, не превышающие длины мерного прибора и фиксируют их, например, кольями;

в) точно измеряют наклонные расстояния L_1, L_2 … L_n, вводят в них поправки за наклон, температуру, компарирование и провес;

г) определяют сумму измеренных длин и вычисляют домер d от точки B

$$d = \ell_0 - \sum \ell_i .$$

д) отложив домер в натуре, получают точку C и закрепляют ее.

Таким образом получают искомую длину AB на местности в виде исправленной линии AC. Для контроля это расстояние измеряют и сравнивают с проектным.

В настоящее время наиболее удобными и эффективными приборами для построения линий на местности являются электронные тахеометры, снабженные встроенными в них светодальномерами. Светодальномер имеет различные режимы измерения расстояний, в том числе получение горизонтального проложения, позволяющего оперативно получать домер d от

предварительно вынесенной, до искомой величины. Например, отечественным электронным тахеометром 3Та5(Р) можно измерять расстояния (D) от двух до 2 000 м со среднеквадратической погрешностью, получаемой из выражения $5 + 3 \cdot 10^{-6} D$ (мм).

Построение точки с проектной отметкой выполняют, как правило, с помощью нивелира и рейки от ближайших реперов, используя горизонт прибора. С этой целью устанавливают нивелир примерно посередине между репером *Rp* с известной отметкой H_{Rp} и местом вынесения точки, например, *B*. По рейке, находящейся на репере, берут отсчет *a* и вычисляют горизонт инструмента

$$ГИ = H_{Rp} + a$$

Для того, чтобы установить на точке *B* проектную отметку $H_{пр}$, находят величину отсчета *b* (рис. 9).

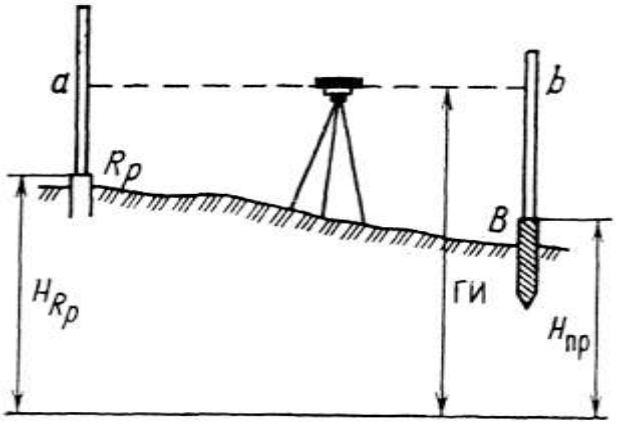


Рисунок 9 - Схема построения точки с проектной отметкой

Отметку горизонта инструмента можно получить, используя формулу (2.5) и равенство

$$H_{Rp} + a = H_{пр} + b = ГИ ,$$

откуда

$$b = ГИ - H_{пр}$$

Затем вычисляют по формуле (2.6) отсчет *b*, рейку в точке *B* передвигают по высоте, добиваясь, чтобы отсчет по средней нити окуляра трубы прибора равнялся искомому – *b*. Пятка рейки, установленной по отсчету, будет соответствовать проектной отметке. Ее фиксируют в натуре с помощью забиваемого колышка, ввинчивая специальный болт, проводя черту на колонне и т.п. Для контроля правильности выноски проектной отметки, ее определяют с помощью повторного нивелирования с заданной точностью.

Среднюю квадратическую погрешность m_T выноски в натуру проектной отметки точки в пределах одной станции геометрическим нивелированием, определяем из выражения

$$m_T = \sqrt{m_o^{\,2} + m_a^{\,2} + m_b^{\,2} + m_Ф^{\,2}} ,$$

где m_0 – погрешность исходных точек высотной основы;

m_a – погрешность отсчета a по рейке;

m_b – погрешность отсчета b по рейке;

$m_Ф$ – погрешность фиксации проектной точки в натуре.

Построение линии и плоскости с проектным уклоном. Разбивка наклонных линий и плоскостей заданного уклона в основном сводится к выносу на местность проектных отметок главных точек проекта вертикальной планировки, при рытье траншей коммуникаций, устройстве земляного полотна автомобильных и железных дорог. Решение этой задачи может быть выполнено с помощью нивелира, теодолита и визирок. Главные точки проектной линии переносят на местность методом геометрического нивелирования путем решения отдельных задач выноса в натуру их заданных отметок.

Итак, вынос линии AB с проектным уклоном от исходной точки A (рис. 10, *а*) начинают с построения проектной H_B отметки точки B. Расстояние между точками разделяют на 100, 50 м и менее, в зависимости от специфики производства строительных работ и характера рельефа. Вынос промежуточных точек линии осуществляют путем наклона нивелира подъемными винтами до отсчета по рейке в точке B, равного высоте i прибора в точке A. После этого ставят рейку в створе линии AB через равные отрезки и забивают колья, например, в точках C и D так, чтобы отсчет на них по рейке равнялся горизонту инструмента.

При разбивке на местности линий со значительными уклонами используют теодолит (рис. 10, *б*).

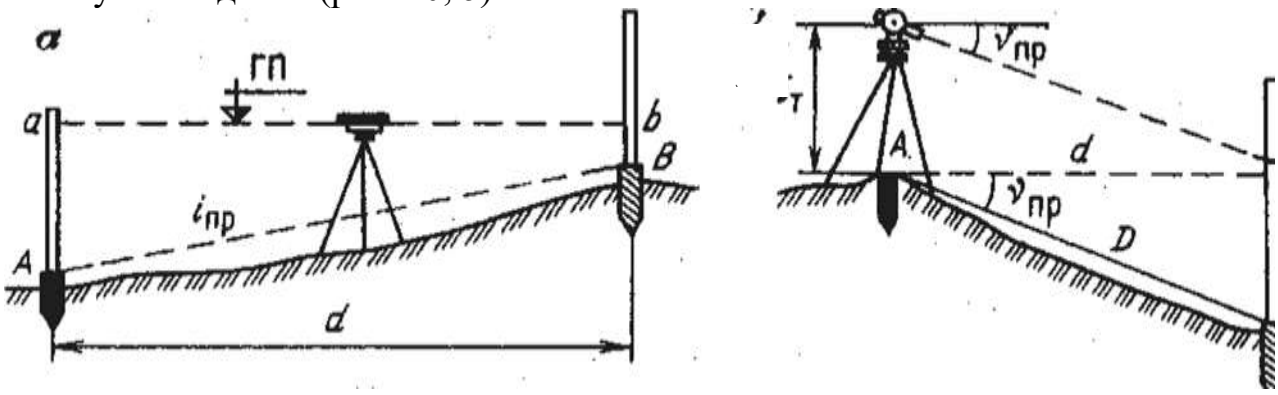


Рисунок 10 - Построение линии (плоскости) с проектным уклоном:

а – с помощью нивелира; *б* – с помощью теодолита

Прибор устанавливают в точке A, откладывают по вертикальному кругу угол, равный проектному уклону, выраженному в градусной мере с учетом места нуля (МО). Проектное положение промежуточных точек C и D определяют с помощью визирки, установленной на высоту i визирного луча зрительной трубы теодолита.

С меньшей точностью задача построения линии заданного уклона может быть выполнена визуально с помощью трех визирок одинаковой длины. Две опорные визирки устанавливают в точках *A* и *B*, а третью (ходовую) – в промежуточных *C* и *D* точках. Высоты на них задаются визирным лучом глаза по опорным визиркам (рис. 11).

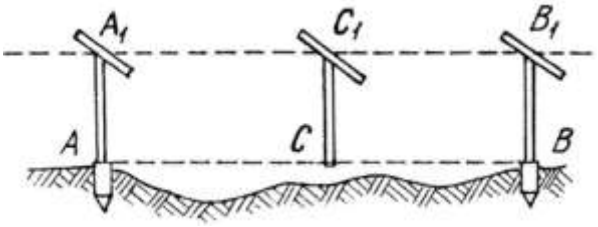


Рисунок 11 - Схема выноса заданного уклона с помощью визирок

Таким образом, в высотном отношении построение линии с заданным уклоном осуществляется в результате выноски проектных отметок начальной и конечной точек, которые определяют необходимый уклон

$$i = \frac{(H_A - H_B)}{S},$$

где $(H_A – H_B)$ – превышение между начальной и конечной точками; S – горизонтальное проложение. Точность выноски в натуру проектного уклона линии зависит от погрешности определения отметок точек и длины линии.

Построение проектной плоскости, заданной, например, точками *A*, *B*, *C*, *D* (рис. 12), производят аналогичным образом. Вначале устанавливают эти точки на проектные отметки, затем, действуя последовательно подъемными винтами нивелира, добиваются, чтобы отсчеты на всех четырех углах были равны высоте инструмента *i*. Поставленная на этот же отсчет нивелирная рейка в любой точке площади фигуры *A*, *B*, *C*, *D* своей пятой будет лежать в проектной плоскости заданного уклона, которую по необходимости закрепляют.

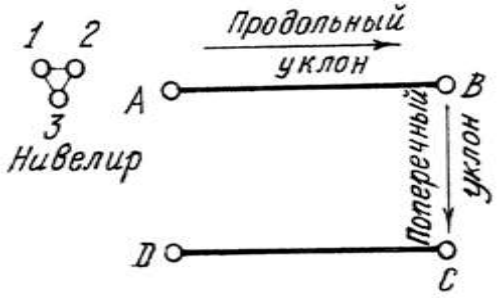


Рисунок 12 - Схема построения плоскости с проектным уклоном

Способы геодезических разбивочных работ основаны на рассмотренных выше элементах разбивок и построены на двух методах:

1. Непосредственной разбивки, состоящей из собственно построения разбивочных величин с заданной точностью, которая применяется, как правило, на работах меньшей точности.
2. Редуцирования, основанного на предварительной разбивке точки, близкой к заданной, с последующим ее смещением в проектное положение. Данный метод применяется на работах, требующих высокой точности разбивки.

Как указывалось ранее, для определения точки на местности наиболее распространенными являются способы прямоугольных и полярных координат, угловых и линейных засечек, а также створов.

Перенесение в натуру точек по их заданным координатам

Способ прямоугольных координат применяется в условиях слабопересеченной открытой местности при разбивке зданий и сооружений от пунктов строительной сетки. Для определения положения точек с минимальной погрешностью исходная линия *AB* должна быть ближе к выносимым элементам здания (сооружения), рис. 13.

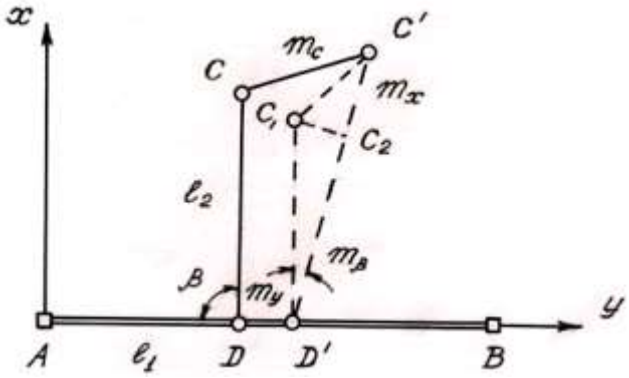


Рисунок 13 - Способ построения точки с помощью прямоугольных координат

Вначале вычисляют приращения координат Δx и Δy от центра ближайшего пункта сетки до искомой точки *C*. В створе линии *AB* откладывают отрезок $\ell_1 = \Delta y$ по оси *У*. Затем из полученной точки *D* с помощью теодолита восстанавливают перпендикуляр длиной $\ell_2 = \Delta x$ и закрепляют найденную точку С.

Вследствие влияния ошибок измерения длин и построения угла на местности, вместо точек *D* и *C* будут получены точки *D*' и *C*'. В этом случае среднеквадратическая погрешность m_C выноса точки *C* способом прямоугольных координат будет складываться из ошибок построения способами линейной створной засечки ($m_{C\ell}$) и полярных координат ($m_П$):

$$m_C = \sqrt{m_{C\ell}^2 + m_П^2} \ .$$

Способ полярных координат заключается в построении проектной точки на местности по заданному углу и расстоянию от ближайшего пункта разбивочного сети (рис. 14). Для этого необходимо решением обратной геодезической задачи по известным координатам двух точек *A* и *C* опреде-

лить полярные координаты искомой точки β и d. Вначале находят дирекционный угол α_{AC} по формуле (2.3):

$$tg\alpha_{AC} = \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A},$$

затем определяют угол направления на точку C

$$\beta = \alpha_{AC} - \alpha_{AB}$$

и горизонтальное расстояние

$$d = \frac{Y_C - Y_A}{\sin\alpha_{AC}} = \frac{X_C - X_A}{\cos\alpha_{AC}} \ .$$

На местности устанавливают на точке A теодолит и откладывают известными способами вычисленный угол β и полярное расстояние d_C. Аналогичным способом находят угол здания D. Для контроля измеряют углы при точках C и D (γ_C, γ_D) в натуре, а также расстояние CD, которое сравнивают с проектным значением.

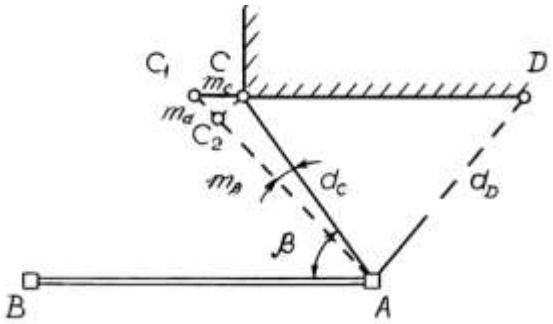


Рисунок 14 - Способ полярных координат и погрешность выноски точки C

Погрешность определения положения точки C без учета погрешностей исходных данных, определяется по формуле

$$m_C = \sqrt{m_\beta^2 \frac{d^2}{\rho^2} + m_d^2} \ ,$$

где m_β – погрешность перенесения угла β в натуру; d – расстояние от исходного пункта до определяемой точки C; m_d – погрешность перенесения расстояния на местности.

Применяют полярный способ на открытой местности, удобной для измерения расстояний.

Способ угловой засечки применяется при разбивке сооружения на пересеченной местности, когда непосредственное измерение расстояний от разбивочного обоснования до определяемой точки затруднено.

Положение точки C в натуре определяют с помощью построения двух углов β_A и β_B от направления между пунктами A и B (рис. 15).

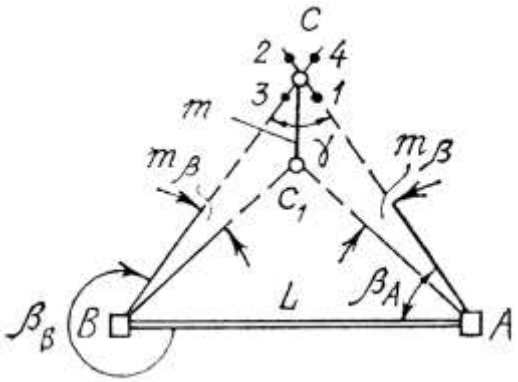


Рисунок 15 - Схема определения точки по способу угловой засечки

Для вынесения точки *C* на местность поступают следующим образом:

1) решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы α_{AB}, α_{AC}, α_{BC}. По разности соответствующих дирекционных углов получают искомые углы β_A и β_B;
2) на местности эти углы откладывают от исходного направления *AB* с помощью теодолитов, установленных в точках *A* и *B*, которые фиксируют четырьмя кольями 1, 2, 3, 4. На пересечении натянутых проволок находят искомую точку *C*. Для контроля правильности ее вынесения, на местности измеряют угол γ при точке *C*.

Точность перенесения точки в натуру угловой засечкой зависит от погрешности построения углов β_A и β_B, а также от формы треугольников

$$m_C = d\frac{m''_\beta}{\rho''}\sqrt{\frac{\sin^2\beta_A + \sin^2\beta_B}{\sin^4\gamma}},$$

где *d* – длина стороны *AB*; γ – угол при точке *C*.

Способ линейной засечки применяют на ровной открытой поверхности и вблизи пунктов геодезической основы на расстояниях, не превышающих длины мерного прибора.

Искомая точка *C* на местности (рис. 16) определяется путем прочерчивания дуг проектных расстояний d_1 и d_2, отложенных от опорных пунктов *A*, *B*.

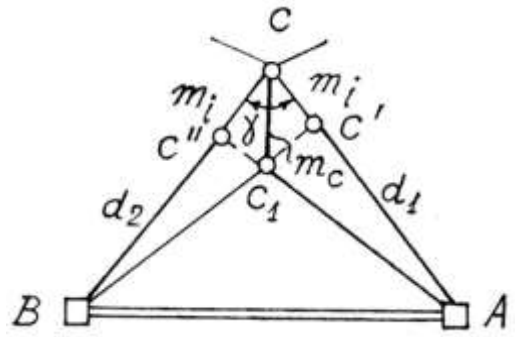


Рисунок 16 - Способ линейной засечки

Расстояния d_1 и d_2 вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известной формуле (2.3).

Средняя погрешность m_C определения положения точки С относительно исходных точек *A* и *B* определяется по формуле

$$m_C = \frac{m_i\sqrt{2}}{\sin\gamma} \ ,$$

где $m_i = m_A = m_B$ – средние погрешности измерения расстояний d_1 и d_2; γ – угол при точке *C*.

Способ створной (линейной) засечки широко применяется при разбивке промышленных зданий и инженерных сооружений где, как правило, створы между пунктами разбивочного обоснования параллельны строительным осям и пересекаются под прямыми углами. В общем случае положение точки на местности определяется путем пересечения двух створных линий, закрепленных на двух противоположных сторонах сооружения. В зависимости от вида строительства существует много различных схем построения створной засечки (рис. 17).

Точность построения точки способом створной засечки *m* зависит от точности построения створов *1-1'* и *2-2'* (m_{C1}, m_{C2}), влияния ошибок исходных данных (m_u), а также от точности фиксирования (m_ϕ)

$$m^2 = m_{C1,2}^2 + m_u^2 + m_\phi^2 \ .$$

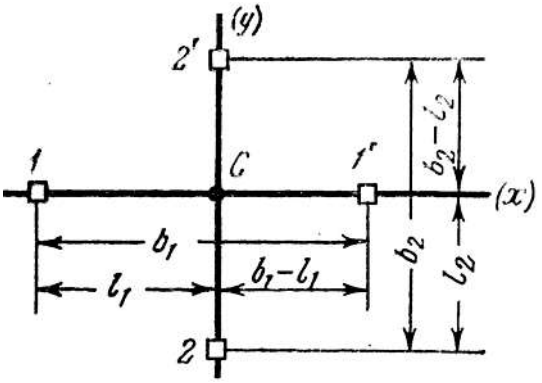


Рисунок 17 - Схема построения точки *C* способом створной засечки

Перенесение в натуру осей сооружений заключается в вынесении, восстановлении и закреплении на местности ряда точек, проекции которых совпадают с проектным положением осей ствола шахты, трасс подъездных путей, ЛЭП, трубопроводов и т.п., используя способы геодезических построений элементов и точек проекта.

Для примера рассмотрим три случая построения проектных осей инженерных сооружений, заданных координатами точек, дирекционным углом, полигонометрическим ходом.

1. Проектная ось шахтного ствола задана точкой *C*, имеющей координаты X_C и Y_C, а также дирекционным углом $\alpha_{пр}$ (рис. 18).

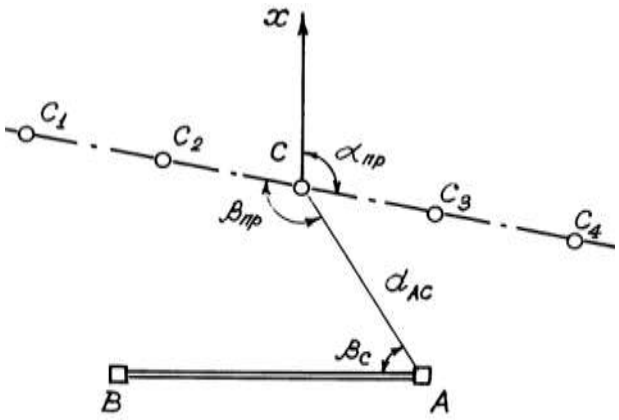


Рисунок 18 - Схема выноса центра и оси ствола

В этом случае, используя опорные пункты *A* и *B* разбивочного обоснования, применяют полярный способ построения точки (см. рис. 18). Решением обратной геодезической задачи определяют полярные координаты точки C – β_C и d_{AC}. Затем выносят искомую точку в натуру и закрепляют ее. По разности дирекционных углов линии AC (α_{AC}) и проектной оси ($\alpha_{пр}$) находят разбивочный угол $\beta_{ПР}$

$$\beta_{ПР} = \alpha_{пр} - \alpha_{AC} .$$

Установив теодолит в точке *C*, откладывают вычисленный угол $\beta_{ПР}$ в натуре (см. построение горизонтального проектного угла) и закрепляют вынесенную ось точками C_1, C_2, … C_i. Для контроля измерения повторяют от пункта *B*.

2. Ось инженерного сооружения задана конечными пунктами P_1 и P_2.

Используя способ полярных координат, определяют угловые и линейные элементы от пунктов опорной сети *A* и *B* для вынесения точек P_1 и P_2 (β_{P1}, β_{P2}, d_{P1}, d_{P2}). Затем с помощью теодолита провешивают выставленную ось между точками P_1 и P_2 и закрепляют, допустим, кольями.

3. Ось задана геометрическими элементами (горизонтальными углами и длинами) полигонного хода, которые последовательно переносятся в натуру от исходных пунктов (например, трассы подъездных путей, тоннелей, коммуникаций и т.п.).

2.4 Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений

Для того чтобы перенести проект инженерного сооружения на местность, необходимо иметь вполне определенные данные для разбивки:

1) плановые координаты точек;
2) проектные и фактические отметки;
3) расстояния до выносимых элементов;
4) уклоны подъездных дорог и площадок;
5) величины угловых и линейных построений.

Геодезические расчеты и набор вышеуказанных составляющих для перенесения проекта в натуру называется геодезической подготовкой исходных данных к разбивке.

Разбивочные величины представляют в удобном для пользования виде: разбивочном чертеже. На нем выписывают все сведения, необходимые для выноски: длины линий, откладываемые в натуре; углы от исходных до проектных направлений; данные для разбивки на местности главных осей сооружений.

Геодезическая подготовка исходных значений может выполняться графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

Графический способ состоит в непосредственном определении по генеральному плану координат точек, расстояний и углов между направлениями с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и топографического транспортира. Этот способ применяется в случаях, когда не требуется высокой точности вычисления исходных данных для разбивок. Тем не менее, на точность их определения влияют:

- графическая точность построения генерального плана;
- приборные погрешности;
- деформация бумаги.

Деформация бумаги будет оказывать наиболее значительное влияние вдоль осей координат X и Y и характеризуется отношением теоретической длины стороны координатной сетки ℓ_T к измеренной $\ell_И$

$$K = \frac{\ell_T}{\ell_И} ,$$

где K – коэффициент деформации.

Для получения с плана координат точки A необходимо измерить приращения ΔX и ΔY от нижнего левого угла координатной сетки и умножить их на соответствующие коэффициенты деформации K_x и K_y, а затем сложить со значениями этих координат (рис. 19).

Для контроля правильности получения координат точки A, их можно определить от правого верхнего угла сетки аналогичным образом

$$X_A = X'_C - \Delta X' K_x ; \; Y_A = Y'_C - \Delta Y' K_y .$$

При измерении на плане линии ℓ_{AB}, деформация бумаги учитывается следующим образом

$$\ell_{AB} = \ell'_{AB}(K_x \cos^2\alpha + K_y \sin^2\alpha) ,$$

где ℓ'_{AB} – измеренное значение длины; α – измеренное значение дирекционного угла.

В этом случае получим следующие выражения определения координат

$$X_A = X_C + \Delta X K_x ;$$
$$Y_A = Y_C + \Delta Y K_y .$$

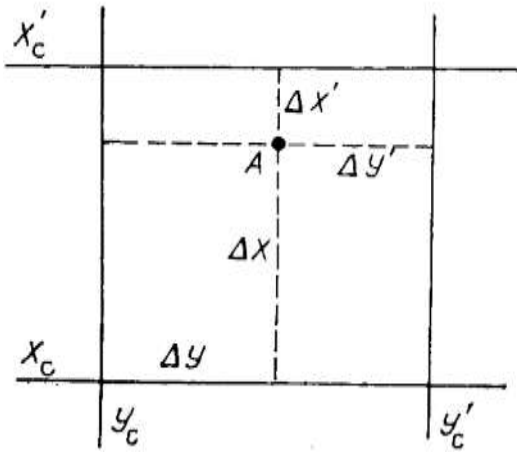


Рисунок 19 - Схема введения поправок за деформацию бумаги

Аналитический способ расчета исходных показателей состоит в математических вычислениях всех данных, необходимых для разбивки проекта. Расчет элементов разбивочных работ ведут от пунктов геодезической сети или твердых контурных точек.

Имея фактические координаты существующих пунктов разбивочной основы и проектные координаты (например, осевых точек сооружений) вычисляют расстояния и направления, связывающие осевые точки между собой и с пунктами опорной сети. Основными определениями, вытекающими из этих целей, являются нахождение расстояний ℓ и углов β при помощи решения обратной геодезической задачи по формуле (2.3).

$$tgr_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\ ;\ \ell = \frac{Y_B - Y_A}{\sin\alpha_{BA}} = \frac{X_B - X_A}{\cos\alpha_{BA}}\ .$$

Разбивочный угол β находят как разность дирекционных углов определяемой и исходной линий

$$\beta = \alpha_{опр} - \alpha_{исх}\,.$$

Способ обеспечивает высокую точность получения разбивочных элементов для выноски их на местность, но является наиболее трудоемким.

Графоаналитический способ подготовки данных разбивки является более оперативным, по сравнению с аналитическим. Он обеспечивает достаточную точность вынесения в натуру строительных элементов и широко используется в строительной практике. В данном способе часть исходных величин берут графически с генеральных или топографических планов, например, размеры существующих зданий, координаты их углов, расстояния, а остальные элементы получают аналитически. Координаты пунктов опорной сети выбирают из ведомостей (каталогов), а дирекционные углы направлений и длины линий вычисляют по формулам обратной геодезической задачи, используя графические определения. Для снижения погрешности за счет деформации бумаги, координаты проектных точек определяют следующим образом.

1. Через точку *A* (рис. 20) проводят линии, параллельные сторонам координатной сетки. Измеряют по плану с помощью циркуля отрезки $\Delta X'$ и $\Delta X''$, $\Delta Y'$ и $\Delta Y''$.

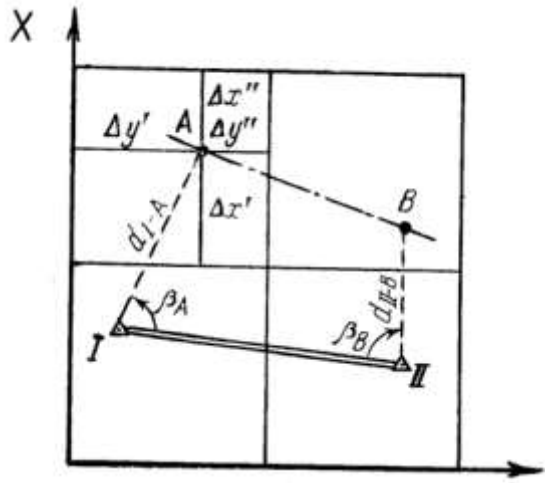


Рисунок 20 - Схема определения координат графоаналитическим способом

2. Вычисляют координаты точки *A*

$$X_A = X'_A + \frac{S}{\Delta X' + \Delta X''}\Delta X';\ Y_A = Y'_A + \frac{S}{\Delta Y' + \Delta Y''}\Delta Y' ,$$

где *S* – теоретическая длина стороны квадрата координатной сетки;

X'_A, Y'_A – координаты точки *A* от юго-западного угла квадрата.

Аналогичным образом определяют координаты точки *B*.

По найденным координатам точек *A* и *B* осей сооружений находят расстояния от точек (*I* и *II*) опорной сети до искомых (*A* и *B*), дирекционные углы $\alpha_{I\text{-}A}$ и $\alpha_{II\text{-}A}$ и разбивочные углы β_A и β_B при опорных пунктах по формулам (2.3)

$$tg\alpha_{I-A} = \frac{Y_A - Y_1}{X_A - X_1} = \frac{\Delta Y_{A-1}}{\Delta X_{A-1}};\ d_{1-A} = \frac{\Delta Y_{A-1}}{\sin\alpha_{A-1}} = \frac{\Delta X_{A-1}}{\cos\alpha_{A-1}},$$

$$\beta_A = \alpha_{I-II} - \alpha_{I-A}\ ;\ \beta_B = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-B}\ .$$

Графоаналитический способ подготовки исходных данных позволяет избавиться от невязок за счет погрешностей графического проектирования строительства и элементов геодезического построения. Типовыми задачами, решаемыми при подготовке проекта выноски, являются: прямая и обратная геодезические задачи; нахождение координат точки пересечения двух прямых, прямой и кривой; определение координат центра кривой, створных точек и др. Все эти задачи решаются по формулам аналитической геометрии и сводятся к вычислению в обычной ведомости координат или из решения треугольников.

Пример:

Определить координаты X_0, Y_0 точки пересечения линий AA_1 и BB_1, заданных координатами X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_{A1}, Y_{A1}, X_{B1}, Y_{B1} (рис. 21).

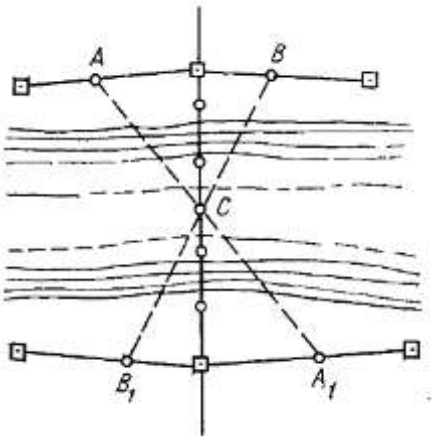


Рисунок 21 - Схема к примеру определения координат точки *C* при пересечении двух прямых

Из решения обратной геодезической задачи (2.3) определяем дирекционные углы α_{AA1}, α_{BB1}, α_{AB1} и длину d_{AB1}. По разности дирекционных углов находим горизонтальные углы в треугольнике AB_1C, по теореме синусов определяем расстояния от точки *C* до одной из точек прямых.

Решая прямую геодезическую задачу, находим координаты точки *C*.

3 ПОНЯТИЕ О ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ, ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ) ПЛОЩАДКЕ

Вертикальной планировкой называется преобразование естественного рельефа на территории строительной площадки в поверхность, удовлетворяющую техническим требованиям данного сооружения. Проект вертикальной планировки является составной частью генерального плана строительства и в его разработке важное место занимают геодезические расчеты. Основой для составления проекта служат топографические планы в масштабе 1:1000–1:500.

В зависимости от условий эксплуатации возводимых сооружений различают вертикальную планировку под горизонтальную или наклонную площадку. Основными документами проектов вертикальной планировки являются:

- план организации рельефа;
- картограмма земляных работ.

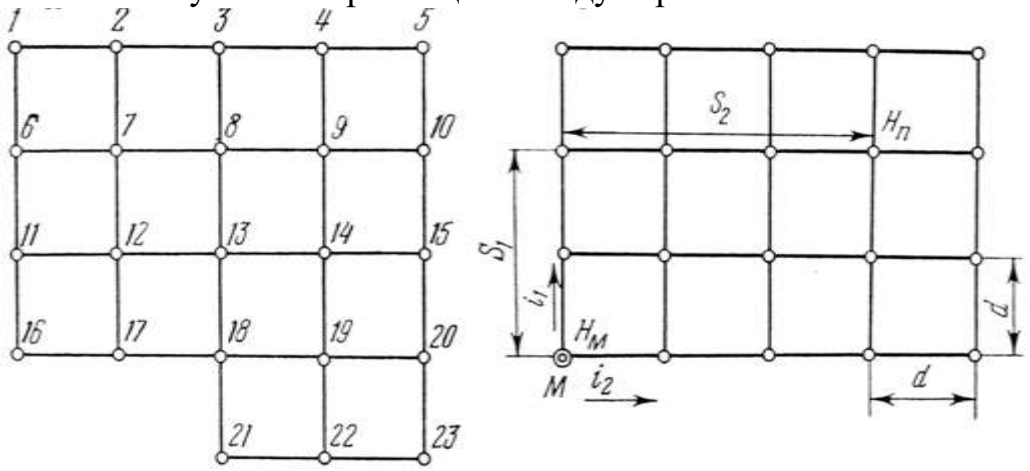
Отметки проектируемой застройки приводят в соответствие с существующей застройкой. Все геодезические расчеты сводятся к определению рабочих отметок создаваемого рельефа – выемки или насыпи.

Для выноса проекта сооружения в натуру производят его геодезическую подготовку (составляют проект геодезической подготовки), включающую:

- аналитический расчет проекта выноски;

- составление разбивочных чертежей с данными привязки главных осей сооружений к пунктам геодезической основы;
- разработку проекта производства геодезических работ (ППГР).

Вертикальная планировка под горизонтальную поверхность обычно предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, что означает равенство геометрических объемов выемки и насыпи грунта. В этом случае используют фактические отметки вершин квадратов, полученных при площадном нивелировании (рис. 22, *а*) или из топографической съемки масштаба 1:500 путем интерполяции между горизонталями.



а) *б)*

Рисунок 22 - Вертикальная планировка строительной площадки под:

а – горизонтальную поверхность; *б* – наклонную плоскость

Съемку поверхности (нивелирование площадей) для составления проекта вертикальной планировки чаще всего выполняют методом нивелирования по квадратам или прямоугольникам. Для этого на местности разбивают сетку геометрических фигур со сторонами 10, 20, 50 м и более в зависимости от размеров участка при помощи теодолита и мерной ленты. В это же время ведут съемку подробностей площадки строительства и вычерчивают абрис.

Разбивку квадратов выполняют при помощи теодолита и ленты. На больших площадях для построения сетки возможно использование электронных тахеометров. Каждую вершину квадрата обозначают колышком и сторожком с надписью номера соответствующей вершины.

После разметки участка планировки выбирают схему замкнутого (с целью контроля) нивелирного хода и приступают к нивелированию вершин квадратов.

На местности последовательно устанавливают нивелир в точках *I*, *II*, *III* и вначале берут отсчеты по черной и красной сторонам рейки в связующих точках *1в*, *3б*, и *3г*, рис. 23. После проверки правильности взятых отсчетов, заднюю рейку поочередно устанавливают на соответствующие вершины квадратов согласно схеме нивелирования (рис. 23) и производят

отсчеты только по черным делениям рейки. Все измерения записывают в журнал нивелирования (табл. 4).

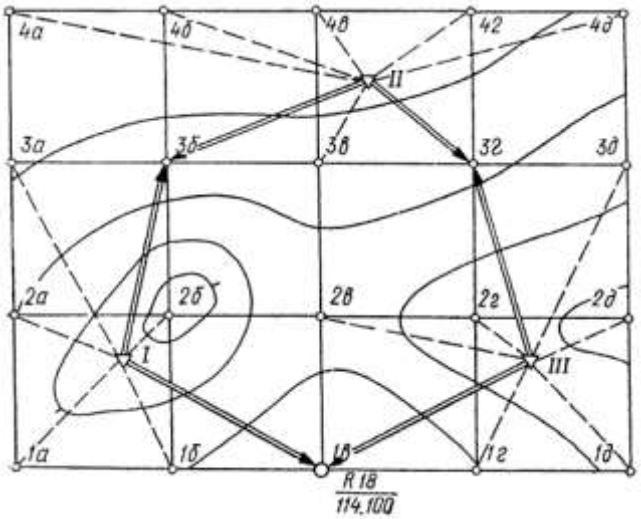


Рисунок 23 - Схема нивелирования по квадратам

При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Например, отметка *Нзб* точки *3б* будет равна

$Нзб = H_{реп18} + а - в = 114{,}100 + 1{,}228 - 0{,}823 = 114{,}505$ м (не уравненная). Затем через горизонт инструмента (ГИ) вычисляют отметки вершин квадратов

$H_{1б} = ГИ_1 - C_{1б} = 115{,}328 - 0{,}576 = 114{,}752$,

где $C_{1б}$ – отсчет по рейке, установленной на промежуточной точке 1б, табл. 4.

После вычисления отметок всех точек прямоугольной сетки приступают к вычерчиванию плана участка строительной площадки с горизонталями, который используют для составления проекта вертикальной планировки (рис. 24).

Таблица 4 - Журнал технического нивелирования поверхности по квадратам

Станция	Вершина	Отчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт прибора, м	Абсолютные отметки,м
		задние	передние	промежуточные	вычисленные	средние	исправленные		
I	*1б(R_{18})*	1228 5915						115,328	114,100
	1б			576					114,752
	1а			427	+ 405				114,901
						— 2			
	2а			525		+ 405	+ 403		114,803
	2б			748	+ 405				114,580
	3а			1527					113,801

	3б		823 5510						
II	*3б*	405 5092						114,908	114,503
	4а			2407					112,501
	4б			2006	+ 205				112,902
						− 2			
	4в			2005					
						+ 204	+ 202		112,903
	4г			1607	+ 203				113,301
	4д			402					114,104
	3в			657					114,251
	3г		200 4889						
III	*3г*	2390 7077						117,095	114,705
	3д			1515					115,580
	2г			1075					116,020
	2д			200	− 605				116,895
						− 2			
	1д			1345		− 603	− 605		115,750
	1г			2093	− 601				114,902
	2в			1795					115,300
	1б(R_{18})		2995 7678						114,100

Примечание. f_h = + 6 мм; $f_{h доп}$ = ± 17 мм.

Нулевой баланс земляных работ обеспечивается заданием проектной отметки по следующей формуле

$$H_{ПР} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \qquad (2.7)$$

где $\sum H_1$ – сумма фактических отметок, входящих в один квадрат (1, 5, 16, 23); $\sum H_2$ – сумма отметок вершин, общих для двух квадратов (2, 3, 4, 10, …); $\sum H_3$– сумма отметок вершин, общих для трех квадратов (18); $\sum H_4$– сумма отметок вершин, общих для четырех квадратов (7, 8, 9, …); n – число квадратов.

По разности между проектной отметкой горизонтальной плоскости и фактической (черной) отметки вершины квадрата получают рабочую высоту выемки или насыпи

$$h_n^{РАБ} = H_{ПР} - H_n .$$

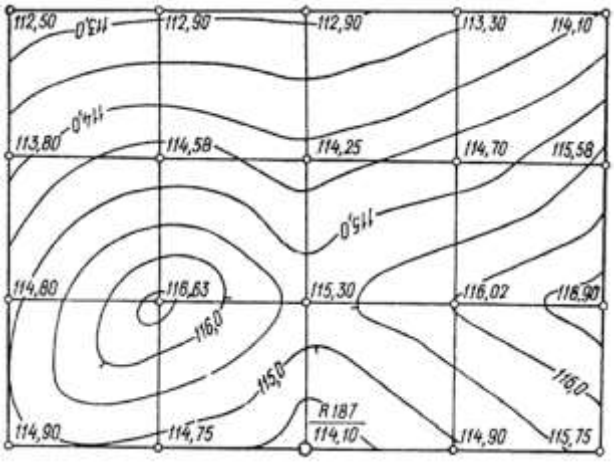


Рисунок 24 - План участка строительной площадки в горизонталях

Рабочие отметки (высоты) подписывают на картограмме земляных работ: со знаком «плюс» – насыпь, «минус» – выемка (рис. 25), а также на сторожках, забитых в вершинах квадратов на местности.

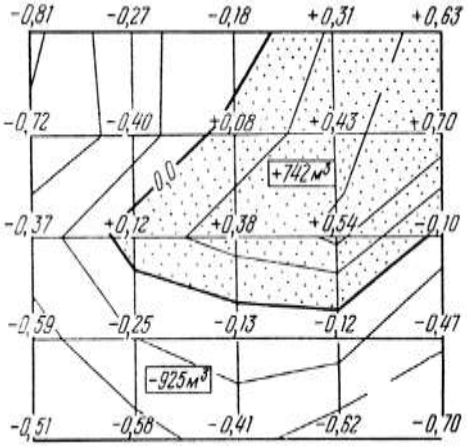


Рисунок 25 - Картограмма земляных работ

Вертикальная планировка под наклонную плоскость производится по заданному проектом уклону $i_{пр}$. Исходными данными являются фактические отметки вершин квадратов, проектная отметка опорной точки M (рис. 22, *б*), а также проектные уклоны по взаимно перпендикулярным сторонам квадратов i_1 и i_2. Проектная отметка точки n определяется из выражения

$$H_n = H_M + i_1 S_1 + i_2 S_2 \ ,$$

где S_1 и S_2 – расстояния по сторонам квадратов от опорной точки M до искомой n.

В частности, проектные превышения по сторонам первого квадрата находятся

$$h_1 = i_1 d \ ; \ h_2 = i_2 d;$$

где d – длина стороны квадрата.

Зная проектные превышения и отметку опорной точки M, находят проектные отметки вершин квадратов, откуда по значениям фактических отметок вычисляют рабочие.

Окончательным графическим документом вертикальной планировки является картограмма земляных работ, (рис. 25). На ней указывают фактические, проектные и рабочие отметки вершин квадратов, а также положение линии нулевых работ и значения объемов выемки или насыпи грунта.

Объемы земляных работ подсчитывают отдельно по каждому квадрату по рабочим отметкам его вершин, раздельно по выемке и насыпке грунта. В зависимости от требуемой точности, характера рельефа местности и конфигурации земляных работ подсчет объемов производят способами объемной палетки П.К. Соболевского, среднего арифметического, параллельных сечений, правильных геометрических фигур.

По окончании расчетов сводят баланс земляных работ, где указывают избыток или недостаток грунта вертикальной планировки строительной площадки. Для упрощения подсчета насыпных работ, как правило, объем засыпки производят без учета коэффициента разрыхления.

4 ГЕОДЕЗИЧЕСКО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

4.1 Работы нулевого цикла

Геодезическое обеспечение в гражданском и промышленном строительстве подразделяется на работы, связанные с обслуживанием нулевого цикла и на работы, выполняемые выше нулевой отметки.

В состав нулевого цикла входят:

- рытье котлованов и траншей (с зачисткой дна и откосов);
- монтаж фундамента, стен, подвалов;
- устройство приямков, лифтовых шахт;
- присоединение дворовых коммуникаций;
- монтаж оборудования в подвальном помещении (котлов, насосов, вентиляционных устройств и др.).

Заканчивается подземный цикл возведением объектов до нулевой отметки: чистого пола первого этажа.

Перед началом работ нулевого цикла производят разбивку осей зданий и сооружений. Различают три вида осей (рис. 26):

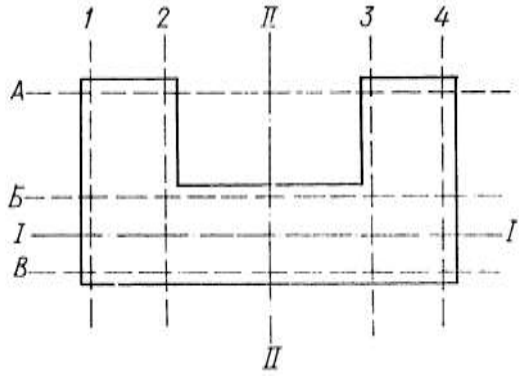


Рисунок 26 - Главные и основные оси здания

Главные оси – две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание (сооружение) располагаются симметрично. Их обозначают на генеральном плане римскими цифрами.

Основные оси проходят по контуру здания (сооружения). Продольные оси обозначают буквами, а перпендикулярные к ним линии – арабскими цифрами.

Вспомогательные или разбивочные оси служат для детальной разбивки частей и элементов сооружений. Располагаются они по отношению к основным осям как под углом, так и параллельно к ним в зависимости от конструкции сооружения.

При разбивке главных и основных осей, именуемой основными геодезическими разбивочными работами, их закрепление производят четырьмя осевыми пунктами (знаками), по два с каждой стороны здания (рис. 27).

Знаки должны располагаться на одинаковом расстоянии от сооружения, составляющим, по возможности, полторы его высоты с целью передачи осей со створных пунктов на строящиеся этажи. В дополнение оси можно закреплять краской на стенах существующих зданий.

Кроме плановой разбивки на местности для каждого возводимого сооружения создается высотное обоснование в виде двух рабочих реперов. Место их установки выбирается с учетом удобства пользования и сохранности на весь период строительства. Отметка чистого пола первого этажа принимается за нуль, поэтому все отметки ниже пола будут отрицательными. Перенос отметки строительного нуля на рабочие реперы осуществляется геометрическим нивелированием.

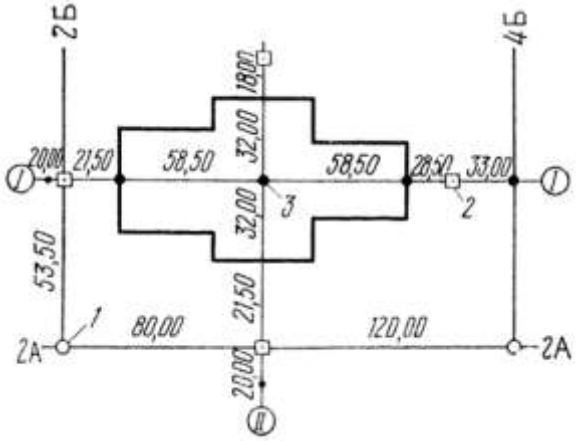
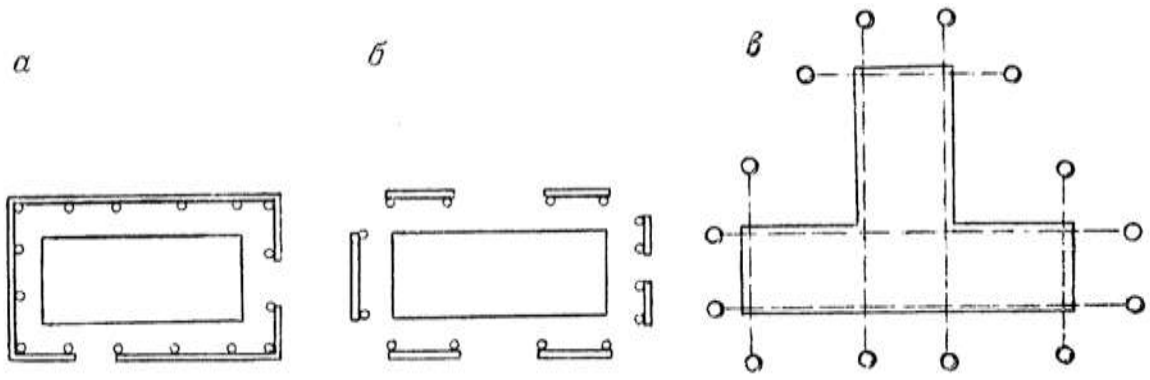


Рисунок 27 - Схема расположения и привязки главных осей: *I-I, II-II*

По завершении разбивки и закреплении главных и основных осей, установки рабочих реперов составляют акт приемки-передачи разбивочных работ с приложением схемы закрепления осей по установленной форме.

Детальные разбивочные работы нулевого цикла осуществляют с помощью обноски: специального ограждения, установленного по внешнему контуру строящегося здания (рис. 28).



а) *б)* *в)*

Рисунок 28 - Варианты обноски: *а* – сплошная; *б* – разреженная; *в* – створная

Сплошная обноска представляет из себя вкопанные по периметру вокруг здания столбы на расстоянии 2–4 м с прибитыми к ним на высоту 0,5–1,2 м обрезными досками. Для въезда/выезда транспорта в зону строительства в отдельных местах ограждения делают разрывы.

Разреженная обноска устраивается только в местах расположения основных осей здания аналогично сплошной.

Створная обноска состоит из отдельных пар вкопанных столбов, установленных в створах всех осей здания. Срезы столбов выполняют на одной высоте.

Относительная погрешность линейных измерений при разбивке осей с помощью обноски достигает 1/10 000–1/25 000. Для соблюдения высокой точности разбивочных работ к устройству обноски выдвигаются следующие требования:

- створность столбов устанавливают по теодолиту;
- высоту обноски выносят нивелиром;
- разбивку обноски выполняют от створных знаков главных или основных осей;
- точки закрепления главных и основных осей переносят на обноску с помощью теодолита;
- положение вспомогательных (разбивочных) осей определяют на обноске линейными промерами.

4.2 Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаменты

Разбивочные работы. Способы геодезических разбивочных работ зависят от конструкции и глубины заложения фундамента. Например, разбивка контуров неглубоких котлованов и траншей под ленточные фундаменты производится от основных осей с обноски. В этом случае вдоль меток оси натягивают стальную проволоку (струну) и с помощью отвесов ось переносят на земную поверхность, фиксируя ее колышками. Затем вправо

и влево от оси откладывают необходимые расстояния, в сумме составляющие ширину фундамента, и закрепляют кольями. Шнур, натянутый по кольям, обозначает границу траншеи.

При разработке глубоких котлованов разбивку их контуров выполняют понизу и верхней бровки от главных или основных осей. При этом до выполнения земляных работ обноску обычно не устраивают. Границу верхней бровки рассчитывают по каждому углу котлована с учетом величины «*a*» (расстояния нижней бровки котлована от фундамента) по формуле

$$\Delta d_i = (H_i - H_0)m,$$

где H_i – отметка земли на каждом углу; H_0 – отметка дна котлована; m – крутизна откоса, рис. 29.

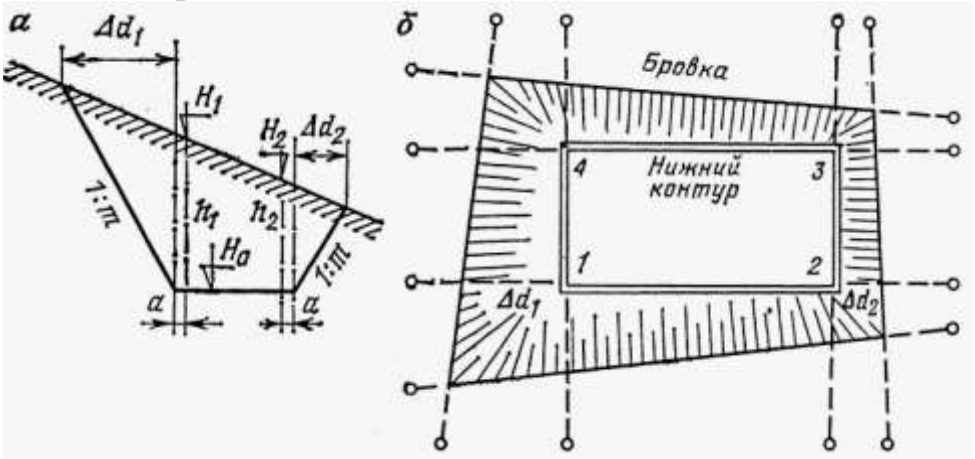


Рисунок 29 - Схема разбивки котлована под фундаменты: *а* – разрез по 1–2; *б* – план разбивки котлована по нижней и верхней бровкам

Средние квадратические погрешности разбивки границ котлована не должны превышать 3 см.

В процессе разработки котлованов выполняют систематический контроль за их углубкой с помощью горизонтальных визирок и геометрического нивелирования для неглубоких выемок. Контроль глубины разработок со значительными размерами ведут тригонометрическим нивелированием (рис. 30), при котором глубина выемки определяется по формуле

$$h = 0{,}5(Kn + c)\sin 2\nu,$$

где K – коэффициент нитяного дальномера; n – число сантиметровых делений рейки между нитями; c – постоянная дальномера; ν – вертикальный угол.

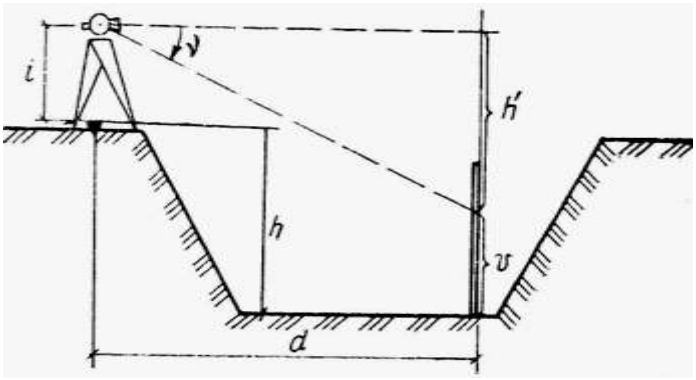


Рисунок 30 - Схема контроля глубины выемки котлована

Среднюю квадратическую погрешность определения глубины котлована вычисляют из выражения

$$m_h^2 = (1/2\sin 2v)^2 m_d^2 + (d\cos 2v)^2 m_v^2 / \rho^2,$$

где m_d и m_v – погрешности измерения расстояния и вертикального угла соответственно.

После окончательной разработки и зачистки дна котлована определяют объем земляных работ, выполняют исполнительную съемку, на которой показывают фактические и проектные размеры, отметки дна, смещения.

Перенос осей осуществляют в зависимости от глубины выемки и вида фундаментов с помощью: створной засечки теодолитом (рис. 31); отвесов, закрепленных на монтажных струнах; обноски, возведенной на дне котлована.

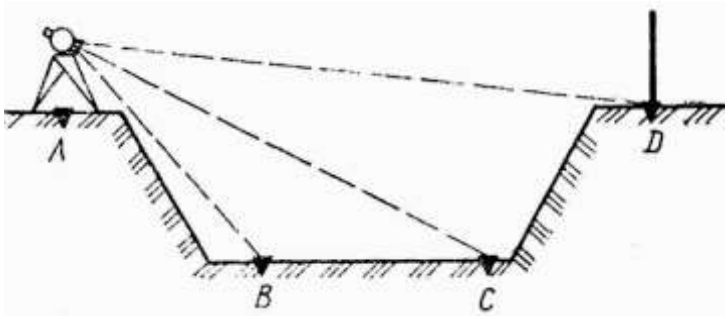


Рисунок 31 - Схема переноса осей на дно котлована

Отметку на дно выработки передают способом геометрического нивелирования с использованием вывешенной вертикально рулетки. Перед этим на дне закладывают два временных репера (марки). Отметку репера, на который осуществляется передача координаты H_{p2}, вычисляют по формуле, вытекающей из рис. 32:

$$H_{p2} = H_{p1} + a - в - (c - d).$$

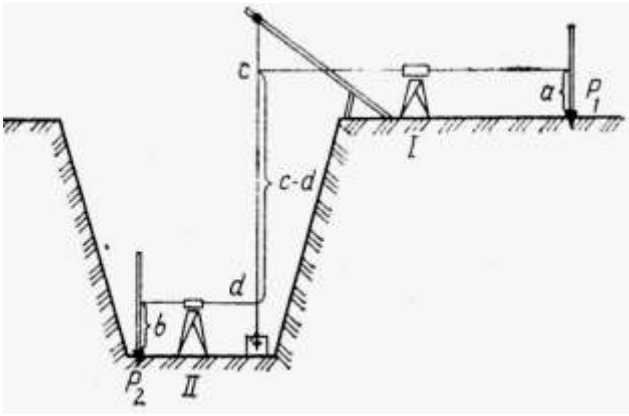


Рисунок 32 - Схема переноса отметки на дно котлована

При этом используют как абсолютную систему высот, так и условную.

Геодезические работы, осуществляемые при возведении фундаментов, зависят от их конструкции, методов и средств монтажа, технологии производства строительно-монтажных работ. Известны ленточные и сплошные (плитные) фундаменты, свайные, монолитные и сборные.

Сборные ленточные фундаменты укладывают на выровненную поверхность, горизонтальность которой контролируют нивелиром. Перед укладкой блоков на их грани наносят установочные риски, служащие для совмещения с осями, вынесенными на дно котлована.

Монтаж фундамента начинают с установки угловых блоков с помощью двух теодолитов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а также используя оси, заданные струной из стальной проволоки. Установочные риски совмещают с остриями отвесов, опущенных со струны. Через 15–20 м от угловых блоков вдоль осей размещают маячные блоки, служащие для ориентирования при возведении остальной части фундамента.

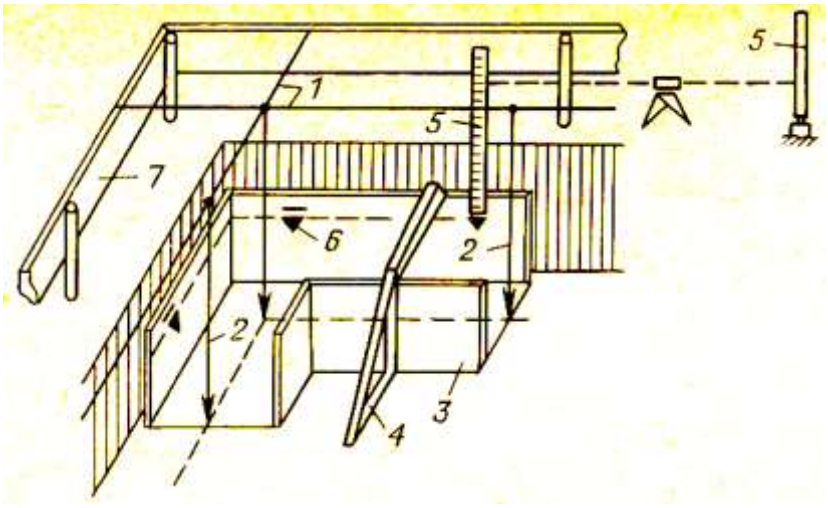


Рисунок 33 - Схема установки опалубки под монолитные фундаменты: 1 – проволочные струны; 2 – отвесы; 3 – щиты опалубки; 4 – крепежные элементы; 5 – мерная рейка; 6 – отметка бетонирования; 7 – обноска

После окончательной выверки в плане и по высоте угловых и маячных блоков между ними натягивают шнур-причалку на расстоянии 15–20 мм от их граней. Промежуточное фундаментное основание устанавливают, ориентируясь на угловые и маячные блоки по шнуру.

Монолитные железобетонные фундаменты (рис. 33).

Монолитные фундаменты возводят по свайному основанию и непосредственно по дну котлована с помощью опалубки. Разбивка под опалубку начинается с проверки высотной и плановой подготовки дна котлована.

4.3 Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений

Перекрытие первого этажа сооружения является нулевым или исходным монтажным горизонтом. С целью возможности возведения надземной части здания (сооружения) на нулевом перекрытии создаются плановая и высотная геодезические сети. Способы и точность их развития зависит от методов строительного производства, количества этажей здания и конструктивных решений.

При возведении невысоких зданий их основные оси передают от створных знаков и закрепляют на верхнем срезе цоколя (рис. 34). Затем выполняют контрольные промеры и в дальнейшем переносят оси на вышележащие монтажные горизонты от закрепленных на цоколе рисок.

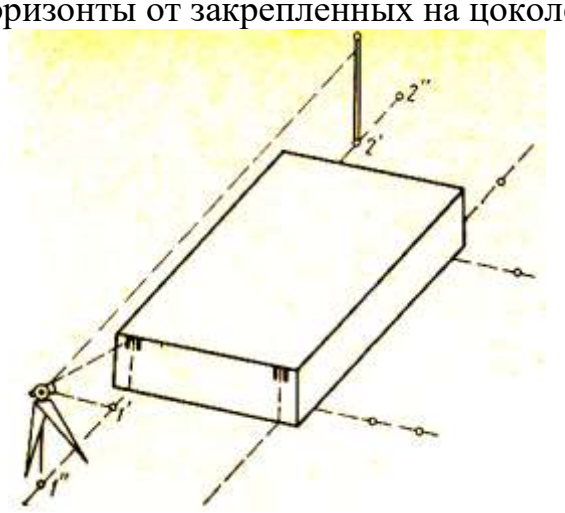


Рисунок 34 - Схема построения осей на основном монтажном горизонте

При повышенных требованиях к точности строительства сооружения (например, высоких зданий), на нулевом монтажном горизонте создается внутренняя разбивочная основа в виде правильных геометрических фигур. Вначале выносят главные или основные оси *А*, *Б*, *1*, *8*, а затем намечают положение пунктов разбивочной сети на расстояниях *а*, *в*, *с* и *d* от вынесенных осей (рис. 35).

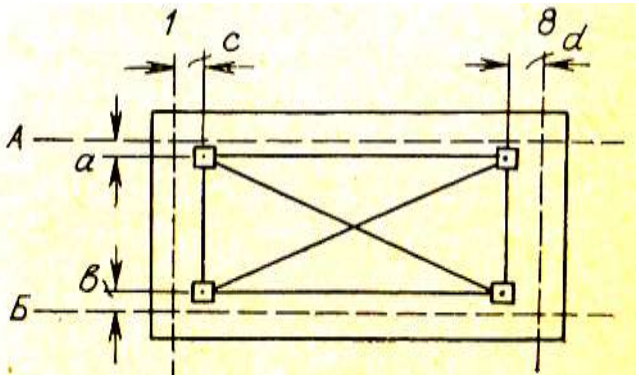


Рисунок 35 - Разбивочная сеть на нулевом перекрытии

Положение центров выбирают исходя из удобства установки прибора, а также обеспечения видимости между соседними знаками в процессе возведения конструкций на этаже. Желательно предусмотреть устройство технологического отверстия в плитах перекрытия.

5 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Под исполнительной съемкой понимают комплекс угловых, линейных и высотных геодезических измерений, целью которых является определение фактического положения строительных элементов относительно друг друга в пространстве, а также соответствие их проектным показателям.

Общий состав работ по ведению исполнительных съемок в строительстве включает:

- создание или пополнение съемочного обоснования;
- планово-высотную детальную съемку элементов строительства, их узлов и отдельных конструкций (в том числе поэтажную съемку);
- планово-высотную съемку наземных и подземных коммуникаций;
- контурную съемку завершенного строительства;
- составление маркшейдерско-геодезической документации.

Рассмотрим более подробно обозначенный состав работ.

Создание съемочного обоснования (или его пополнение) производится в случае утраты части пунктов в процессе строительства и осуществляется известными методами: полигонометрических ходов, строительной сетки, цепочки треугольников и др.

Планово-высотную детальную съемку элементов строительства и различных коммуникаций производят с пунктов съемочного обоснования, разбивочной сети, а также разбивочных осей, красных линий, знаков геометрического нивелирования. Ее ведут теми же методами и приборами, что и детальную разбивку осей сооружений. Точность результатов исполнительной съемки должна быть не ниже точности проведения разбивочных

работ, а саму съемку осуществляют преимущественно способом прямоугольных координат, створов, линейных и угловых засечек, геометрического нивелирования. Исполнительные съемки выполняются на протяжении всего строительства, начиная от разбивки осей и заканчивая приемкой его государственной комиссией, при этом заключаются в проведении комплекса геодезических работ для определения планового и высотного положения окончательно установленных конструкций.

В зависимости от этапа строительства исполнительные съемки подразделяют на текущие и окончательные.

Текущие исполнительные съемки ведутся по мере возведения сооружения и завершают каждый вид строительно-монтажных работ с составлением основного технического документа. Его результаты позволяют судить о качестве выполненных работ, подсчитать их объемы, если это необходимо, сделать изменения в проекте. Исполнительной съемке подлежат те элементы и части зданий и сооружений, от правильного положения которых зависит прочность и устойчивость всего сооружения, а также точность установки последующих конструкций. Виды конструкций и этапы строительства, подлежащих исполнительной съемке, порядок и очередность геодезических измерений, их точность и применяемые приборы определяет проект производства геодезических работ.

Текущая исполнительная съемка фиксируется на схемах, на которых указывают все проектные и фактические размеры, а также отметки конструкций и элементов сооружений, расстояния между осями, величины и направления отклонений от проектных положений. Особое внимание обращают на исполнительную съемку частей и конструкции сооружений, становящихся впоследствии недоступными для измерений или подлежащих засыпке грунтом: днища котлованов, оголовки свай, закладные детали монолитных фундаментов, анкерные болты под оборудование, подземные коммуникации и др.

Высотное положение конструкций определяется методом геометрического или гидростатического нивелирования от реперов высотного обоснования или в условной системе высот.

Вертикальность конструкций высотой до 5 м выверяется рейкой-отвесом или рейкой-уровнем. При большей высоте применяют способы вертикального или наклонного проектирования. Результаты исполнительной съемки необходимо контролировать путем промеров между точками и контурами, определяемыми независимыми путями при съемке, а также сравнением их с проектными размерами.

Для съемки фундаментов в плане на их верхние и боковые грани переносят оси, от которых выполняют все замеры. Высотная съемка выполняется от временных реперов, установленных на дне котлована в непосредственной близости от возводимого сооружения на поверхности. Отметки определяются по верху фундамента в местах пересечения осей и через 3–5

м между осями, а также дна и верха фундаментов стаканного типа. При возведении наземной части зданий и сооружений на каждом монтажном горизонте выполняется исполнительная съемка планового положения колонн, панелей, блоков, а также их вертикальности, высотного положения опорных площадок и перекрытий, закладных деталей, оконных проемов и других элементов возводимого сооружения.

Повышенное внимание следует уделять исполнительной съемке при строительстве подземных коммуникаций, которая должна выполняться вслед за строительно-монтажными работами. При этом определяется плановое положение оси коммуникации, соблюдение проектных уклонов, выполняется подсчет объемов земляных работ. Исполнительные съемки при строительстве наземных коммуникаций заключаются в определении планового положения осей земляного полотна, выемок и насыпей, кривых, опор и их фундаментов.

Окончательные исполнительные съемки выполняются после завершения строительства объекта. Они производятся раздельно от пунктов плановой и высотной съемочной (разбивочной) геодезической основы в масштабах 1:500, 1:1 000. Если пункты съемочного обоснования частично утрачены, их восстанавливают и для удобства располагают параллельно линиям застройки.

Контурная съемка (исполнительная съемка контуров) выполняется после завершения всего строительства и благоустройства его территории с целью составления исполнительного генерального плана.

При съемке контурных точек, их координаты вычисляют по результатам геодезических измерений. Точками определения являются углы зданий и сооружений, пересечения осей сетей воздушных, наземных и подземных коммуникаций, центры колодцев, проезды, вершины углов поворота трасс и др.

Кроме съемки и определения координат основных точек, в натуре измеряют габариты и элементы зданий и сооружений, которые невозможно отобразить непосредственно на плане. Поэтому на заготовленных заранее абрисах показывают проемы, входы в здание, вводы и выходы коммуникаций, характеристики сооружений (назначение, этажность, строительные материалы и др.). На обмерных чертежах выписывают координаты основных углов, заносят размеры отдельных и общих частей и сторон здания, выступающих элементов его фасада.

Вертикальная съемка строительства ведется от марок и реперов геодезического обоснования геометрическим или тригонометрическим способами. Помимо съемки рельефа определяются отметки всех вышеперечисленных точек плановой съемки, а также бровок и днищ земляных выемок, кюветов, насыпей и др.

Исполнительная съемка подземных коммуникаций выполняется от пунктов планово-высотного обоснования или четких контуров каменных

строений общепринятыми методами в масштабах от 1:5 000 до 1:200 по мере возведения и монтажа сетей. По результатам съемки вычисляют плановое положение углов поворота трасс и точек их осей через 50 м, центры люков колодцев, начала, середину и конец кривых, расположение входов в здания. В обязательном порядке определяют отметки люков всех колодцев, лотков канализационных, водосточных и дренажных коммуникаций, верха труб и пола каналов теплотрассы и энергетических прокладок.

Съемка подземных коммуникаций сопровождается отображением ситуации земной поверхности полосой 20 м в обе стороны от оси трассы. Плановое положение колодцев коммуникаций контролируется промерами расстояний между центрами люков.

Каждая строительно-монтажная организация обязана иметь полный комплект маркшейдерско-геодезической документации.

Маркшейдерско-геодезическая документация в строительстве подразделяется на проектную, обязательную маркшейдерско-геодезическую и исполнительную.

Проектная техническая документация является основой для организации производства маркшейдерско-геодезических работ. Особое место в ней занимает генеральный план, который содержит проектные решения на вертикальную планировку, строительство инженерных сетей, коммуникаций и т.д., служит базовым документом для вынесения проекта в натуру. В его состав входят графические материалы в виде ситуационного плана размещения объектов в масштабе 1:5 000–1:25 000 (в зависимости от сложности строительства), генерального плана с нанесением существующих, подлежащих сносу и проектируемых зданий, сооружений, дорог для всех видов транспорта, пусковых комплексов, благоустройства и озеленения территории. Здесь же приводятся типы покрытия внутриплощадочных дорог, картограмма земляных работ, инженерные коммуникации, схемы грузопотоков и др.

В общей проектной документации существуют дополнительные планы, схемы и решения (технологическая и строительная части, организация строительства, рабочие чертежи), которые используются по их прямому назначению.

Обязательная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на первичную, вычислительную и графическую.

Первичная документация представлена журналами измерения базисов, полигонометрических и теодолитных ходов, нивелирования, топографических съемок. Сюда же входят журналы выноса в натуру проектных геометрических элементов строительства, маркшейдерско-геодезического контроля и других необходимых измерений; различные акты о производстве выполненных разбивок осей и т.п.

Журналы измерений, разбивок и съемок имеют стандартные размеры (148 х 210 мм) и регистрационные номера. На последней странице указы-

вают общее количество пронумерованных страниц за подписью главного геодезиста или маркшейдера. Записи в журналах ведут карандашом, их достоверность проверяют в камеральных условиях, о чем делают соответствующие пояснения.

Вычислительная документация содержит журналы вычислений длин базисов, уравнивания и вычисления окончательных координат триангуляции, решения треугольников, обработки длин сторон полигонометрии и вычисления координат, уравнивания нивелирных ходов и вычисления высотных отметок, координат пунктов плановой разбивочной и съемочной основы. Журналы имеют стандартные размеры 297 х 210 мм, им присваивают порядковые номера, указывают общее число пронумерованных страниц (их число не должно превышать 100) за подписью главного маркшейдера или геодезиста. Записи вычислений ведут четко и разборчиво, ошибочные результаты перечеркивают и делают пояснения за подписью лиц, производивших эти вычисления. В журналах вычислений делают ссылки на номера страниц и журналов полевых измерений, из которых выписаны исходные данные. По результатам определений составляют каталоги координат и высот по видам и разрядам всех пунктов геодезических сетей, а также других необходимых параметров строительства. В дополнение к журналам ведут различные ведомости (например, приведенных направлений для пунктов триангуляции, углов поворота главных осей инженерных коммуникаций и др.).

Графическая документация представляет собой обязательные основные и специальные планы, профили, разрезы, проекции, составленные по результатам маркшейдерско-геодезических съемок и измерений. Они являются важнейшими техническими и юридическими документами строительства, а также служат основой для составления всех остальных видов графических материалов. В виду этого маркшейдерско-геодезическая графическая документация должна быть выполнена с необходимой точностью, полнотой и достоверностью.

Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен в табл. 5.

Конкретный состав графических материалов определяется в зависимости от вида отрасли или строительства, а также специфики возведения объектов, объемов работ, конструктивных решений и регламентируется специальными инструкциями. Уточненный комплект этой документации устанавливается маркшейдерско-геодезической службой генеральной подрядной организации, согласовывается с заказчиком и утверждается техническим руководством.

Чертежи, составляемые непосредственно по результатам геодезической или маркшейдерской съемки, являются оригиналами и выполняются на планшетах или листах бумаги высшего качества и стандартных разме-

ров. Допускается применение прозрачных материалов из листов винипроза или пленок лавсана, хостофена и др.

Планшеты изготавливают самостоятельно на жесткой, полужесткой или мягкой основе в зависимости от оснащенности предприятия современными технологиями и оборудованием, или заказывают специализированным организациям.

Таблица 5 - Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен

Вид документа	Масштаб
Состав основной маркшейдерско-геодезической графической документации	
Обзорная карта района строительства	1:10 000–1:25 000
Сводные планы строительно-монтажных площадок	1:5 000–1:10 000
Сводный план внешних линейных сооружений	1:5 000–1:10 000
План промышленного предприятия, комплекса, объекта	1:500–1:200
План строительства отдельных подсобных предприятий	1:1 000–1:2 000
Планы строительных карьеров	1:500–1:2 000
Состав специальной маркшейдерско-геодезической графической документации	
План геодезической плановой и высотной основы	1:5 000–1:25 000
План наземных зданий и сооружений	в масштабе основного плана
План подземных инженерных коммуникаций и сооружений	1:500–1:2 000
План надземных линий и сооружений	1:500–1:2 000
Планы разбивки и закрепления главных, основных и вспомогательных осей зданий и сооружений	в масштабе рабочих планов
Картограмма геодезической и топографической изученности	1:10 000–1:50 000
Исполнительные планы, профили, проекции и разрезы законченного строительства	в масштабе рабочих чертежей
Схема расположения планшетов	—

Динамика строительного производства характеризуется постоянным изменением ситуации на промышленной (строительной) площадке. В силу этих изменений ведут *оперативный* (или рабочий) маркшейдерско-

геодезический план территории строительства, представляющий комплекс исполнительных графических материалов. Основное назначение этого документа состоит в своевременном и достаточно точном отражении всех изменений в строительстве, происходящих на промышленной площадке.

На крупных строительных предприятиях для ведения оперативных планов создается специальная группа специалистов, на небольших объектах – ими занимается маркшейдерско-геодезическая служба.

В комплект материалов оперативного маркшейдерско-геодезического плана входит следующая документация:

- основная графическая (сводные и основные планы, профили, разрезы);
- детальная (по объектам);
- вспомогательная (обосновывающая и пояснительная).

Кроме того, в составе оперативного плана имеются сведения по назначению объекта, геометрических размеров объекта в натуре, координат угловых и основных точек, даты сдачи в эксплуатацию и т.п.

Исполнительная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на текущую, выполнение которой осуществляется в процессе возведения зданий и сооружений, и приемо-сдаточную, т.е. документацию законченного строительства. В совокупности исполнительные материалы должны давать полное представление о фактическом состоянии строительства и его частей.

Текущая документация используется для внутреннего контроля за правильностью ведения строительства объектов и является основанием для выдачи разрешений на производство дальнейших работ. Она включает в себя исполнительные акты и схемы разбивки осей, котлованов, свайных полей, устройство опалубки, детальную разбивку на нулевом (монтажном) горизонте, схемы нивелирования бетонной подготовки под полы.

При возведении надземной части зданий и сооружений исполнительная документация состоит из схем создания разбивочной сети на монтажном горизонте, планово-высотных отображений установки стенных панелей, расположения оконных и дверных проемов, плит, перегородок и др.

Приемо-сдаточная документация готовится на основе текущей после завершения определенного этапа строительства и включает следующие основные материалы:

1) планово-высотные схемы по всем видам инженерных коммуникаций (схемы и акты на разбивку и приемку трассы и ее сооружений, исполнительный план и профиль, размеры колодцев и камер, каталог координат и высот, полную характеристику коммуникаций);
2) планово-высотные схемы и акты приемки разбивочных и выполненных работ по земляным сооружениям (готовому котловану, земляному полотну дорог, траншеям и др.);

3) планово-высотные схемы и акты на устройство фундаментов (свайные поля, сборные и монолитные ленточные фундаменты, стаканы под установку колонн и др.);
4) исполнительные чертежи планово-высотной съемки колонн, подкрановых балок и путей, ферм и балок перекрытий;
5) схемы плановой, вертикальной и высотной поэтажных съемок;
6) исполнительные съемки кирпичных, блочных и панельных зданий, их полов, плит перекрытий;
7) исполнительные планово-высотные схемы на законченные этапы возведения различных зданий и сооружений в зависимости от их назначения (лифтовых шахт, плотин, каналов, тоннелей метро и др.).

Приемо-сдаточная документация подписывается главным маркшейдером или геодезистом и предъявляется при сдаче объекта в эксплуатацию.

Отчетная документация исполнительной съемки представляется исполнительным генеральным планом и дополнительными (исполнительными) чертежами. Исполнительный генеральный план включает в себя план всей территории законченного строительства масштаба 1:500. На нем показывают координатную сетку, пункты геодезического обоснования, центры строительной сетки, гидрографию, рельеф, все здания и сооружения, нанесенные после приемки их государственной комиссией.

Исполнительные чертежи дополняют генеральный план съемкой сложных участков масштаба 1:200, планом подземных коммуникаций масштабов 1:1 000–1: 2 000 с приложением каталога координат и высот колодцев, их эскизов, абрисов, обмерных чертежей отдельных частей, деталей зданий и сооружений.

6 МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БУРОВЫХ СКВАЖИН

6.1 Основные положения

Организации, составляющие проекты разведки, строительства скважин, технологические схемы, должны представить заказчику ведомость проектных координат забоев скважин. В случае наклонной скважины в ведомости дополнительно приводят координаты забоев по кровле каждого продуктивного горизонта.

Местоположение устьев скважин выбирают и уточняют в натуре с обязательным использованием имеющейся горно-технической документации: маркшейдерских, топографических, землеустроительных планов и карт, геологических и структурных карт.

Перенесение в натуру устьев скважин, разбивку и закрепление направлений смещения забоев для наклонных скважин производят маркшейдерско-геодезические службы предприятия-заказчика на основе проектных значений координат устья, забоя и дирекционного угла горизонтальной проекции смещения забоя. Если условия местности не позволяют

закрепить направление смещения забоя, то разбивают ориентирное направление.

При проектировании местоположения устьев скважин и направлений их стволов следует учитывать требования пожарной безопасности, существующие подземные коммуникации и другие объекты обустройства, а также пространственное положение стволов и забоев ранее пробуренных и бурящихся скважин.

6.2 Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин

Перенесение проектного положения устьев скважин в натуру производят на основании письменного распоряжения (задания), подписанного главным геологом предприятия – заказчика.

Работы по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включают:

- подбор топографо-геодезических, картографических и аэрофотосъемочных материалов;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру;
- перенесение в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин;
- предварительное определение высот вынесенных в натуру устьев скважин;
- передачу по акту местоположения устьев скважин представителю организации, производящей бурение.

Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения не должны превышать значений, указанных в табл. 6.

Таблица 6 - Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения

Группа скважин	Предельные погрешности, м	
	перенесения в натуру планового положение устьев скважин	предварительного определения абсолютных высот устьев скважин
Одиночные опорные и параметрические скважины (1 группа)	150	15
Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях	50	10
Разведочные скважины (2 группа)	25	5
Все категории скважин на раз-	10	5

рабатываемых месторождениях (3 группа)		

В случае отступления от требований при разбуривании месторождений сеткой обособленных скважин (без кустования) предложения об изменении проектных координат устьев должны вноситься комиссиями, состоящими из представителей нефтедобывающих и буровых предприятий, а также работников маркшейдерской службы. Комиссия принимает решение после рассмотрения на местности вынесенных в натуру устьев скважин, исходя из условий орогидрографии и застроенности территории месторождения.

Решение об изменении проектного положения устьев скважин должно быть оформлено актом выбора площадок для бурения, утверждаемым руководителями добывающих и буровых предприятий.

При невозможности достижения проектного местоположения забоя скважин при первоначальном, а также измененном положении устья решение о возможности и целесообразности бурения скважины должен принимать главный геолог объединения по согласованию с авторами ПТД разработки месторождения.

Изменение проектного положения устьев параметрических, поисковых и разведочных скважин, как исключение, допускается, если оно не влечет изменения геологических задач, решаемых данной скважиной. При этом обязательно требуется письменное разрешение главного геолога предприятия.

Документация по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включает:

- решение на перенесение проектного положения устья скважин в натуру, а при смещении его проектного положения и документ, разрешающий это смещение;
- маркшейдерский план площадки, отведенной для бурения скважины, или абрис вынесенного и закрепленного устья скважины;
- документ сдачи перенесенных в натуру мест заложения устьев скважин;
- журналы полевых измерений, ведомости вычислений, каталоги координат и высот устьев скважин.

Плановую и высотную привязки устьев скважин производят после монтажа буровой установки.

Координаты и высоты вычисляются и вносятся в каталоги координат и высот устьев скважин. По вычисленным координатам устья скважины наносятся на маркшейдерско-геодезические планы.

Таблица 7 - Предельные значения погрешностей определения планового и высотного положений устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения 1 и 2 разрядов:

Группа скважин	Предельные погрешности определения положения устьев скважин, м	
	в плане	по высоте
Одиночные опорные и параметрические скважины (1 группа)	100	5,0
Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях	25	1,0
Разведочные скважины (2 группа)	10	0,5
Все группы скважин на эксплуатационных площадях	4	0,3

Для решения задачи перенесения проектного местоположения устьев скважин в натуру допускается использовать топографические карты, обеспечивающие требуемую в табл. 6 точность. При этом в зависимости от группы скважин (см. табл. 6)масштаб топографических карт должен быть не мельче:

Группа скважин

1) 1:100 000
2) 1:50 000
3) 1:25 000
4) 1:10 000–1:5000

Допускается использовать следующие методы перенесения устьев скважин в натуру: совмещение устьев скважины с четко выраженным контуром, промер вдоль контура, метод створов, линейная засечка и др. При построении линейной засечки на местности по расстояниям, взятым с карты (не менее чем от трех контуров), сторона треугольника погрешности не должна превышать значения предельной стороны погрешности для соответствующей группы скважин.

В случае отсутствия топографических карт требуемого масштаба или при отсутствии четких контуров вынесение проектного положения устьев скважин осуществляют проложением теодолитных ходов, построением триангуляции, геодезическими засечками и спутниковой геодезической аппаратурой.

Если для перенесения проекта в натуру необходимо развитие геодезических сетей, то их проектируют с таким расчетом, чтобы погрешность окончательного определения планового положения устьев скважин не превышала значений, регламентируемых т. 2.

Места заложения скважин закрепляют металлическими трубами или деревянными столбами длиной 1,5-2 м, закладываемыми на глубину не менее 0,7 м. На верхней части трубы (столба) несмываемой краской надписывают номер скважины, название площади (месторождения), организа-

ции, производящей бурение, и дату перенесения проектного положения устья скважины в натуру.

Если сохранность знака вызывает сомнение, то в надежных местах закладывают створ из двух знаков и измеряют расстояние от каждого их них до вынесенного положения устья.

На перенесенное в натуру местоположение устья скважины составляют абрис, на котором, кроме расстояний от створных знаков, приводят не менее трех промеров от существующих контуров. Абрис подписывается составителем и лицом, принявшим местоположение устья.

Предварительные высоты перенесенных в натуру местоположений устьев скважин определяют по топографическим картам, а при их отсутствии – барометрическим или тригонометрическим нивелированием.

В необходимых случаях (зачастую это так) до начала строительства буровой на участке, отведенном для этой цели, производят маркшейдерскую съемку в соответствии с техническими условиями.

Съемку выполняют согласно требованиям Инструкции [].

6.3 Работы при сооружении буровой установки

Маркшейдерские работы при сооружении буровой установки включают:

- разбивки главных осей буровой установки и осей оснований оборудования горнопроходческого комплекса;
- плановую и высотную выверки фундаментов, опорных конструкций и оборудования;
- проверку вертикальности шахтного направления;
- проверку соосности буровой вышки, ротора и шахтного направления; определение высоты буровой установки.

Вынесение в натуру главных осей буровой установки обязательно в случаях, когда срок строительства последней составляет более одного года.

Исходной точкой для разбивки главных осей является центр устья ствола скважины. Вынесение этих осей производят с помощью теодолита, устанавливаемого над центром устья скважины. Начальное направление ориентируют в сторону приемных мостков.

Вынесение в натуру разбивочных осей оснований оборудования выполняют относительно главных осей буровой установки полярным способом, способами прямоугольных координат и линейной засечки или их комбинацией.

Две разбивочные взаимно перпендикулярные оси закрепляют на местности знаками, устанавливаемыми по два с каждой стороны от центра: главные оси – постоянными знаками, обеспечивающими их долговременную сохранность; вспомогательные оси – временными знаками (металлические штыри, деревянные колышки). Постоянные знаки следует устанав-

ливать за пределами зоны земляных работ. Расстояния от них до вышки должны обеспечивать нормативные условия для последующих наблюдений за деформацией вышки. Знаки должны сохраняться на весь период работы буровой; ответственность за их сохранность несет буровой мастер.

По результатам разбивочных работ составляют исполнительную схему закрепления осей с привязкой осевых знаков не менее чем к трем четко выраженным объектам местности.

Выверку планового положения конструкций и оборудования рекомендуется выполнять створными методами. При этом створ задают леской, проволокой, лазерным или оптическим лучом.

Выверку конструкций и оборудования по высоте следует производить геометрическим нивелированием.

Проверка соотношения геометрических элементов буровой установки является обязательной для скважин, срок строительства которых более трех месяцев.

Контроль за остальными буровыми производят при необходимости.

Проверку соблюдения соосности ведущей трубы, ротора и шахтного направления выполняют: теодолитами с пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях; приборами вертикального проектирования; отвесами.

Точность монтажа вышки и оборудования должна соответствовать требованиям, изложенным в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации, прилагаемых заводами-изготовителями.

Высота буровой вышки используется при высотной привязке строящейся скважины методом геодезического нивелирования, а также при определении относительной деформации вышки при последующих наблюдениях.

Высоту вышки определяют непосредственным измерением или, когда высоты вышек достигают 50 м и более и непосредственное измерение затруднено, аналитическим способом.

Результаты контрольных измерений заносят в буровой журнал.

6.4 Работы при строительстве кустов скважин

Кустовое бурение, сооружение группы наклонных скважин с общего основания ограниченной площади, на котором размещаются буровая установка и устьевое оборудование. При К. б. продуктивные горизонты вскрываются наклонно-направленными скважинами в заданных точках. К. б. иногда оказывается наиболее экономически целесообразным инженерным решением — при разработке нефтяных и газовых месторождений, расположенных в акватории морей, сильно заболоченной местности или в местности со сложным рельефом поверхности. На практике количество скважин одного куста не превышает 20, хотя известно, что в Калифорнийском заливе 68 скважин пробурены с насыпного острова размером 60×60 м.

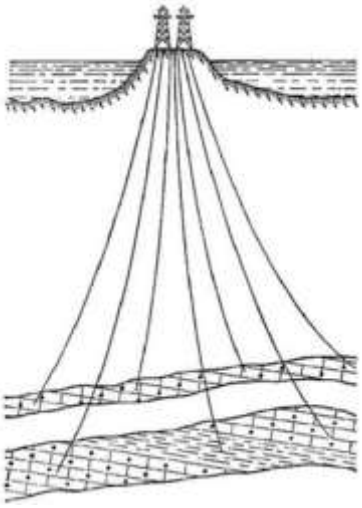


Рисунок 36

Местоположение куста скважин определяют главный геолог и главный маркшейдер НГДУ, в присутствии представителя технологической службы УБР, на основании ПТД на разработку месторождения. В ПТН указано расположение забоев скважин с учетом условий бурения и разработки, правил техники безопасности, глубин продуктивных пластов, сохранения наиболее ценных сельскохозяйственных и лесных угодий, а также норм отвода земельных участков под объекты добычи нефти и газа, допустимых расстояний от существующих на поверхности объектов, соответствующих санитарным и противопожарным нормам.

Перенесение и закрепление куста скважин в натуре производит маркшейдерская служба НГДУ по письменному распоряжению главного геолога.

Для определения координат и высот устьев скважин в кусте и выдачи ориентирных направлений до начала бурения вблизи или на территории куста закладывают не менее чем два опорных пункта и определяют их координаты и высоты. Пункты закладывают с учетом их долговременной сохранности.

Направление оси ствола скважины и длину проекции смещения забоя определяют по фактическим координатам устья и проектным координатам забоя скважины.

Перенесение в натуру осей куста устьев скважин производят отделы инженерных изысканий территориальных НИПИ или отделы маркшейдерских работ НГДУ.

Закрепленные на местности оси куста передают по акту представителю управления буровых работ; второй экземпляр акта хранится в нефтегазодобывающем управлении.

По окончании строительства площадки куста представителю УБР передают местоположение устьев всех скважин. При этом необходимо учесть размеры участка куста по проекту.

При привязки первой скважины в кусте одновременно определяют дирекционный угол направления мостков (ориентирное направление) и уточняют дирекционный угол движения станка. Ориентирное направление и направление движения станков определяют со средней квадратической погрешностью 5′.

После окончания бурения всех скважин в кусте, по известному дирекционному углу направления движения станка и измеренным расстояниям между устьями скважин вычисляют окончательные координаты устьев скважин, также координаты определяются от ранее заложенных пунктов. Координаты записывают в каталог.

Маркшейдерская служба УБР в процессе бурения ведет дежурный план расположения устьев и забоев скважин в кусте, передает исполнительный план куста маркшейдерской службе НГДУ.

Маркшейдерская служба НГДУ проверяет исполнительный план куста и с учетом данных промыслово-геофизических исследований скважин ведет каталог координат точек маркирующих горизонтов.

6.5 Наклонно-направленное бурение

Наклонно-направленное бурение, способ проведения скважины с отклонением от вертикали по заранее заданной кривой. Н.-н. б. впервые осуществлено в СССР на Грозненских нефтепромыслах (1934). Н.-н. б. оказывается целесообразным при: сложном рельефе местности (например, при расположении залежи под дном крупного водоёма или под капитальными сооружениями); геологических условиях залегания полезных ископаемых, не позволяющих вскрыть их вертикальными скважинами; *кустовом бурении* или *многозабойном бурении*; тушении горящих нефтяных и газовых фонтанов. При геологоразведочных работах Н.-н. б. осуществляется шпиндельными буровыми станками, причём скважина забуривается наклонно непосредственно с земной поверхности; при вскрытии нефтяных и газовых пластов Н.-н. б. производится турбобурами или роторным способом (скважина с поверхности забуривается вертикально с последующим отклонением на заданной глубине в запроектированном направлении).

Отклонение скважины от вертикали при Н.-н. б. (изменение зенитного угла и азимута бурения) осуществляется отклоняющими устройствами, например турбинными отклонителями. Бурение прямолинейно-наклонных участков производится с помощью бурильных устройств, включающих центрирующие и калибрующие элементы. Наибольшее отклонение от вертикали при Н.-н. б. (3836 *м*) получено в США в заливе Кука: на о. Сахалин отклонение составило 2453 *м* (1972).

6.6 Профили наклонно направленных скважин.

Проектирование профиля наклонно направленных скважин и их реализация на практике в указанном регионе определяются рядом инструкций, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию кустовых наклонно направленных скважин.

При отклонении забоя скважины от вертикали до 300 м применяется тангенсальный трехинтервальный профиль, состоящий из вертикального участка, участка начального искривлении и тангенсального участка.

При отклонении забоя скважины свыше 300 м используют S-образный четырхинтервальный профиль, включающий вертикальный участок начального искривления, тангенсальный участок и участок уменьшения зенитного угла.

Для проектирования наклонно направленных скважин специального назначения применяется j-образный вид профиля, включающий вертикальный участок; участок начального искривления, тангенсальный участок и участок малоинтенсивного увеличения зенитного угла до проектной глубины.

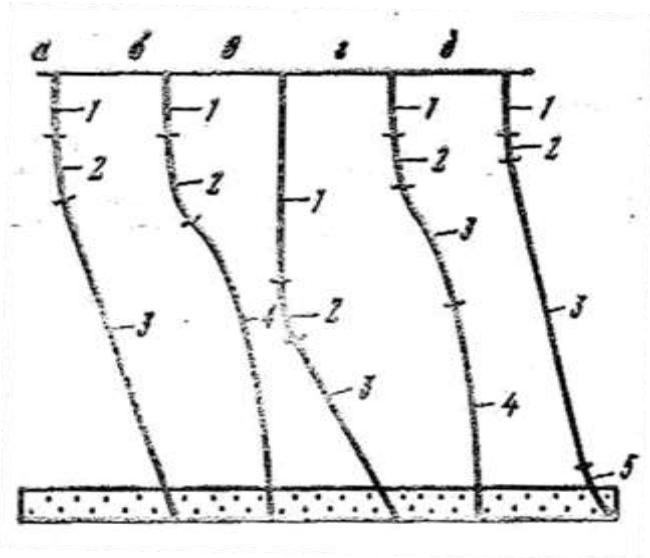


Рисунок 37 - Проектные профили наклонно направленных скважин:

а - тангенциальный; *б* –S - образный; *в* - тангенциальный с большим вертикальным участком; *г* - S-образный с тангенциальным участком; *д* – J-образный;

1,2,3 - участки соответственно вертикальный, начального искривления и тангенциальный; *4,5* - участки соответственно уменьшения и малоинтенсивного увеличения зенитного угла

Если обратится к зарубежному опыту проводки наклонно направленных скважин, то можно отметить, что большинство скважин, проводка которых осуществляется ведущими буровыми фирмами в США и Англии, проектируются по S-образному четырехинтервальному профилю. Всё

большее применение находит тангенсальный профиль, чаще всего используемый в целях достижения значительных отклонений от вертикали.

Данные профили проектируются в одной плоскости, т.е. являются плоскими. При проводке скважин в сложных горно-геологических условиях, когда геологические факторы оказывают значительное воздействие на траекторию скважины, используются профили пространственного типа, предусматривающие участки с естественно изменяющимся зенитным углом и азимутом.

Таким образом, все профили, используемые для проектирования наклонно направленных скважин, можно разделить на плоские и пространственные. В свою очередь плоские профили по форме выполнения завершающего интервала профиля разделяются на три типа: S-образный, тангенсальный и J-образный.

6.7. Инклинометрия

Инклинометрия, метод определения основных параметров (угла и азимута), характеризующих искривление буровых скважин, путём контроля *инклинометрами* с целью построения фактических координат бурящихся скважин. По данным замеров угла и азимута искривления скважины, а также глубины ствола в точке замера строится план (инклинограмма) — проекция оси скважины на горизонтальную плоскость и профиль — вертикальная проекция на плоскость магнитного меридиана, широтную или любую др. Таковой обычно принимается плоскость, в которой составляется геологический разрез по месторождению, проходящий через исследуемую скважину. Наличие фактических координат бурящихся скважин позволяет точно установить точки пересечения скважиной различных участков геологического разреза, т. е. установить правильность бурения в заданном направлении.

6.8 Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве

Фактическая траектория оси ствола скважины всегда будет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливают с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации.

Проект (технологическая схема) разработки месторождения предусматривает для каждой скважины определенную точку вскрытия продуктивного горизонта. При этом допускается некоторое отклонение этой точки от проектного положения, учитывающее геологическое строение разбуриваемой площади (месторождения), физику пласта, технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения ее пространственного положения.

Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважин, интенсивности искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Угол искривления φ_i определяют из выражения:

$$\varphi_i = \arcsin\left(\sin\frac{\theta_i-\theta_{i-1}}{2}+\sin^2\frac{\alpha_i-\alpha_{i-1}}{2}\times\sin\theta_{i-1}\times\sin\theta_i\right)^{\frac{1}{2}},$$

а погрешность угла φ_i íàõîäÿò ïî ôîðìóëå:

$$m_{\varphi_i}=\frac{\sqrt{2}}{\sin\varphi_i}\left(m_\theta^2\times\sin^2(\theta_i+\theta_{i+1})\times\sin^4\frac{\alpha_i-\alpha_{i-1}}{2}+m_\theta\times\sin^2(\theta_i-\theta_{i-1})\times\right.$$

$$\left.\times cos^4\frac{\alpha_i-\alpha_{i-1}}{2}+m_\alpha^2\times\sin^2(\alpha_i-\alpha_{i-1})\times\sin^2\theta_{i-1}\times\sin^2\theta_i\right)^{\frac{1}{2}},$$

где m_θ - средняя квадратическая погрешность определения угла отклонения оси ствола скважины от вертикали: θ_i, θ_{i-1} и α_i, α_{i-1} – соответственно углы отклонения оси ствола скважины от вертикали и азимуты вертикальной плоскости в начале и в конце интервала измерений; m_α - средняя квадратическая погрешность определения азимута.

Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту определяют исходя из параметров, приведенных в табл. 8.

Таблица 8 - Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту

Глубина добывающих скважин H, м	Платформенные области			Складчатые области		
	Расстояние S между скважинами, м	Допустимые отклонения		Расстояние S между скважинами, м	Допустимые отклонения	
		в % от S	в метрах		в % от S	в метрах
До 2000	200	10	20	135	15	20
2000-2500	250	12	30	150	20	30
2500-3000	267	15	40	160	25	40
более 3000	250	20	50	167	30	50
Примечание. Допустимые значения горизонтальной проекции отклонения забоя скважины от устья для разведочных скважин складчатых областей составляют 1 и 5% для опорных и поисковых скважин платформенных и складчатых областей, соответственно. При S и H больше указанных в настоящей таблице горизонтальная проекция отклонения конечного забоя от устья скважины не должна превышать 50 м.						

Для расстояний между местоположениями точек вскрытия менее указанных в табл. 7 допуски установлены исходя из предельных значений погрешностей применяемых в настоящее время технических средств и методики инклинометрических измерений.

При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводят поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл. 9.

Таблица 9 - поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл.

Минимальный угол наклона пласта, град	Масштаб карты разреза	Минимальное расстояние между точками вскрытия пласта, м
10	1:10 000	135
15	1:25 000	135
15	1:50 000	300

Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей, соответственно.

Для сравнения фактического положения характерной точки оси ствола скважины с проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500-1:2000, на котором изображена проектная и строится фактическая трассы оси ствола скважины.

Вокруг проектного положения характерной точки радиусом R, равным значению допуска, в соответствующем масштабе строят окружность.

Точку фактического местоположения накрывают эллипсом погрешностей. При этом может быть один из пяти приведенных на рис. 38 случаев:

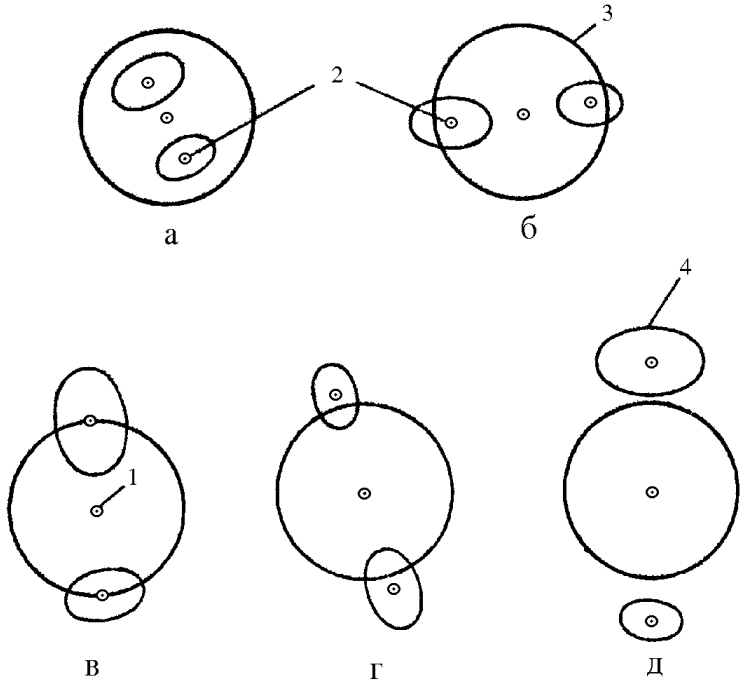


Рисунок 38 - Возможные случаи попадания характерной точки оси ствола скважины в заданную зону допуска:

1 – проектное местоположение характерной точки; 2 – возможное фактическое местоположение характерной точки; 3 – граница зоны допустимого отклонения возможного фактического местоположения характерной точки; 4 – эллипс погрешностей, накрывающий фактическое местоположение характерной точки в плане с доверительной вероятностью 0,95

- эллипс погрешностей находится в пределах границы допуска (рис. 38, *а*);
- характерная точка находится внутри границы допуска, а эллипс погрешностей частично выходит за пределы допуска (рис. 38, *б*);
- характерная точка находится на линии, обозначающей границы допуска, а 50% площади эллипса погрешностей выходят за пределы допуска (рис. 38, *в*);
- характерная точка находится за пределами допуска, но какая-то часть эллипса погрешностей (менее 50%) накрывает допуск (рис. 38, *г*);
- эллипс погрешностей находится за пределами границы допуска (рис. 38, *д*).

В первом случае можно констатировать, что характерная точка попала в зону, предусмотренную проектом работ, и работу по проводке скважины оценивают на “отлично”.

При ситуации два работу по проводке скважины оценивают на “хорошо”.

При ситуации три работу по проводке скважины оценивают на “удовлетворительно”.

При ситуациях четыре и пять скважину в эксплуатацию не принимают. Положение оси ствола скважины в пространстве необходимо исправить.

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдачу материалов заказчику должны производить в соответствии с требованиями Инструкции по инклинометрии.

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую отсутствуют данные по пространственному положению ее ствола.

7 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ СТВОЛА НАКЛОННО НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ

В процессе инклинометрических работ в отдельных характерных точках ствола скважины измеряется глубина по бурильной колонне l, зенитный угол Θ и азимут α (рис. 39).

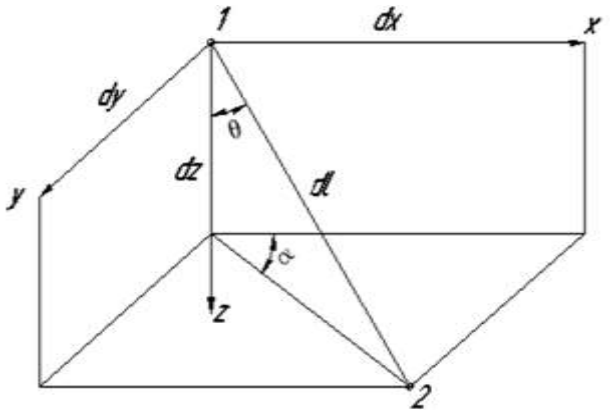


Рисунок 39

Задача построения траектории ствола скважины состоит в том, чтобы по известному массиву инклинометрических данных определить координаты соответствующих точек в прямоугольной системе координат xyz, связанной с устьем скважины, т.е. определить глубину Z и горизонт, смещая в направлении север – юг, ось X – север, Y – восток.

При расчетах принимаем, что ошибки измерения имеют нормальное распределение с нулевыми средними и известными СКП соответственно.

Элементарные приращения координат будут следующими:

$$d_x = d_l \cdot sin\theta sin\alpha;$$
$$d_y = d_l \cdot sin\theta cos\alpha;$$
$$d_z = d_l \cdot cos\theta.$$

Приращение координат Дх, Ду, Дz на исследуемом интервале Дl, определяются путем интегрирования элементарных приращений по длине интервала.

$$\Delta x = \int_0^{\Delta l} sin\theta(l) sin\alpha(l) \cdot dl \ ;$$
$$\Delta y = \int_0^{\Delta l} cos\theta(l) \cdot dl \ .$$

В простейших методах для определения приращений координат используют результаты измерения зенитного угла и азимута в двух соседних точках (двухточечные методы). В более точных и сложных методах используют результаты измерения по большему числу точек.

7.1 Тангенциальный метод

В качестве исходных данных используются значения зенитного угла и азимута, измеренные в нижней точке интервала. Делается допущение, что оба эти угла сохраняют свои значения на всей протяженности исследуемого интервала, который представляет собой прямую.

$$\Delta x = \Delta l \cdot sin\theta_2 cos\alpha_2 \ ;$$
$$\Delta y = \Delta l \cdot sin\theta_2 sin\alpha_2 \ ;$$
$$\Delta z = \Delta l \cdot cos\theta_2 \ .$$

Является самым простым методом, но наиболее ошибочным.

7.2 Метод усреднения углов

Исследуемый участок ствола скважины между двумя точками замера представляется отрезком прямой. Однако зенитный угол и азимут на протяжении участка интерполяции принимается равным средним арифметическим соответствующих углов, замеренных на конце интервала.

$$\Delta x = \Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \cos(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$\Delta y = \Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \sin(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$\Delta z = \Delta l \cdot \frac{\cos(\theta_1 + \theta_2)}{2}.$$

“1” – означает параметр замеренный у верхнего конца скважины.

7.3 Балансный тангенциальный метод

Исследуемый интервал разбивается на два интервала одинаковой длины: верхний и нижний, каждый участок интерполируется отрезком прямой, причем зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей верхний участок, принимаются равными соответствующим углам в верхней точке замера, а зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей нижний участок, принимаются равным соответствующим углам в нижней точке замера, таким образом, отрезки прямой

Приращения координат находят как сумму приращений координат для верхнего и нижнего участка.

$$\Delta x = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \cos\alpha_1 + \sin\theta_2 \cos\alpha_2)};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \sin\alpha_1 + \sin\theta_2 \sin\alpha_2)};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l}{2}(\cos\theta_1 + \cos\theta_2).$$

7.4 Метод расчета по радиусу кривизны

Участок ствола скважины между двумя точками замера апроксимируется пространственной кривой. Принимается, что проекции исследуемого участка ствола между точками замера на вертикальную и горизонтальную плоскость представляют собой дуги окружностей. В каждой из плоскостей эти дуги проходят таким образом, что касательные к ним в точках, являющиеся проекциями точек замера, направлены по отношению к исходной координатной сетке под углами, равными соответственно зенитным углам и азимутом в этих точках.

Участок прямой между двумя точками замера характеризуется радиусом кривизны проекции треугольника на вертикальную плоскость (дуга

окружности) и радиусом кривизны проекции на горизонтальную плоскость.

Выражения для приращения координат можно получить на основании следующих соотношений:

$$R_B = \Delta l(\theta_2 - \theta_1);$$

$$\Delta z = R_s\left(\sin[\theta_2 - \sin\theta_1) == \frac{\Delta l(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)}{\theta_2 - \theta_1}\right]$$

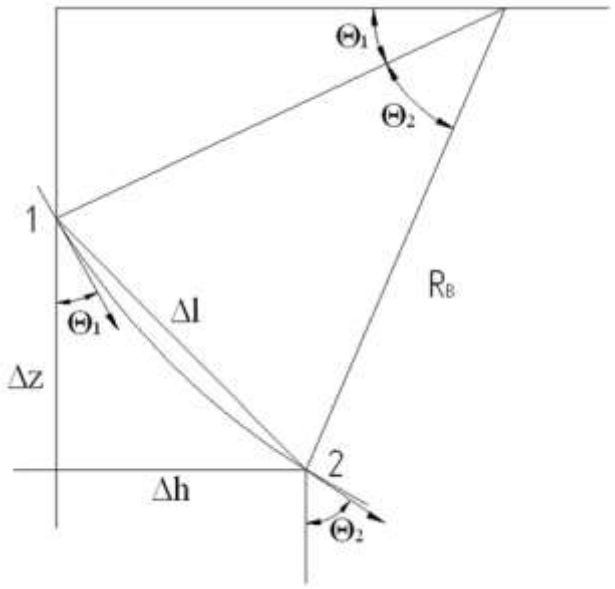


Рисунок 40

В этой методике принимается , что длина дуги окружности $\Delta S \approx {}^{\Delta l}{}_{\Delta h}$, т.е это справедливо при небольшой величине азимута,

$$Rr = \frac{\Delta h}{\alpha_2 - \alpha_1};$$

$$\Delta x = Rr * \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta h = Rr * \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta x = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin\frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin\frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l * (\sin\Theta_2 - \sin\Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

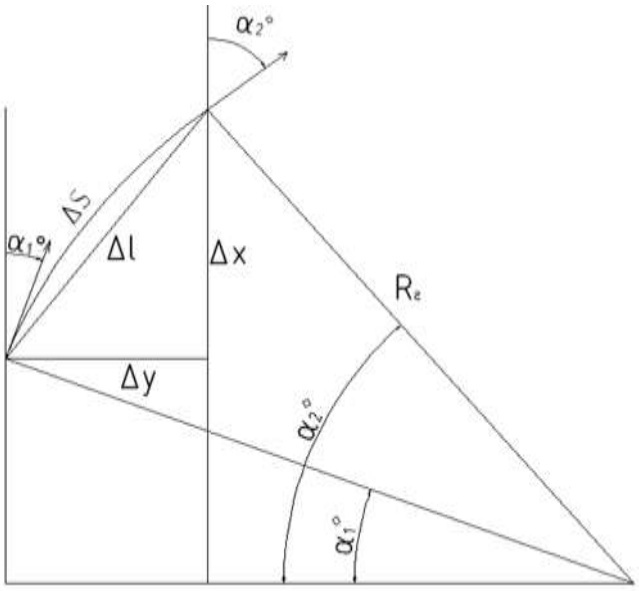


Рисунок 41

7.5 Метод постоянной кривизны

$$\Delta S = \frac{\Delta h * (\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta x = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l * (\cos\Theta_1 - \cos\Theta_2) * (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l * (\sin\Theta_2 - \sin\Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

7.6 Метод кольцевых дуг

В методе расчета кольцевых дуг исследуемый участок представляется в виде дуги. Метод КД обеспечивает более плавню стыковку дуг в точках замера, исключаются сколообразные изменения направления вектора в точке замера.

Длина дуги такая же как и измеренные по створу скважины расстояния.

Обозначим единичные касательные вектора в точках замера как $\bar{V}_1$ и $\bar{V}_2$.

$cos_1\gamma_x = sin\theta_1 * sin\alpha_1$

$$cos_1\gamma_x = sin\theta_1 * sin\alpha_1 \qquad cos_2\gamma_x = sin\theta_2 * sin\alpha_2$$
$$cos_1\gamma_y = sin\theta_1 * cos\alpha_1 \qquad cos_2\gamma_y = sin\theta_2 * cos\alpha_2$$
$$cos_1\gamma_z = cos\theta_1 \qquad cos_2\gamma_z = cos\theta_2$$

D – это между касательными векторами $\overline{V_1}$ и $\overline{V_2}$.

$$cosD = cos_1\gamma_x * cos_2\gamma_x + cos_1\gamma_y * cos_2\gamma_y + * cos_1\gamma_z cos_2\gamma_z$$

$$\overline{U} = \frac{\overline{V_1} + \overline{V_2}}{(\overline{V_1} + \overline{V_2})}$$

где с- длина хорды искомой дуги

$$c = 2 * \Delta l * \sin\left(\frac{D}{2}\right)\Big/_{D}$$

$$(\overline{V_1} + \overline{V_2}) = 2 * \frac{\cos D}{2}$$

$$\overline{\Delta p} = \overline{Cu} = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} * \frac{(\overline{V_1} + \overline{V_2})}{2}$$

Вместо $\overline{V_1}$ и $\overline{V_2}$ подставляем сумму их направляющих косинусов по соответствующим координатным осям.

$$\Delta x = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (sin\theta_1 sin\alpha_1 + sin\theta_2 sin\alpha_2)$$

$$\Delta y = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (sin\theta_1 cos\alpha_1 + sin\theta_2 cos\alpha_2)$$

$$\Delta z = \Delta l * \frac{tg * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (cos\theta_1 + cos\theta_2)$$

$$cosD = \cos(\theta_2 - \theta_1) - sin\theta_1 sin\theta_2 [1 - \cos(\alpha_2 - \alpha_1)]$$

8 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

8.1 Нормативные ссылки

СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».

СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

СНиП 14-01-96 «Основные положения создания и ведения государственного градостроительного кадастра Российской Федерации».

СНиП 22-01-85 «Геофизика опасных природных воздействий».

СНиП 2.01.09-91 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».

ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений».

ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». Изменение № 1.

ГОСТ 22268-76 «Геодезия. Термины и определения».

ГОСТ 22651 «Картография. Термины и определения».

ГОСТ 21.101-93 «Основные требования к рабочей документации».

ГОСТ 21.508-93 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

ГОСТ 21.510-83* «СПДС. Пути железнодорожные. Рабочие чертежи».

ГОСТ 21.511-83* «СПДС. Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда».

СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений».

«Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительной документации» (Госстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1994).

ГКИНП-17-002-93. «Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в Российской Федерации» (Роскартография. - М, 1993).

ГКИНП-07-016-91 «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей СССР» (ЦНИИГАиК. - М.: Недра, 1991).

«Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (ГУГК СССР. - Недра, 1989).

«Условные знаки для топографических планов масштаба 1:500. Правила начертания» (Мосгоргеотрест. - М, 1978).

«Классификатор топографической информации (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» ГУГК СССР. - М.: Наука, 1986.

ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

ПТБ-88. «Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

* Проектная подготовка строительства включает в себя: определение цели инвестирования, разработку ходатайства (декларации) о намерениях инвестирования и обоснования инвестиций в строительство, разработку градостроительной, проектной и рабочей документации строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий, зданий и сооружений.

8.2 Инженерные изыскания

Инженерные изыскания - комплекс технических и экономических исследований района строительства с целью получения исходных данных, необходимых для разработки наиболее целесообразных технико-экономических решений при проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений. И. и. предшествуют всем видам строительства: промышленного, жилищного, гражданского, гидротехнического, транспортного, дорожного и др. Характер И. и. изменяется в зависимости от вида строительства и степени изученности обследуемого района.

До технических изысканий проводятся, как правило, экономические исследования в целях выбора района (пункта) размещения объекта и экономического обоснования намечаемого строительства. Правильность выбора места строительства существенно облегчается, если на территории предварительно проведена *районная планировка*, требования которой должны учитываться при И. и.

Программа И. и. должна предусматривать интересы сохранения окружающей среды — продуктивности, чистоты и привлекательности природы — и обеспечивать предотвращение или сведение к минимуму того ущерба, который может быть ей нанесён как самими И. и., так и последующим строительством.

Комплекс технических изысканий включает изучение топографических, геологических, гидрологических и метеорологических условий района строительства, обследование месторождений местных строительных материалов, сбор исходных данных для составления проекта организации строительства и смет, а также проведение необходимых согласований. Особый характер имеют И. и. автодорожные, железнодорожные, для про-

кладки нефте- и газопроводов, линий связи и электропередачи (так называемые линейные изыскания).

И. и. проводятся, как правило, в один этап, включающий получение исходных данных для разработки технического проекта и рабочих чертежей. Для сложных в инженерном отношении объектов И. и. проводятся в два этапа на основе технических заданий, в которых определяются основной состав, детальность и порядок проведения И. и. Изыскательские работы обычно выполняются проектным институтом, осуществляющим проектирование объекта, с привлечением специализированных организаций.

В проведении изыскательских работ различают три периода: подготовительный, полевой и камеральный. В подготовительный период собираются и изучаются необходимые данные по объекту и уточняется задание, выдаваемое изыскательской партии. В период полевых работ проводятся геодезические, топографические, буровые и др. работы. Камеральная обработка состоит в систематизации полевых материалов, составлении топографических планов, геологических разрезов, гидрологических, климатических и др. характеристик района и строительной площадки. Ускорение, повышение качества и снижение стоимости И. и. достигаются при проведении их по единой методологии путём концентрации И. и. в крупных специализированных организациях, имеющих в своём составе постоянно действующие экспедиции и партии.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (наземных, подземных и надземных) и других элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, а также создания и ведения государственных кадастров, обеспечения управления территорией.

Инженерно-геодезические изыскания выполняются как самостоятельный вид инженерных изысканий и в комплексе с другими видами инженерных изысканий (изыскательских работ и исследований), в том числе инженерно-геологическими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими изысканиями, а также изысканиями грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Инженерно-геодезические изыскания следует выполнять, как правило, в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительные работы

В подготовительном этапе должно быть выполнено:

- получение технического задания и подготовка договорной (контрактной) документации;

- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет на район (участок, площадку) изысканий, а также топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных, находящихся в государственных и ведомственных фондах в архиве изыскательской организации;
- подготовка программы (предписания) инженерно-геодезических изысканий в соответствии с требованиями технического задания заказчика и пп. 4.14. и 5.6 СНиП 11-02-96, с учетом опасных природных и техногенных условий территории;
- осуществление в установленном порядке регистрации (получение разрешений) производства инженерно-геодезических изысканий.

Полевые работы

В полевом этапе должны быть произведены рекогносцировочные обследования территории, и комплекс полевых работ в составе инженерно-геодезических изысканий, а также необходимый объем вычислительных и других работ по предварительной обработке полученных материалов и данных для обеспечения контроля их качества, полноты и точности.

Камеральные работы

В камеральном этапе должны быть выполнены:

- окончательная обработка полевых материалов и данных с оценкой точности полученных результатов, с необходимой для проектирования и строительства информацией об объектах, элементах ситуации и рельефа местности, о подземных и надземных сооружениях с указанием их технических характеристик, а также об опасных природных и техноприродных процессах;
- составление и передача заказчику технического отчета (пояснительной записки) с необходимыми приложениями по результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий; передача в установленном порядке отчетных мате-, риалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в государственные фонды (п. 4.25 СНиП 11-02-96).

8.3 Планово-высотное обоснование

При производстве инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений геодезической основой служат точки (пункты) планово-высотной съемочной геодезической сети, создаваемой в виде магистральных ходов, прокладываемых вдоль трассы.

Магистральные ходы при изысканиях линейных сооружений должны быть привязаны в плане и по высоте к пунктам государственной или опорной геодезической сети не реже чем через 30 км (при изысканиях магистральных каналов 8 км).

При удалении пунктов государственной или опорной геодезической сети от трассы на расстояние более 5 км допускается вместо плановой привязки определять истинные азимуты сторон магистрального хода не реже чем через 15 км. Методы определения истинных азимутов и требования к точности измерений должны устанавливаться в программе изысканий.

При изысканиях линейных сооружений на территориях городов и других поселений, а также промышленных (агропромышленных) и горнодобывающих предприятий плановая и высотная привязка съемочной геодезической сети к пунктам государственной или опорной геодезической сети обязательна.

Методические указания, на которые мы будем опираться, разработаны во ВНИМИ на основе обобщения результатов исследования спутниковых систем за рубежом и на горных предприятиях Российской Федерации.[1]

Теодолитные ходы

Теодолитные ходы между пунктами опорной геодезической сети прокладываются в виде отдельных ходов с узловыми точками.

Допускается проложение висячих теодолитных ходов. На незастроенных территориях длина хода не должна быть более 500 м при съемке в масштабе 1:5000, 300 м - при съемке в масштабе 1:2000 и 150 м - при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500. Длины висячих ходов на застроенных территориях должны приниматься соответственно с коэффициентом 0,7.

При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать до 1000 м. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов не должна превышать 15".

Отдельный теодолитный ход должен опираться на два исходных пункта и два исходных дирекционных угла.

Развитие планово-высотной съемочной сети с использованием электронных тахеометров с регистрацией и накоплением результатов измерений (горизонтальных проложений, дирекционных углов, координат и высот пунктов и точек) допускается выполнять одновременно с производством топографической съемки.

При создании (развитии) съемочной геодезической сети предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки следует принимать в соответствии с табл. 10.

Таблица 10 - Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки

Масштаб топографической съемки	Предельная длина теодолитного хода, км		Предельная абсолютная невязка теодолитного хода, м	
	между исходными геодезиче-	между исходными пунктами и узловыми	Застроенная территория, открытая	Незастроенная территория, закрытая дре-

	скими пунктами	точками (или между узловыми точками)	местность на незастроенной территории	весиной и кустарниковой растительностью
1:5000	6,0	4,2	2,0	3,0
1:2000	3,0	2,1	1,0	1,5
1:1000	1,8	1,3	0,6	0,9
1:500	0,9	0,6	0,3	0,4

Примечания

1. При использовании для измерения сторон теодолитного хода светодальномеров и электронных тахеометров предельная длина хода может быть увеличена в 1,3 раза, при этом предельные длины сторон хода не устанавливаются, а количество сторон в ходе не должно превышать:
- при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 в открытой местности - 50 и в закрытой - 100;
- при съемке в масштабе 1:1000 - 40 и 80 соответственно характеристике местности, а при съемке в масштабе 1:500 - 20.
2. Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки для съемки в масштабе 1:200 устанавливаются в программе изысканий. Предельные длины теодолитных ходов на существующих железнодорожных станциях определяются схемой станций (длиной парков).

Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях для строительства линейных сооружений должны приниматься согласно табл. 11.

Таблица 11 - Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях линейных сооружений

№№ п/п	Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений	Допустимые невязки измерений		
		угловых, мин	линейных	высотных, мм
1	Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях:			
	новых железных дорог	$0{,}3\sqrt{n}$	11/4000	$30\sqrt{L}$
	новых автомобильных дорог	$1\sqrt{n}$	1/2000 (1/1000*)	$50\sqrt{L}$
	Трубопроводов с условным диаметром:			
	до 1000 мм	$1{,}5\sqrt{n}$	1/1000	$50\sqrt{L}$
	свыше 1000 м	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
	Линий электропередачи, связи, канатно-	$1{,}5\sqrt{n}$	1/1000	$50\sqrt{L}$

	подвесных дорог			
	Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
2	Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов	$1\sqrt{n}$	1/2000 (1/1000*)	$50\sqrt{L}$
3	Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог:			
	базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах;	$0{,}3\sqrt{n}$	1/4000	$30\sqrt{L}$
	съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
4	Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой)	-	1/2000	-

Обозначения: n - число углов в ходе; L - длина хода, км; (*) - в трудных условиях пересеченной и горной местности.

Примечания

1. При изысканиях для строительства трубопроводов, линий электропередачи и канатно-подвесных дорог в пересеченной и горной местности может выполняться тригонометрическое нивелирование.
2. Допустимые невязки измерений при изысканиях для строительства высокоскоростных железных дорог устанавливаются в соответствии с требованиями производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов.

Поправка за приведение длин линий к горизонту должна учитываться при величине угла наклона рельефа местности более 1,5°.

В длины линий, измеренные стальными лентами и рулетками, следует вводить поправку за температуру, если разность температуры воздуха при компарировании и измерении линий превышает 8 °С.

Поправки за компарирование вводятся, когда длина мерного прибора отличается от номинальной более чем на 1/10000.

Измерение углов в теодолитных ходах должно производиться теодолитами (типа 3Т5КП, Т15МКП и 4Т30П или им равноточными) одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами (для теодолитов с двусторонней системой отсчета на величину, близкую к 90°, а для теодолитов с односторонней системой отсчета - в пределах 5°).

Расхождения значений угла между полуприемами не должны превышать 45″.

Угловые невязки в теодолитных ходах и полигонах не должны превышать величины $f_\beta = 1'\sqrt{n}$, где n - число углов в ходе (полигоне).

Определение положения (координат) точек постоянного съемочного обоснования (углов капитальных зданий и сооружений, центров люков смотровых колодцев, опор линий электропередачи и др.) следует выполнять полярным способом с пунктов опорной геодезической сети и точек теодолитных ходов первого порядка. При этом расхождения (в минутах) между результатами измерений примыкающего угла в полуприемах не должны превышать величины Δ=50/L, где L - расстояние в метрах до определенной точки, которое не должно превышать длины мерного прибора (но не более 50 м). Предельные длины полярных направлений, измеряемые светодальномерами или электронными тахеометрами, не должны превышать 1000 м.

Съемочные сети можно развивать методом триангуляции (трилатерации) взамен теодолитных ходов, а также прямыми и обратными геодезическими засечками.

Между исходными сторонами (базисами) или пунктами опорных (государственных) геодезических сетей допускается построение цепочки треугольников триангуляции в количестве, не более:

- 20 - для съемки в масштабе 1:5000;
- 17- для съемки в масштабе 1:2000;
- 15 - для съемки в масштабе 1:1000;
- 10 - для съемки в масштабе 1:500.

Не допускается развитие геодезических сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну исходную сторону.

Длина цепи треугольников триангуляции не должна превышать допустимой длины теодолитного хода для соответствующего масштаба съемки, согласно табл. 9.

Базисы (выходные стороны) триангуляции следует измерять с относительной средней квадратической погрешностью не более 1/5000.

Углы в треугольниках должны быть не менее 20°, а длины сторон не менее 150 м.

Измерение углов следует производить в соответствии с п. 5.34. (СП 11-104-97)

Невязки в треугольниках не должны превышать 1,5'.

В измеренные на пунктах углы должны вводиться поправки за центрировку и редукцию, если величины линейных элементов приведения превышают 1/10000 длин линий (сторон).

Прямые засечки следует выполнять не менее чем с трех пунктов опорной геодезической сети так, чтобы углы между смежными направлениями на определяемой точке были не менее 30° и не более 150°.

Обратные засечки должны выполняться не менее чем по четырем пунктам опорной геодезической сети при условии, чтобы определяемая точка не находилась вблизи окружности, проходящей через три исходных пункта.

Комбинированные засечки должны строиться сочетанием прямых и обратных засечек с использованием не менее трех исходных пунктов.

При создании съемочной геодезической сети могут быть использованы: метод определения двух точек по двум исходным пунктам (Задача Ганзена) и линейные засечки с трех и более исходных пунктов.

Техническое нивелирование

Техническим нивелированием должны определяться высоты точек съемочной сети, а также пунктов триангуляции (трилатерации) и полигонометрии, высоты которых не определены нивелированием III-IV классов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

При построении высотной съемочной сети, в случае отсутствия на участке инженерных изысканий реперов и марок государственной нивелирной сети, ходы технического нивелирования должны закрепляться нивелирными знаками из расчета не менее двух на участок работ и не реже чем через 3 км один от другого.

Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки должны приниматься по табл. 12.

Таблица 12 - Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки

Ходы технического нивелирования	Предельная длина хода, км, при высоте сечения рельефа, м		
	0,25	0,5	1 и более
Между двумя исходными реперами (марками)	2	8	16
Между исходным пунктом и узловой точкой	1,5	6	12
Между двумя узловыми точками	1	4	8

Техническое нивелирование следует выполнять нивелирами (типа 3Н-5Л, 2Н-10КЛ или им равноточными), а также теодолитами с компенсаторами (типа Т15МКП и др.) или уровнем при трубе, с отсчетом по средней нити по двум сторонам рейки.

Расхождения между значениями превышений, полученными на станции по двум сторонам реек, не должен быть более 5 мм.

Расстояние от инструмента до мест установки реек должны быть по возможности равными и не превышать 150 м.

Невязка хода технического нивелирования или полигона не должна превышать величины $50\sqrt{L}$, мм, где L - длина хода, км.

При числе станций на 1 км хода более 25 невязка хода нивелирования или полигона не должна превышать величины $10\sqrt{n}$, мм, где n - число станций в ходе.

Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование следует применять для определения высот точек съемочной геодезической сети при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 2 и 5 м, а на всхолмленной и пересеченной местности - через 1 м.

В качестве исходных для тригонометрического нивелирования должны использоваться пункты, высоты которых определены методом геометрического нивелирования. В горных районах допускается использовать в качестве исходных пункты государственной или опорной геодезической сети, высоты которых определены тригонометрическим нивелированием.

Длина ходов тригонометрического нивелирования не должна превышать при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 1, 2 и 5 м соответственно 2, 6 и 12 км.

Тригонометрическое нивелирование точек съемочной сети должно производиться в прямом или обратном направлениях с измерением вертикальных углов теодолитом по средней нити одним приемом при двух положениях вертикального круга.

Допускается приложение висячих ходов тригонометрического нивелирования длиной, не более указанной в п. 5.27, с измерением вертикальных углов в одном направлении по трем нитям при двух положениях вертикального круга. Колебание «места нуля» на станции не должно превышать 1. Высоты инструмента и визирных целей следует измерять с точностью до 1 см.

Расхождение между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии при тригонометрическом нивелировании не должно быть более 0,04S, м, где S - длина линии, выраженная в сотнях метров.

Допустимые невязки в ходах и замкнутых полигонах тригонометрического нивелирования не должны превышать величины

$\frac{0,04S}{\sqrt{n}}$, см,

где S - длина хода в метрах, а n - число линий в ходе или полигоне.

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не ре-

же чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными и железобетонными столбами, металлическими уголками и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;

по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

На мостовых переходах через большие реки следует устанавливать постоянные реперы на обоих берегах реки.

Геодезические пункты, закрепленные постоянными знаками (грунтовыми и стенными реперами, марками и др.), и долговременно закрепленные точки съемочных сетей подлежат учету и сдаче для наблюдения за их сохранностью заказчику и органам архитектуры и градостроительства в установленном порядке.

Обработка результатов полевых измерений при создании (развитии) съемочной геодезической сети производится на ПЭВМ или на основе использования других средств вычислительной техники. Уравнивание съемочной сети производится упрощенными способами при условии отсутствия ходов более 2-го порядка.

Висячие ходы разрешается вычислять с пунктов опорных (государственных) геодезических сетей и точек съемочных сетей после их уравнивания. При этом в съемочных сетях значения углов следует вычислять до 0.1’, а координат - до 0,01 м. Значения высот точек в ходах технического нивелирования должны вычисляться до 0,001 м и в ходах тригонометрического нивелирования - до 0,01 м.

В результате выполнения инженерно-геодезических изысканий по созданию геодезической основы должны быть представлены:

- ведомости обследования исходных геодезических пунктов (марок, реперов и др.);
- схемы планово-высотных геодезических сетей с указанием привязок к исходным пунктам;
- материалы вычислений, уравнивания и оценки точности, ведомости (каталоги) координат и высот геодезических пунктов, нивелирных знаков и точек, закрепленных постоянными знаками;
- данные о метрологической аттестации средств измерений (исследований, поверок и эталонирования приборов, компарирования реек и мерных приборов и т.д.);

- акты о сдаче геодезических пунктов и точек геодезических сетей, закрепленных постоянными знаками, на наблюдение за их сохранностью;
- акты полевого (камерального) контроля.

По опорной геодезической сети дополнительно представляются:

- карточки установленных постоянных геодезических знаков и центров;
- журналы измерения направлений (углов), сводки измеренных направлений и листы графического определения элементов приведения;
- абрисы геодезических пунктов, привязанных к постоянным предметам местности;
- абрисы нивелирных знаков (марок, стенных и грунтовых реперов);
- журналы измерения базисов и длин линий, материалы по определению их высот;
- журналы нивелирования;
- ведомости превышений.

По планово-высотной съемочной геодезической сети дополнительно представляются:

- абрисы точек, закрепленных постоянными знаками, и точек постоянного съемочного обоснования;
- журналы измерения углов и линий, технического и тригонометрического нивелирования.

Примечание

Результаты выполненных геодезических измерений могут быть представлены в виде данных, полученных с регистрирующих устройств, спутниковой геодезической аппаратуры или других носителей информации.

8.1 Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства

Топографическая съемка местности при инженерно-геодезических изысканиях для строительства выполняется методами: горизонтальным, высотным (вертикальным), мензульным, тахеометрическим, нивелированием поверхности, наземным фототопографическим, стереотопографическим, комбинированным аэрофототопографическим, с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.), а также сочетанием различных методов.

Наименование	Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка	Мензульная съемка	Тахеометрическая съемка
Предельные расстояния, м, от прибора до четких контуров местности при измерении:			

Электронным тахеометром при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	1000
1:2000	750	-	750
1:1000	400	-	400
1:500	250	-	250
Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	250	-	250
1:1000	180	-	180
1:500	120	-	120
Нитяным дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	150	150
1:2000	100	100	100
1:1000	80	80	80
1:500	60	60	60
Оптическим дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	180	-	180
1:1000	120	-	120
1:500	80	-	80
Предельные расстояния, м, от прибора до нечетких контуров местности при измерении:			
Электронным тахеометром при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	1000
1:2000	1000	-	1000
1:1000	600	-	600
1:500	375	-	375
Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	370	-	370
1:1000	270	-	270
1:500	180	-	180
Нитяным дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	220-	220-
1:2000	150	150	150
1:1000	120	120	120
1:500	90	90	90
Оптическим дальномером при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	-
1:2000	270	-	270
1:1000	180	-	180
1:500	120	-	120
Предельные расстояния, м, от прибора до рейки при съемке рельефа и измерении длин линий нитяным дальномером:			
в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	-	250	250
1,0	-	300	300
2,0	-	350	350
5,0	-	350	350
в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	200	200	200

1,0	250	250	250
2,0	250	250	250
в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	150	150	150
1,0	200	200	200
в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	100	100	100
1,0	150	150	150
Предельные расстояние между пикетами, м, съемке:			
в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	-	70	60
1,0	-	100	80
2,0	-	120	100
5,0	-	150	120
в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	40	50	40
1,0	50	60	50
2,0	60	70	60
в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	20	30	20
1,0	30	40	30
в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	15	20	15
1,0	20	30	20
Предельные длины съемочных ходов (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	1000	1200
1:2000	-	500	600
1:1000	-	250	300
1:500	-	200	200
Предельные число линий в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	5	6
1:2000	-	5	5
1:1000	-	3	3
1:500	-	2	2
Предельные длины сторон в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	250	300
1:2000	-	200	200
1:1000	-	100	150
1:500	-	100	100
Предельная длина направления засечки, м, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	600	-
1:2000	50	300	-
1:1000	50	150	-
1:500	50	-	-
Погрешность центрирования, см, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	25	1

1:2000	-	10	1
1:1000	-	5	1
1:500	-	5	1
Длины перпендикуляров, м, (без эккера /с эккером при съемке в масштабах:			
1:2000	8/60	-	-
1:1000	6/40	-	-
1:500	4/20	-	-
Предельные невязки съемочных (тахеометрических и мензульных) ходов:			
по высоте, см	-	$\frac{0{,}04S}{\sqrt{n}}$	$\frac{0{,}04S}{\sqrt{n}}$
в плане,м	-	-	$\frac{S}{400\sqrt{n}}$

Обозначения: S - длина хода в м, *n* - число линий в ходе

Примечания

1. Съемка в масштабе 1:500 основных углов капитальных зданий (сооружений) с измерением расстояний нитяным дальномером не допускается

2. Допускается проложение висячих ходов с двумя переходными точками от аналитически определенных пунктов (точек) при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 и с одной переходной точкой при съемке в масштабах 1:1000 и 1:500.

Инженерно-топографические планы при изысканиях для разработки градостроительной и проектной документации для строительства крупных промышленных предприятий, железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов следует составлять, как правило, аэрофототопографическим методом по материалам аэрофотосъемки.

Наземную топографическую съемку следует производить в случаях, когда применение аэрофотосъемки экономически нецелесообразно, ее выполнение не представляется возможным или аэрофототопографический метод не обеспечивает требуемой точности составления планов.

При изысканиях для строительства железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов наземная топографическая съемка выполняется, как правило, на площадках и в местах переходов и пересечений этих линейных сооружений.

Инженерно-топографические планы могут быть представлены в графическом или цифровом видах (цифровой инженерно-топографический план).

В соответствии с техническим заданием заказчика результаты топографических съемок могут быть представлены в виде топографо-геодезических материалов для составления градостроительного кадастра (СНиП 14-01-96) и других кадастров, банков инженерно-геодезических данных, а также в виде геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий соответствующего уровня.

Инженерно-топографические планы создаются на копиях (репродукциях) с фотопланов, изготовленных на жесткой основе; на малодеформируемых пластиках; на чертежной бумаге, наклеенной на жесткую основу.

Планы-оригиналы одноразового пользования небольших (до 1 км^2) изолированных участков и узких полос на незастроенной территории допускается составлять на чертежной бумаге.

Цифровые инженерно-топографические планы создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем оцифровки графического изображения планов и последующей векторизации растровых файлов, полученных после сканирования планов.

Точность цифрового инженерно-топографического плана должна быть не ниже точности инженерно-топографического плана в графическом виде соответствующего масштаба. Информация цифрового инженерно-топографического плана должна соответствовать действующим условным знакам для топографических планов (п. 5.8 СНиП 11-02-96).

При создании цифровых инженерно-топографических планов и карт, банков инженерно-геодезических данных, геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, а также при других процессах автоматизированной обработки результатов инженерно-геодезических изысканий должны использоваться утвержденные в установленном порядке классификаторы единой системы классификации и кодирования топографической и картографической информации - «Классификатор топографической информации. (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» и др.

Номенклатура листов инженерно-топографических планов должна устанавливаться в программе изысканий. На территории существующих населенных пунктов и действующих предприятий принятая разграфка и номенклатура листов планов должны быть сохранены, если они не противоречат единой разграфке планов населенного пункта (поселения).

При создании инженерно-топографических планов участков местности площадью до 20 км^2, как правило, применяется квадратная разграфка с рамками размерами 40×40 см для листов планов в масштабе 1:5000 и 50×50 см для листов планов в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения топографической съемки должны быть представлены:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
- журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
- абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы (п. 5.188);
- акты полевого приемочного контроля.
- Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензульной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензульной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

8.4 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка применяется для съемки небольших и узких полос местности.

При выполнении тахеометрической съемки для сокращения продолжительности полевых и камеральных работ следует использовать электронные тахеометры с регистрацией и накоплением результатов измерений.

Тахеометрическая съемка выполняется с пунктов (точек) съемочного обоснования. Сгущение съемочного обоснования допускается выполнять проложением тахеометрических ходов, графическими прямыми и комбинированными засечками с числом направлений не менее трех.

По окончании работы на станции следует контролировать ориентирование лимба теодолита. Отклонение от первоначального ориентирования не должно быть более 1,5'.

На каждой станции должен составляться абрис, в котором следует показывать пикеты, ситуацию, а также структурные линии рельефа местности (тальвеги, водоразделы и др.), направление скатов.

Планы тахеометрической съемки должны приниматься в полевых условиях с оформлением актов контроля и приемки работ.

8.5 Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий

Горизонтальная съемка застроенных территорий в масштабах 1:2000 - 1: 500 выполняется самостоятельности или в сочетании с высотной съемкой.

Горизонтальная съемка выполняется способами: полярным, створов, графоаналитическим, засечек, перпендикуляров (абсцисс и ординат), стереотопографическим.

При всех способах горизонтальной съемки должны составляться абрисы, производиться обмеры контуров зданий (сооружений) и измеряться контрольные связки между ними.

Съемка застроенной территории должна производиться с пунктов (точек) опорной и съемочной геодезических сетей (приложение Г).

Производить съемку с точек мензульных ходов не разрешается.

Створные точки, определяемые от пунктов и точек геодезической основы, должны определяться с точностью не менее 1:2000.

При использовании способа засечек допускаются углы в пределах от 30° до 150°.

Измерение горизонтальных углов при съемке следует выполнять теодолитом при одном положении вертикального круга со средней погрешностью не более 1' и с контролем ориентирования лимба на станции, расхождение от первоначального ориентирования допускается не более 1,5'.

Накладка контуров капитальных зданий (сооружений) с помощью транспортира допускается при величине полярных расстояний до 6 см в масштабе плана. При полярных расстояниях, превышающих указанную величину, накладка таких контуров на план должна производиться по координатам.

При графоаналитическом способе съемки углы кварталов и капитальные здания (сооружения), опоры, колодцы, центры стрелочных переводов должны наноситься на план по координатам, определенным с пунктов планового съемочного обоснования, и данным обмеров контуров зданий (сооружений). Съемку прочих элементов ситуации допускается производить методом мензульной или тахеометрической съемки.

Высоты люков колодцев подземных сооружений и верха труб на дорогах, урезов воды в водоемах (водотоках), полов в капитальных зданиях (по дополнительному заданию) должны определяться геометрическим нивелированием по двум сторонам рейки или тригонометрическим нивелированием при двух положениях вертикального круга. Расхождение между превышениями не должны быть более 2 см. Высоты других пикетов следует определять по одной стороне рейки (при одном положении вертикального круга в случае тригонометрического нивелирования), при расстояниях до пикетов более 250 м следует вводить поправки за кривизну земной поверхности и рефракцию.

На улицах (проездах) поперечные профили должны измеряться через 40, 60, 100 м (в зависимости от масштаба планов), а также в местах перегиба рельефа и по осям пересекающихся улиц (проездов).

При нивелировании поперечных профилей должны быть определены высоты у фасадной линии, бровки тротуара (бордюрного камня), оси улицы (проезда), бровки и дна кюветов, а также других характерных точек рельефа.

Расстояние между нивелирными точками на поперечных профилях не должны превышать 40 м на планах и в масштабе 1:2000 и 20 м - 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения аэрофотосъемки дополнительно (п. 5.74) следует представлять:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
- журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
- абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы;
- акты полевого приемочного контроля.

Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензульной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензульной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

Результаты выполненной топографической съемки, контроля и приемки работ должны включаться в состав технического отчета в соответствии с требованиями п. 5.13 СНиП 11-02-96.

Обновление топографических планов (корректура)

При обновлении инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) и кадастровых планов должна выполняться топографическая съемка вновь появившихся контуров, элементов ситуации, зданий и сооружений (подземных, наземных и надземных) и рельефа местности в местах их изменений.

На участках местности, где общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35 %, топографическая съемка должна производиться заново.

Инженерно-топографические планы, составленные по материалам съемки при высоте снежного покрова более 20 см, подлежат обновлению.

Обновление инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) планов и банков инженерно-геодезических данных должно осуществляться на основе использования:

- государственных фондов Роскартографии, государственных территориальных фондов материалов инженерных изысканий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления, государственного ведомственного фонда материалов

комплексных инженерных изысканий Госстроя России, а также фондов материалов других министерств и ведомств;

- материалов и данных геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий;
- материалов и данных государственных кадастров;
- топографо-геодезических материалов предприятий и организаций - оригиналы и копии планов, их формуляры, каталоги координат и высот закрепленных на местности пунктов (постоянных точек) геодезической основы, исполнительные чертежи и планы законченных строительных объектов, профили;
- материалов контрольных геодезических съемок законченных строительством объектов и коммуникаций.

При обновлении планов съемочным плановым обоснованием должны служить пункты существующей опорной геодезической сети, точки постоянного съемочного обоснования, четкие контуры и предметы-ориентиры, а высотным обоснованием - нивелирные знаки и твердые контуры (колодцы, цоколи зданий и т.п.), имеющие высотные отметки.

Съемка вновь появившихся объектов (контуров) и изменений рельефа, а также оформление полевых и камеральных материалов должны производиться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к наземной топографической съемке.

9 СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ И НАДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

На инженерно-топографические планы должны наноситься все существующие подземные и надземные сооружения (коммуникации).

В случае отсутствия планов подземных и надземных сооружений (коммуникаций), исполнительных чертежей, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и других материалов или их недостаточной полноте или точности должна выполняться съемка и обследование подземных и надземных сооружений методами, применяемыми при горизонтальной и высотной съемке застроенных территорий.

Примечание

Подземные, надземные линейные сооружения, предназначенные для транспортировки жидкостей и газов, передачи энергии и информации, относятся к инженерным коммуникациям.

Съемка подземных и надземных сооружений должна производиться с учетом требований пп. 5.7-5.10, 5.12 СНиП 11-02-96.

Составление эскизов опор, определение напряжения и числа проводников в линиях электропередачи и связи, марки проводов и кабелей, ведомственной принадлежности коммуникаций, габаритов и номеров опор, расположения прокладок на опорах, высоты опор и эстакад, видов прокла-

док на них, высот проводов и кабелей между опорами выполняются по дополнительному заданию заказчика.

Работы по съемке и обследованию существующих подземных сооружений включают:

- сбор и анализ имеющихся материалов о подземных сооружениях (исполнительных чертежей, инженерно-топографических и кадастровых планов, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и др.)
- рекогносцировочное обследование (отыскание на местности сооружений, определение назначения и участков для поиска прокладок с помощью трубокабелеискателей);
- обследование и (или) детальное обследование подземных сооружений в колодцах (шурфах);
- поиск и съемка подземных сооружений, не имеющих выходов на поверхность земли;
- плановая и высотная (нивелирование) съемки выходов подземных сооружений на поверхность земли;
- составление плана и при необходимости схемы сетей подземных сооружений с их техническими характеристиками;
- согласование полноты плана подземных сооружений и технических характеристик сетей, нанесенных на план, с эксплуатирующими организациями.

До начала полевых работ по съемке существующих подземных сооружений должны быть собраны:

- исполнительные чертежи;
- инженерно-топографические планы;
- материалы исполнительной и контрольной геодезических съемок, а также материалы (планы) градостроительного кадастра;
- проектные, инвентаризационные и другие материалы и данные о наличии, технических характеристиках и планово-высотном положении подземных сооружений.

На основе анализа собранных материалов должна быть установлена возможность их использования в намечаемых работах, а также определены предварительные объемы съемки подземных сооружений.

Рекогносцировочное обследование местности должно проводиться для отыскания на ней по внешним признакам местоположения и назначения подземных сооружений, а также определения участков трубопроводов и кабелей для поиска с помощью трубокабелеискателей.

Координирование выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений на застроенной территории должно производиться по дополнительному заданию заказчика.

Расположение углов поворота и других скрытых точек подземных сооружений, а также глубина их заложения должны определяться с помощью трубокабелеискателей, а в случае невозможности их использования применяется шурфование.

При обследовании подземных и надземных сооружений должны быть определены следующие их элементы и технические характеристики:

- по водопроводу
- материал и наружный диаметр труб;
- назначение (хозяйственно-питьевой, производственный);
- по канализации
- характеристика сети (напорная, самотечная);
- назначение (бытовая, производственная, дождевая);
- материал и диаметр труб (внутренний для самотечных и наружный для напорных сетей);
- по теплосети
- тип прокладки (канальная или бесканальная);
- тип канала (проходной, полупроходной, непроходной);
- материал и внутренние размеры канала;
- количество и наружный диаметр труб;
- по газопроводу
- наружный диаметр и материал труб;
- давление газа (низкое, среднее, высокое);
- по кабельным сетям
- напряжение электрических кабелей (высоковольтные 6 кВ и выше, низковольтные);
- направление (номера трансформаторных подстанций) для высоковольтных кабелей;
- условия прокладки (в канализации, в коллекторах, бронированный кабель);
- принадлежность кабелей связи;
- количество отверстий в телефонной канализации;
- материал и размеры распределительных пунктов, трансформаторных подстанций, телефонных шкафов и коробок;
- по подземному дренажу
- материал и наружный диаметр труб;
- поперечное сечение галерейных дрен, глухих коллекторов (по дополнительному заданию заказчика).

При обследовании в колодцах (шурфах) должно быть определено назначение инженерных коммуникаций, диаметр и материал труб, материал и тип каналов, число кабелей (также труб при кабельной канализации),

направление стока в самотечных трубопроводах, направления на смежные колодцы (камеры) и вводы в здания (сооружения) с составлением схемы.

Габариты колодцев (камер) надлежит отражать в масштабе плана, если площадь колодцев (камер) составляет в натуре не менее 4 $м^2$ при съемке в масштабе 1:500 и 9 $м^2$ - в масштабе 1:1000.

Плановое положение прокладок, размещенных в колодцах (камерах) указанных размеров, определяется относительно проекции центра люка.

При съемках в масштабах 1:2000 и 1:5000 обмер габаритов колодцев (камер), а также привязка размещенных в них коммуникаций не выполняются.

Детальное обследование колодцев (камер), выполняемое по дополнительным требованиям заказчика, кроме работ, указанных в п. 5.181, должно включать:

- обмеры габаритов и определение материалов колодцев (камер) и каналов;
- обмеры конструктивных элементов трубопроводов и их фасонных частей;
- определение взаимного местоположения вводов, выпусков и присоединений прокладок, составление эскизов по основным сечениям этих сооружений.

Нивелирование подземных сооружений включает определение высот обечаек (верха чугунного кольца люка колодца), земли или мощения у колодца, а также высот, расположенных в колодце труб, кабелей, каналов (промерами от обечайки с отсчетом до 1 см).

В колодцах (камерах) подлежат нивелированию:

- в самотечных сетях - дно лотка;
- в перепадных колодцах, дополнительно - низ входящей трубы;
- в колодцах-отстойниках - дно колодца, низ входящей и выходящей труб;
- в напорных трубопроводах - верх труб;
- в каналах коллекторах - верх низ каналов (коллекторов);
- в кабельных сетях - место пересечения кабеля со стенками колодца, верх и низ пакета (блока) при кабельной канализации.

Съемка точек подземных коммуникаций, отыскиваемых с помощью трубокабелеискателей, на прямолинейных участках должна производиться, как правило, через 20, 30, 50 и 100 м соответственно для масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

Глубина заложения безколодезных прокладок должна определяться на углах поворота, в точках резкого излома рельефа, но не реже чем через 10 см в масштабе съемки.

Определение глубины заложения прокладок с помощью трубокабелеискателей должно выполняться дважды. Расхождения между результатами измерений не должны превышать 15 %.

В зависимости от насыщенности подземными и надземными сооружениями инженерно-топографические планы разрешается составлять совмещенными с изображением на одном листе плана ситуации, рельефа и подземных (надземных) сооружений, планы отдельных подземных надземных сооружений, групп их и др. Необходимость составления совмещенных или раздельных планов подземных (надземных) сооружений должна устанавливаться в техническом задании заказчика.

В результате выполнения съемки подземных и надземных сооружений дополнительно (п. 5.74) должны быть представлены:

- журналы детального обследования наземных и подземных сооружений;
- журналы технического нивелирования;
- эскизы опор и колодцев (камер) при их детальном обследовании;
- планы надземных и подземных сооружений, согласованные с эксплуатирующими организациями;
- каталоги координат выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений.

10 СЪЕМКА ВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Русловые съемки (подробные и облегченные), включающие съемку подводного рельефа и береговой полосы, выполняются с соблюдением требований, предъявляемых к топографическим съемкам суши и промерам глубин. При русловой съемке подлежат отображению на планах русловые образования (острова, побочни, косы и осередки), протоки, ручьи, участки размываемого берега и промоины.

Русловые облегченные съемки выполняются с точностью смежного более мелкого масштаба.

Съемки русел рек при подробных и облегченных русловых съемках выполняются, как правило, в масштабах 1:10000-1:2000.

Ширина береговой полосы русловых съемок устанавливается в техническом задании заказчика исходя из цели съемки и ее назначения в зависимости от конкретных условий местности. Ширина береговой полосы должна, как правило, составлять по каждому берегу (считая от меженной бровки) для масштабов: 1:2000-100 м, 1:5000-150 м и 10000-200 м.

Промеры глубин характеризуются подробностью и способами: проложения галсов, определения мест на галсах, измерения глубин.

Промеры глубин следует производить по галсам, пересекающим водоем (водоток), как правило, нормально к общему направлению изобат и расположенным на определенном расстоянии друг от друга.

Для контроля выполняются промеры по продольным галсам, пересекающим основные галсы под углом в пределах 30°-150°.

По подробности промеры глубин подразделяют на специальные, подробные и облегченные.

Каждый из этих видов промеров характеризуется частотой галсов и измеренных глубин на них, а также масштабом оформления плана. Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана следует принимать в соответствии с табл. 13.

Таблица 13 - Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана

Подробность промеров глубин	Масштаб плана	Расстояние, м			
		между галсами при рельефе дна		между промерными точками при рельефе дна	
		сложном	спокойном	сложном	спокойном
Специальные	1:500	5	10	2	2
	1:1000	10	20	5	10
Подробные	1:2000	20	40	10	20
	1:5000	50	100	20	30
	1:10000	100	200	30	40
Облегченные	1:2000	40	60	10	20
	1:5000	100	150	20	30
	1:10000	200	300	30	40

Подводный рельеф на планах изображается изобатами или горизонталями.

Планы составляются в изобатах в тех случаях, когда они предназначаются для проектирования мероприятий, непосредственно связанных с эксплуатацией акваторий, и на них должны быть показаны глубины.

Для проектирования объектов строительства, сопряженных с берегом, рельеф дна на планах акваторий изображается, как правило, горизонталями.

Высота сечения рельефа дна при изображении его горизонталями (изобатами) в зависимости от подробности промера, масштаба плана и сложности рельефа принимается равной 0,5 или 1 м.

Галсы при промерах глубин прокладывают: по береговым створам, фотогалсам и навигационным приборам, маятниковым методом.

В том случае, когда проектируемые береговые створы служат в качестве одной из линий положения, разбивка их на местности должна производиться от точек съемочной сети или промером магистрали, которая прокладывается параллельно линии берега с относительной погрешностью не

ниже 1:1000. Если створы предназначены только для ориентировки на галсе, разбивку их на местности можно выполнять упрощенным способом.

При проложении фотогалсов их привязка осуществляется к контурным точкам, опознаваемым в натуре и на фотоснимках.

По способам определения планового положения промежуточных точек промеры глубин подразделяются на следующие виды:

- без инструментальных засечек;
- с инструментальными засечками;
- по непосредственно разбитым в натуре промерным точкам;
- с применением радиогеодезических и спутниковых геодезических систем.

При промерах глубин без инструментальных засечек измеренные глубины разносятся на плане исходя из условия, что движение катера при промере было равномерным. Этот вид промеров применяется на небольших реках и закрытых водоемах, при наличии фотоплана или топографического плана, и длине галсов, не превышающей 4 см в масштабе плана, но не более 200 м на местности.

Промеры глубин с инструментальными засечками выполняются с применением следующих основных способах координирования:

- по створу и прямым засечками с берега одним инструментом;
- прямыми засечками с берега двумя инструментами;
- по створу и обратными засечками одним секстантом;
- обратными засечками двумя секстантами.

К промерам глубин способом непосредственной разбивки в натуре промерных точек относятся промеры по размеченному тросу и промеры со льда.

Промеры глубин с применением радиогеодезических систем и спутниковых систем осуществляются на базе автоматизированных гидрографических комплексов, позволяющих выполнить весь состав инженерно-гидрографических работ, включая составление рабочего планшета.

Средняя погрешность определения планового положения промерных точек а масштабе плана относительно ближайших точек съемочной геодезической сети при промерах глубин на реках, внутренних водоемах и других акваториях не должна превышать допусков, установленных п. 5.9 СНиП 11-02-96.

Дополнительные требования к промерам глубин и способам определения положения промерных точек при инженерно-гидрографических работах следует устанавливать в программе изысканий.

Промеры глубин выполняются эхолотами, наметкой или ручным лотом, механическим лотом.

Отсчеты при измерениях глубин должны производиться с точностью не менее 0,1 м при глубинах до 10 м; 0,2 м при глубинах от 10 до 20 м и 0,5 м при глубинах свыше 20 м.

В комплекс работ по высотному обоснованию промеров глубин входят:

- установка и нивелирование реперов;
- устройство водомерных постов и наблюдения за уровнем воды;
- мгновенная или однодневная связка уровней воды;
- нивелирование по рабочим уровням воды.

На участках рек и зон выклинивания водохранилищ, для которых планы составляются в изобатах, выполняются: нивелирование по рабочим уровням воды и однодневная или многодневная связка уровней воды.

На участках рек, для которых планы составляются в горизонталях, а также на озерах и водохранилищах выполняется нивелирование по рабочим уровням воды.

Нивелирование по рабочим уровням воды, от которых измеряются глубины, выполняется одиночными ходами IV класса, опирающимися на реперы высотной опорной геодезической сети. Определение уровней воды в отдельных точках выполняется двойными висячими ходами (шлейфами) нивелирования IV класса или технического нивелирования. Привязка уровней воды производится у каждого галса или через несколько галсов (но реже, чем через 1 км) при условии, что падение уровней поверхности между привязанными галсами было равномерным и не превышало 10 см.

При производстве однодневной связки высотные отметки урезов воды определяются во всех точках излома водной поверхности, положение которых зафиксировано постоянными и временными реперами (ТОС).

При выполнении промеров глубин в прибрежной зоне морей погрешность передачи теоретического нуля глубин (ТНГ) от постоянного уровенного поста на временный не должна превышать 5 см.

Обнаружение подводных препятствий, представляющих опасность для судоходства, производится гидрографическим тралением. Гидрографическое траление допускается выполнять жестким тралом, высокочастотным каналом эхолота, гидролокатором бокового обзора (ГБО).

Обследование подводных препятствий производится:

- сгущением галсов до частоты, обеспечивающей детальное определение контура мели или банки и выявление минимальных глубин на них;
- проложением специальных галсов, перпендикулярны основным.

Работы по трассированию судовых ходов и съемке створных площадок включают:

- вынос и закрепление на местности оси трассы, створа и границ судового хода и створных площадок;

- разбивку и нивелирование пикетажа по оси судового хода и створа с последующим составлением продольного профиля;
- съемку полосы трассы и створных площадок.

В результате выполнения инженерно-гидрографических работ должны быть представлены:

- материалы по созданию опорной и съемочной геодезических сетей;
- журналы прибрежной топографической и русловой съемок;
- журналы промеров глубин или эхограммы;
- материалы по плановому определению промерных точек на галсах;
- материалы нивелирования водной поверхности (однодневных и мгновенных связок);
- продольные профили водной поверхности;
- инженерно-топографические планы (русел рек, акваторий и прибрежной части) а горизонталях или изобатах;
- материалы гидрографического траления и обследования подводных препятствий;
- материалы инженерно-гидрографических работ по судоходным трассам и створным площадкам.

11 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

При изысканиях новых трасс линейных сооружений, как правило, выполняются:

- анализ и доработка материалов, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;
- рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений;
- полевое трассирование (вынос трассы в натуру);
- планово-высотная привязка трассы к пунктам государственной (опорной) геодезической сети;
- топографическая съемка полосы местности вдоль трассы (съемка текущих изменений при наличии планов) в масштабах 1:1000-1:500;
- съемка переходов, пересечений инженерных коммуникаций, выявление и нанесение на инженерно-топографические планы и другие топографические материалы участков проявления карста;
- составление инженерно-топографических планов;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

По трассам магистральных трубопроводов (прокладываемых в несложных условиях), электрических кабелей 6-20 кВ, кабелей связи, ЛЭП выполняется съемка ситуации.

Под карьеры грунтовых строительных материалов выполняется топографическая съемка площадок их разработки.

При изысканиях для расширения (реконструкции) существующих линейных сооружений следует выполнять:

- съемку плана сооружений и координирование их основных элементов;
- съемку поперечных и продольных профилей (при необходимости для уточнения положения трассы);
- составление топографических планов;
- полевое трассирование трасс сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

11.1 Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений

Рекогносцировочное обследование выполняется в зависимости от состава материалов, которыми располагает изыскатель к моменту начала работ. Обычно это материалы, подготовленные на этапе составления акта выбора трассы, камерального трассирования по картам или результаты камеральной укладки трассы на полосе маршрутной съемки, составленной на основе проложения магистрального хода.

Перед началом работ вместе с представителем эксплуатационной службы заказчика пройти (проехать) по маршруту намечаемой трассы. При рекогносцировке определяется оптимальный вариант прохождения трассы относительно инженерных сооружений, дорог, естественных преград, коридоров коммуникаций и т.д. в соответствии с требованиями настоящих строительных норм и правил Российской Федерации, а также нормативно-технических документов Федеральной службы геодезии и картографии России.

По возможности необходимо провести подобную рекогносцировочную работу с представителями всех служб и владельцев существующих инженерных сооружений, выявленных на стадии ТЭО, а также при согласовании акта выбора прохождения трассы. Во время рекогносцировки необходимо максимально полно получить информацию о наличии, месторасположении, характеристиках инженерных сооружений, находящихся в введении той или иной службы.

Во время выезда с представителем заказчика уточняется на местности начало, конец трассы - точка отмыкания и примыкания, врезки и т.д.

На территориях нефтяных и газовых месторождений НГДУ нужно более плотно работать с маркшейдерской службой НГДУ, инженерным составом Производственного отдела НГДУ, мастерами ДНС, операторами, обходчиками. Так как они наиболее полно владеют информацией о наличии и месторасположении подземных коммуникаций.

В состав работ при полевом трассировании входят:

- - проложение теодолитных (тахеометрических) ходов по оси трассы, разбивка и ведение пикетажа с разбивкой горизонтальных кривых;

- - нивелирование трассы и установка реперов;
- - съемка поперечников на пикетных и всех плюсовых (переломных) точках, съемка поперечных профилей по осям водопропускных труб;
- - закрепление трассы (углов поворота и створных точек, мостовых переходов и др.).

На территории населенных пунктов и промышленных предприятий вместо полевого трассирования должна выполняться крупномасштабная топографическая съемка полосы местности по выбранной трассе с последующей камеральной укладкой трассы по материалам съемки в существующих системах координат и высот.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 м на незастроенных территориях, а для застроенных территорий должна ограничиваться шириной проезда (улицы). Для существующих железных дорог ширина полосы съемки ограничивается, как правило, полосой отвода железной дороги. На участках пересечений и сближений трасс с существующими коммуникациями и другими сооружениями ширину полосы съемки следует принимать с учетом обеспечения требований проектирования по их переустройству и переносу.

11.1Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений

В данной главе под линейными сооружениями подразумеваются железные и автомобильные дороги, главное требование к которым заключается в обеспечении безопасности и равномерности движения с заданными уклонами, радиусами поворота и скоростями следования. В связи с этим строительными нормами и правилами (СНиП) строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривых всех видов постоянных дорог.

Существуют и другие виды линейных сооружений (например, линии электропередач, теплотрассы, канализации), к которым предъявляются свои специфические требования. Однако многие вопросы, касающиеся инженерных изысканий, геодезических разбивок и съемок имеют общий характер.

Трассировочные работы (трассирование) являются одним из видов инженерно-геодезических изысканий и служат для выбора наиболее оптимального положения на местности трассы и отвечающие всем требованиям технических условий на ее проектирование. Независимо от характера линейного сооружения и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности и не нарушать природного рельефа. По возможности трассу располагают на землях, имеющих наименьшую ценность для сельского хозяйства.

Трассой называют главную ось проектируемого линейного сооружения значительной протяженности. Ось наносится на топографическую карту, задается координатами основных точек и обозначается на местности.

Основными элементами трассы являются план и продольный профиль (вертикальный разрез по проектируемой линии).

План трассы представляет собой сложную линию, состоящую из прямолинейных участков различного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянных и переменных радиусов. Есть трассы, на которых закругления не проектируют, например, линии электропередач, канализаций. В этом случае трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

Продольный профиль трассы состоит из линий переменного уклона, сопрягаемыми обычно вертикальными круговыми кривыми. Для наглядности вертикальный масштаб разреза выполняют в 10 раз крупнее горизонтального. Чтобы наиболее полно охарактеризовать местность, на которой проектируется прокладка линейного сооружения, перпендикулярно трассе составляют поперечные профили.

По топографическим условиям расположения трассы различают долинные, водораздельные, косогорные, поперечно-водораздельные категории.

Долинная трасса проходит по надпойменной террасе долины, имеет обычно спокойный план и профиль, но пересекает большое число водотоков. В силу этого требует возведения дорогостоящих переходов.

Водораздельная трасса пересекает наиболее высокие отметки рельефа. В холмистой местности трассу приходится крайне усложнять, что уменьшает ее преимущество перед другими категориями. Однако в равнинных и среднепересеченных местностях она выгодно отличается по трудоемкости возведения в виду создания небольшого числа искусственных сооружений.

Косогорная трасса располагается на склонах возвышенностей. При ее проектировании со слабым уклоном создается извилистая в плане линия с большим количеством переходов. Эксплуатацию сооружения затрудняют возможные обвалы, осыпи и селевые потоки.

Поперечно-водораздельная трасса пересекает долины и водоразделы и в плане близка к прямой. В продольном же профиле часто встречаются предельные уклоны, что вынуждает строить сложные переходы.

На практике сочетают различные категории трасс путем технико-экономического сравнения возможных вариантов. Таким образом, основная задача трассирования линии на местности заключается в выборе оптимального варианта трассы, расположенной в благоприятных условиях и требующей на строительство и эксплуатацию минимальных затрат.

Трассирование в зависимости от стадии изысканий может быть камеральным или полевым.

Камеральное трассирование выполняют на стадии технического проекта с целью выбора основного направления и вариантов трассы. Для этого на топографической карте масштаба 1:500 000–1:100 000 (для трассы зна-

чительного протяжения) намечают начальный, конечный и промежуточный пункты. Получают так называемую воздушную линию, к которой стремятся приблизить проектируемую. Затем на картах масштаба 1:50 000 или 1:25 000 фиксируют и уточняют точки положения трассы, определяющие ее ось, при обходе или пересечении различного рода препятствий.

В зависимости от условий местности трассирование по топографической карте выполняют способом попыток или построением линии допустимого уклона.

Способ попыток применяют в условиях равнинной местности, положение трассы определяется, прежде всего, ситуацией, т.е. контурными препятствиями. В виду того, что средний уклон равнинного рельефа меньше допустимого в высотном отношении трассу намечают «вольным ходом», т.е. определяют проектную линию по характерным точкам местности вдоль намеченного направления. При этом в плане стремятся создать прямую трассу по заданному направлению. Тем не менее, в процессе трассирования обязательному обходу подлежат крупные населенные пункты, промышленные предприятия, аэродромы, заповедники и др., заставляющие отклонять трассу в ту или иную сторону. Происходит ее удлинение на каждом участке отклонения, которое может быть вычислено по формуле

$$\Delta L = \frac{AC - AB}{AB},$$

где φ – угол отклонения трассы; $AC = \frac{AB}{\cos\varphi}$,

тогда

$$\Delta L = \frac{1 - \cos\varphi}{\cos\varphi} .$$

Для получения наиболее короткой трассы в равнинных районах придерживаются следующих правил:

1. Трассу прокладывают по прямой линии от одного контурного препятствия к другому. Необходимость в отклонениях от прямолинейного направления и назначение углов поворота должна быть обоснована.
2. Вершину углов поворота выбирают против середины препятствия с таким расчетом, чтобы трасса огибала это препятствие.
3. Углы поворота трассы выдерживают в пределах не более 25–30º, чтобы ее удлинение было минимальным.

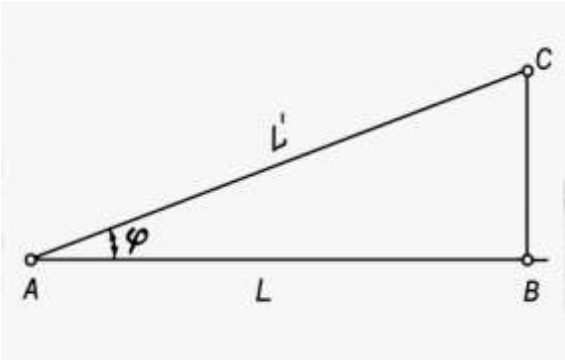


Рисунок 42 - Схема к расчету удлинения трассы

Способ линии предельно допустимого уклона применяется в горных условиях и местности со сложным рельефом. В этом случае по карте выбранного масштаба 1 : М и по высоте сечения рельефа h определяют величину заложения ℓ для уклона $i_{пр}$

$$\ell = \frac{h}{i_{пр}} \frac{1}{M}.$$

Например, для карты масштаба 1:25 000, при h = 5 м, $i_{пр}$ = 0,020

$$\ell = \frac{5000}{0{,}020} \frac{1}{25000} = 10\,мм.$$

По найденному значению ℓ на карте, выделяют участки вольного и напряженного ходов. На участке вольного хода (уклон местности $i_м$ меньше предельного $i_{пр}$) трассу намечают по кратчайшему направлению. На участках напряженного хода ($i_м$ больше $i_{пр}$) трассу намечают по предельно допустимому уклону. Например, из начальной точки *А* раствором циркуля, равным заложению ℓ, засекают соседнюю горизонталь (рис. 43). Из полученной точки *Б* этим же раствором циркуля вновь засекают уже следующую горизонталь, получая точку *В* и т.д. При пересечении оврагов и рек (на этой стадии трассирования) сразу переходят на другую сторону, не принимая во внимание переходы. На участках, где расстояние между горизонталями больше заложения ℓ, точки выбирают в необходимом направлении свободно (см. рис. 43, участок *ГД*).

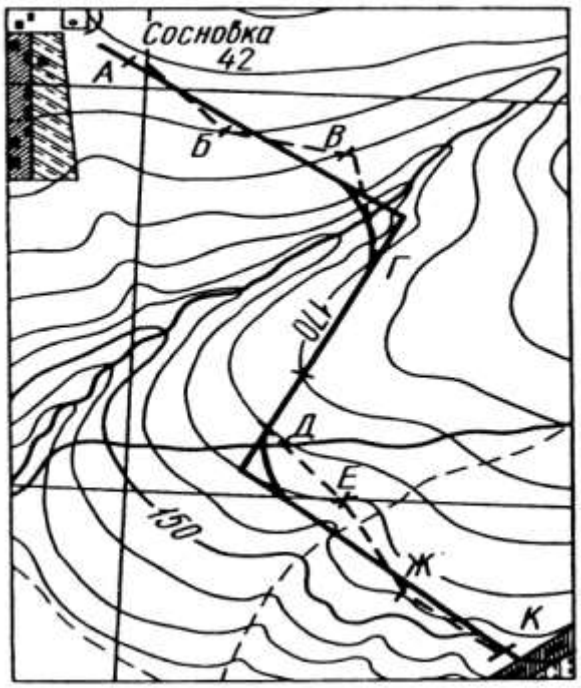


Рисунок 43 - Трассирование по заданному уклону

В результате на карте получают ломаную линию равных уклонов *А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *Ж*, *К* – линию нулевых работ, так как трассирование велось без учета насыпей и выемок. Линию нулевых работ заменяют участками более длинных прямых (спрямляют), вписывают кривые, разбивают пикеты, намечают характерные точки рельефа (плюсовые точки). Спрямление трассы ведет к появлению земляных работ.

Для построения профиля спрямленной трассы (черного профиля) отметки пикетов и плюсовых точек определяют интерполированием по горизонталям. Затем, руководствуясь техническими нормативами, проектируют профиль дороги и получают «красный профиль».

Полевое трассирование осуществляют на стадии рабочего проектирования, основой которого служат материалы камеральных изысканий, с целью определения наиболее оптимального положения трассы на местности. Основной состав этих изысканий включает:

- вынесение проекта трассы в натуру, ее уточнение и закрепление;
- определение фактических углов поворота линейного сооружения;
- линейные измерения и разбивку пикетажа;
- разбивку круговых кривых;
- установку грунтовых реперов и нивелирование трассы;
- топографическую съемку прилегающих к трассе полос местности;
- привязку трассы к пунктам геодезической основы;
- обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации.

Вынесение проекта трассы в натуру осуществляется, прежде всего, по подготовленным в камеральных условиях данным привязки углов вершин поворота к пунктам геодезической сети. Трассировочные работы на местности начинают с рекогносцировки, включающей выявление вблизи трассы существующих пунктов геодезической основы по мере продвижения изысканий. От найденных центров геодезической сети выносят в натуру положение исходных точек трассы известными способами. На этих точках устанавливают вехи, обследуют намеченные направления, смещают углы поворотов, если это необходимо, составляют продольный профиль. После проверки пригодности фактического профиля к строительным работам продолжают трассирование следующего участка.

Окончательно выбранное положение вершин углов поворота трассы закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами. Для обозначения трассы между углами поворота, через каждые 100–800 м устанавливают створные вехи по теодолиту.

Определение фактических углов поворота трассы выполняют путем проложения теодолитных ходов между закрепленными вершинами, с измерением правых углов, рис. 44. При повороте линии вправо, углы поворота определяют по формуле

$$\varphi_п = 180° - \beta_1,$$

при повороте трассы влево

$$\varphi_л = \beta_2 - 180°.$$

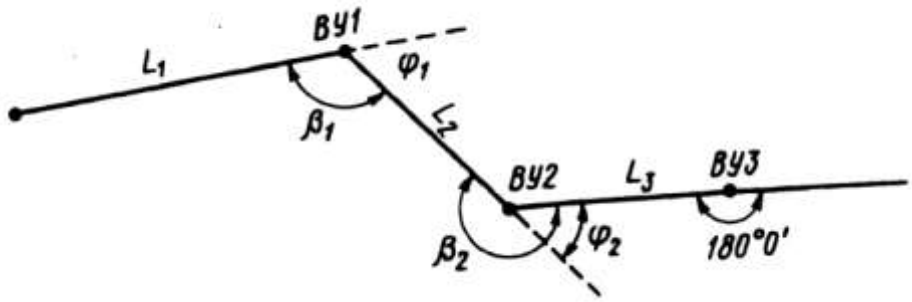


Рисунок 44 - Схема к определению углов поворота трассы

Линейные измерения и разбивку пикетажа производят в процессе проложения теодолитных ходов при определении расстояний между вершинами углов поворота и створными точками. По результатам этих измерений, наряду с плановой привязкой трассы к геодезическим пунктам, вычисляют координаты углов поворота. Определение расстояний осуществляют мерными лентами, оптическими, световыми и другими дальномерами с введением необходимых поправок в соответствии с инструкциями к приборам. Предельная ошибка измерений должна находится в пределах от 1:1 000 до 1:2 000 в зависимости от условий местности.

Разбивку пикетажа обычно выполняют мерными лентами или 50-метровыми рулетками через каждые 100 м. Кроме собственно пикетов, на местности отмечают дополнительные плюсовые точки. Ими могут быть места перегиба рельефа, пересечения трассы с водотоками, другими сооружениями. В процессе разбивки пикетов вводят поправку за наклон местности. Как правило, во избежание дополнительного измерения углов наклона, мерную ленту располагают горизонтально и проектируют конец отсчета на землю с помощью отвеса.

Разбивку круговых кривых производят через равные отрезки такой длины, при которой можно принимать полученную дугу за прямую линию. В качестве основной кривой, сопрягающей два прямых участка оси трассы дорог и каналов, применяют окружность определенного (допустимого по техническим условиям эксплуатации линейного сооружения) радиуса. К тому же расчет и разбивка круговой кривой на местности отличается наибольшей простотой.

Основными параметрами для расчета выноски части окружности в натуру служат угол поворота φ и радиус кривой R (рис. 45). Для определения на местности главных точек кривой необходимо знать ее основные элементы: $Т$ – тангенс (касательную), $Б$ – биссектрису, $К$ – длину кривой, $Д$ – домер. Вычисляют эти величины по формулам

$$T = Rtg\frac{\varphi}{2};\ K = \frac{R_{\phi}}{57{,}2958};\ Б = R(\sec\frac{\varphi}{2} - 1)\ ;\ Д = 2T - K\ .$$

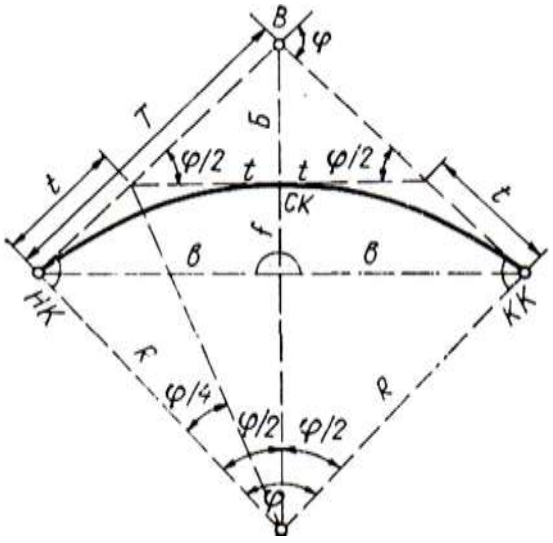


Рисунок 45 - Основные элементы круговой кривой

При разбивке кривой также пользуются готовыми таблицами, где вышеуказанные элементы даны для разных значений угла φ и радиуса R.

Тем не менее, главные точки круговой кривой не дают достаточного обозначения фрагмента окружности на местности. Так, при радиусе больше 500 м кривую разбивают через 20 м, при радиусе от 100 до 500 м – через 10 м. Для осуществления этой задачи используют несколько способов:

прямоугольных координат, линейно-угловой засечки, продолженных хорд, вписанного многоугольника и др. Наиболее распространенными являются первые три способа.

Способ прямоугольных координат применяется в открытой равнинной местности, является наиболее простым и точным. Каждая точка кривой определяется независимыми промерами и при переходе от одной точки к другой ошибка измерений не накапливается. В этом способе за ось абсцисс принимают касательную к окружности (линию тангенса), за начало координат – начало кривой (НК) в точке касания с линией тангенса или конец кривой (КК).

Работу начинают с вычисления центрального угла φ, задавшись величиной дуги *к* (например, 5, 10, 20 м), исходя из размера радиуса кривой

$$\varphi = \frac{360}{2\pi R}\kappa = \frac{180}{\pi R}\kappa .$$

Далее находят прямоугольные координаты точек *1*, *2*, …, *i*

$$X_i = R\sin i\varphi ;\; Y_i = R(1-\cos i\varphi),$$

где *i* – текущий номер точки кривой.

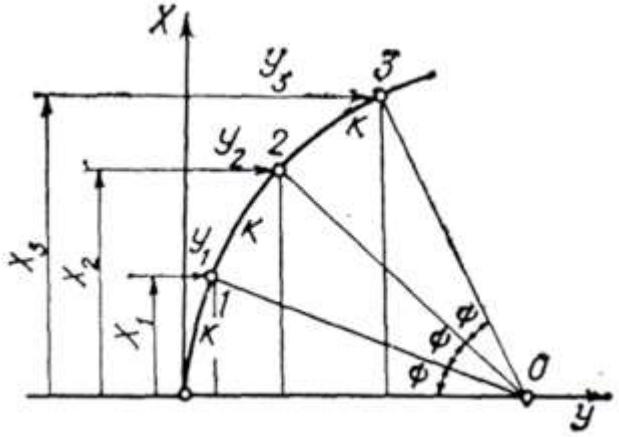


Рисунок 46 - Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Разбивку точек *1*, *2*, *3*, … *i* кривой на местности производят с помощью рулетки от начала кривой (*НК*) по касательной (рис. 46). Вначале откладывают на ней величины $X_1, X_2, \ldots X_i$, затем по направлению перпендикуляров к разбитым отрезкам выносят составляющие $Y_1, Y_2, \ldots Y_i$.

Построение осуществляют от начала кривой (НК) до середины. После этого разбивают фрагмент окружности от конца кривой (КК) также до середины (СК). Сомкнутые половинки кривой в точке СК являются контролем точности разбивки.

Способ линейно-угловой засечки (полярный) используется для выноски круговых кривых земляных сооружений на косогорах, насыпях и в полузакрытой равнинной местности (рис. 47).

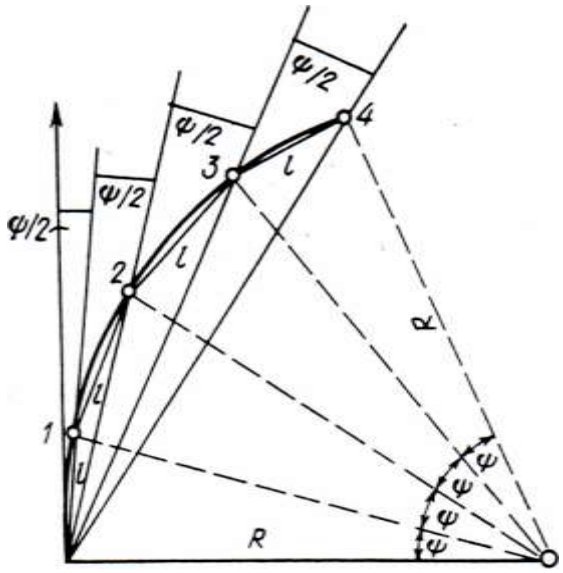


Рисунок 47 - Разбивка кривой способом линейно-угловой засечки

Способ заключается в последовательном построении угла $\varphi/2$ в начале координат от линии тангенса и отложении отрезков хорды ℓ. Исходя из выбранной длины хорды, угол φ определяют по формуле

$$\sin\frac{\varphi}{2}=\frac{\ell}{2R}.$$

Положение точек кривой на местности выносят с помощью теодолита. Его ориентируют по линии тангенса, например, в точке *НК*, затем отмеряют угол $\varphi/2$. Отложив вдоль построенного направления хорду ℓ, закрепляют точку *1*. Затем из той же точки *НК* строят последовательно углы φ, $3\varphi/2$ и т.д. Из точки *1* протягивают рулетку до пересечения отрезка ℓ со вторым визирным лучом (φ) и закрепляют точку *2*. Таким образом, выносят точки *3*, *4*, …, *i*.

Недостаток способа – снижение точности разбивки кривой по мере увеличения числа выносимых точек (происходит накопление ошибок).

Способ продолженных хорд заключается в определении искомых точек кривой на местности путем их засечек двумя постоянными величинами ℓ и *a* от исходной точки *1*(рис. 48). Ее положение обычно определяют при помощи прямоугольных координат X_1 и Y_1 по формуле (2.9).

Закрепив точку *1* (на продолжении створа *A1*), откладывают длину хорды ℓ и временно закрепляют промежуточную точку *2*'. Линейной засечкой с помощью отрезков *a* и ℓ из точек *2*' и *1* получают следующее положение кривой – *2*. Остальные точки дуги сектора окружности отстраивают аналогично. Смещение *a* получают из выражения

$$d=\frac{\ell^2}{R}.$$

Данный способ применяют в стесненных условиях местности и невысокой точности разбивки.

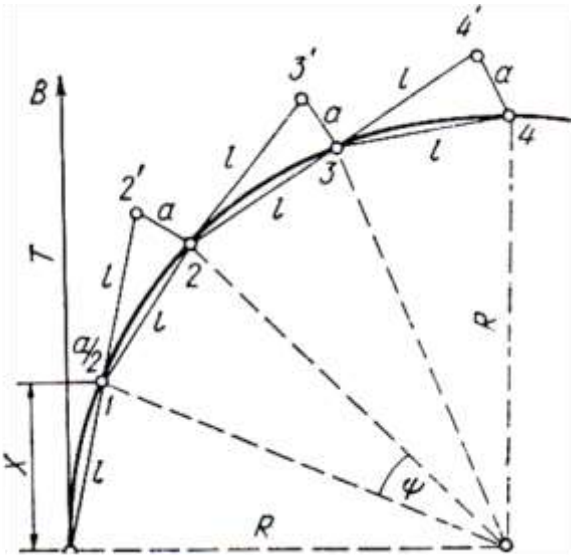


Рисунок 48 - Разбивка круговой кривой способом продолженных хорд

Кроме плановой разбивки трассы, ее выносят и в высотном отношении. Контроль вертикального положения элементов разбивки осуществляют с помощью грунтовых реперов.

Установку грунтовых реперов производят при закреплении трассы через каждые 20–30 км и в местах пересечений существующих магистралей, переходов через реки и т.п. В дополнение к основным через 2–3 км устанавливают постоянные (по необходимости) и временные реперы в виде деревянных столбов, каких-либо устойчивых предметов местности. Местоположение реперов выбирают вне зоны земляных работ строительства сооружения с составлением абриса привязки к пикетам трассы и местности.

Нивелирование трассы осуществляют, как правило, по двум направлениям (в два нивелира). Одним прибором нивелируют все пикеты, плюсовые точки, постоянные и временные реперы. Вторым – нивелируют реперы, связующие точки и поперечные профили. При этих работах применяют технические нивелиры различных типов. Расстояние от нивелира до рейки обычно принимают равным 100–150 м. Невязки хода между исходными пунктами (или замкнутого полигона) не должны превышать, мм:

$$f_{пр} = 50\sqrt{L} \ ,$$

где L – длина хода или полигона, км.

Расхождение между суммой превышений из первого и второго нивелирования не должно быть более величины, мм:

$$\Delta h = 70\sqrt{L} \ .$$

Топографическую съемку отдельных участков и площадок в крупном масштабе (1:500–1:2 000) производят в процессе ведения полевого трасси-

рования. Съемке подлежат переходы через водотоки, горные ущелья и перевалы, различные площадки под станции и т.п. В сильно пересеченной и сравнительно открытой местности используют тахеометрическую и мензульную съемки. В зависимости от ситуации и рельефа, а также технической возможности изыскательской партии применяют различные виды аэрофотосъемки, наземной фотограмметрической съемки, лазерное сканирование.

Привязку трассы к пунктам геодезической основы выполняют как для контроля полевых работ и повышения их точности, так и для вычисления координат вершин углов поворота и абсолютных отметок набранных точек. Точность геодезических измерений по привязке должна быть не ниже точности работ при построении трассы. Места привязки трассы (начало, конец и середину) к пунктам триангуляции или полигонометрии указывают в проекте привязки трассы к пунктам геодезической основы.

Обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации выполняют путем проверки полевых журналов, уравнивания нивелирных и теодолитных ходов, вычисления плановых координат и высот точек, вычерчивания различных планов и профилей трассы.

На тщательную камеральную обработку полевых материалов и безошибочное составление графических документов обращают особое внимание. Так, при проверке журналов измерения углов смотрят на правильность вычисления углов поворота трассы. Линейные измерения сравнивают промерами длин между углами поворота и с данными разбивки пикетажа. В пикетажных журналах проверяют вычисление элементов дуг окружностей, значений пикетов начала и конца кривых и т.д. Полевые журналы и вычисления независимо обрабатывают «в две руки». Подготовленные планы и профили также тщательно проверяют, корректируют, сверяют в натуре и устраняют выявленные недостатки и ошибки.

Основными документами полевого трассирования являются:

2) пояснительная записка (с обоснованием выноса проекта в натуру и согласованием трассы);
3) план, продольный и поперечные профили;
4) крупномасштабные планы переходов, пересечений, станций, площадок и других участков;
5) схематические планы отвода земель;
6) ведомости пересекаемых трассой искусственных сооружений;
7) ведомости закреплений прямых и кривых трассы, уравнивания ходов, вычисления координат;
8) каталоги координат углов поворота, высот реперов, схемы геодезических сетей, их центров и знаков.

Трассирование линейных сооружений проводится параллельно с выполнением работ по отысканию подземных коммуникаций.

Обычно сначала производят отыскивание на местности подземных коммуникаций, а потом, принимая к сведению весь комплекс полученной информации (подземные сети, воздушные сети, другие существующие инженерные сооруже-ния, рельеф местности, естественные водотоки, лога, данные «Акта выбора», пожелания эксплуатационных служб выявленных в процессе рекогносцировочных работ, и т.д.), укладывают трассу на местности с учетом норм и правил существующих нормативных документов (СНиП, СП, ВСН, ГОСТ).

Все случаи отклонения оси трассы от «Акта выбора» обязательно согласовываются с эксплуатирующей службой. Так же необходимо поставить руководство своего предприятия в известность об изменении местоположения изыскиваемой трассы на конкретном участке.

Особое внимание необходимо уделить определению подземных сетей в местах отмыкания и примыкания трасс, в местах переходов через коридоры подземных коммуникаций.

Если наблюдается очень большая насыщенность подземных сетей и других инженерных сооружений (промышленные площадки), а также сложность рельефа, то в таком случае лучше вначале сделать съемку данного участка местности в М 1:500 -Г.2000. На основе полученного материала выполнить камеральное трассирование данного участка трассы, с последующим выносом её натуру и закреплением.

Отыскание подземных сетей проводить трубокабелеискателем. Во время поиска обязательно обращать внимание не только на явные признаки, указывающие на наличие той или иной коммуникации, (выходы труб, колодцы, задвижки, аншлаги, и т.д.), но и по местным признакам (понижение грунта, наличие ранее проводимых и ликвидированных земляных работ, расположение вблизи от проектируемой трассы каких либо инженерных сооружений). Делать аналитические выводы о наличии коммуникаций только после сопоставления и проверки всех имеющихся сведений.

По уложенной на местности оси трассы прокладывается теодолитный (тахеометрический) ход. Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений даны в табл. 14.

Таблица 14 - Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений

№ № п/п	Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений	Допустимые невязки измерений		
		Угловых, мин	Линейных	Высотных, м
1	Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях			
	новых железных дорог	$0,3\sqrt{n}$	1/4000	$30\sqrt{L}$
	новых автомобильных дорог	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$

			(1/1000)	
	Трубопроводов с условным диаметром до 1000 мм свыше 1000 м	$1{,}5\sqrt{n}$ $1\sqrt{n}$	1/1000 1/2000	$50\sqrt{L}$ $50\sqrt{L}$
	Линий электропередачи, связи, канатно-подвесных дорог	$1{,}5\sqrt{n}$	1/1000	$50\sqrt{L}$
	Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
2	Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов	$1\sqrt{n}$	1/2000 (1/1000)	$50\sqrt{L}$
3	Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог			
	базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах,	$0{,}3\sqrt{n}$	1/4000	$30\sqrt{L}$
	Съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов	$1\sqrt{n}$	1/2000	$50\sqrt{L}$
4	Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой)	-	1/2000	-

Нивелирование трассы и установка реперов

По всем пикетам и плюсовым точкам трассы прокладывается ход технического нивелирования.

При пересечении трассами водотоков нивелируются урезы воды и уровень горизонта высоких вод (ГВВ). ГВВ определяется по местным признакам или опросу жителей близлежащих деревень.

При пересечении с железными дорогами нивелируются головки рельсов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

В начале, конце трассы на переходах через водотоки, железные и автомобильные дороги, коридоры коммуникаций устанавливаются временные репера.

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

- по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;
- по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

Репера устанавливаются в местах обеспечивающих их сохранность на период строительства и эксплуатации. В качестве временного репера можно использовать окружающее сооружения: опоры, скважины, мосты, фундаменты и т.д.

Закрепление трассы

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не реже чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными столбами, металлическими трубами и уголками с табличкой и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

Знаки маркируются масляной краской. На знаке подписывается название трассы, наименование или номер закрепительного знака, пикетное значение или расстояние до оси трассы (для вынесенных знаков), год установки и название организации.

На все закрепленные точки и репера составляются кроки.

Геодезические знаки (реперы), закрепляющие ось трассы линейных сооружений, подлежат использованию в качестве разбивочной основы при последующем строительстве и должны быть переданы по акту заказчику или указанной им организации.

Съемка пересечений линий электропередач и связи

При пересечении линий электропередач и связи должны быть определены:

- пикетажное значение и угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой;
- отметки земли и расстояние до нижнего провода в месте пересечения;
- расстояние от трассы или оси пути до центров двух ближайших опор ЛЭП (ЛС) справа и слева от пересечения (подписывается на опорах);
- отметки земли и нижнего провода на опорах справа и слева от пересечения; материал и форма опор, система подвески, количество проводов и изоляторов.

При съемке составляют абрис пересечения, в котором должны быть указаны: температура воздуха в момент измерений, марка проводов и кабелей, пункты, соединяемые ЛЭП (ЛС), ведомственная принадлежность и адрес владельца (по специальному заданию). Кроме того, составляют эскизы всех опор, с указанием номера, формы и материала опор, числа, длины и сторонности траверс на опорах, количества проводов и изоляторов.

Для ВЛ с горизонтальным расположением проводов, пересекаемых под углом менее 60°, необходимо определять высоту каждого провода и троса в месте пересечения.

Пикетажные значения, угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой и расстояния до ближайших опор можно определять по топографическому плану.

Верх подвески проводов и низ провиса следует определять тригонометрическим нивелированием при измерении вертикального угла при двух положениях вертикального круга, вычисляя место ноля прибора на станции. Отклонение места ноля прибора от значения, определенного ранее, должно быть не более ±Г. Расстояние от прибора до проекции проводов на землю при измерении нитяным дальномером или рулеткой должно быть не менее удвоенной высоты провода над землей.

Съемку пересечений и определение высот подвеса проводов ВЛ напряжением до 20 кВ и ЛС выполняют с одной станции, а ВЛ напряжением 350 кВ и выше - с двух независимых станций.

Высоты проводов над их проекциями на землю вычисляются по формуле:

$$Hпр=Hст+i+D*tg\ v$$

Где: Нпр - высота определяемой точки; Нст - высота точки стояния инструмента; D - расстояние от инструмента до определяемой точки (горизонтальное проложение); ν - угол наклона на определяемый провод; i - высота инструмента над точкой стояния инструмента.

Вычисление по формулам выполняется непосредственно после проведения измерений. Расхождение в вычислении отметок между двумя значениями измерений с двух стоянок инструмента не должны превышать ±20 см.

При измерении расстояний до проекции проводов рейку нужно устанавливать точно под проекцией проводов и троса, но не около опор или оси пересекаемого сооружения.

Напряжение ЛЭП в поле можно определить по типу опор и количеству изоляторов:

- ЛЭП 6-10 кВ - опоры бетонные или деревянные на бетонном пасынке высотой до 10 м, количество изоляторов 1 или по 2 в местах переходов через дороги и коммуникации, количество проводов 3;
- ЛЭП 35 кВ - опоры, в основном, бетонные, круглые, высотой 10-15 м, угловые опоры, в целом, металлические фермовые, количество изоляторов на проводе 3-5, количество проводов 3 или 6;
- ЛЭП 110 кВ - опоры бетонные круглые или металлические фермовые высотой 15-20 м, количество изоляторов 6-10, количество проводов 3 или 6, по верху опор обычно идет трос заземления.

Иногда на опорах подписано напряжение и номер фидера. Напряжение ЛЭП уточняется при согласованиях в эксплуатирующих организациях.

Полевые документы

Все записи при производстве полевых топографо-геодезических работ следует вести в угломерных, нивелировочных, тахеометрических, аб-

рисных журналах и пикетажных книжках установленной формы карандашом (шариковой ручкой) (ВСН 208-89). Зарисовки снимаемых объектов в абрисных и тахеометрических журналах должны быть четкими и иметь в необходимых случаях краткие характеристики снимаемых объектов.

При съемке ситуации способом полярных координат и угловой засечки все записи угловых и линейных измерений следует вести в абрисном журнале.

При съемке ситуации способом ординат промеры по съемочному ходу (абсциссы) записывают вблизи него перпендикулярно ходу, поперечные промеры (ординаты) - около изображений снимаемых объектов, параллельно съемочному ходу. При насыщенной ситуации результаты промеров записывают в вычерчиваемую сбоку сетку.

Все здания в абрисном журнале должны быть пронумерованы порядковыми номерами, а сведения о них приведены в особой ведомости, помещаемой на одной из страниц того же журнала.

Все страницы полевых журналов должны быть пронумерованы.

Перед выдачей исполнителям работ журналы должны быть подписаны начальником партии (отряда). При съемке больших объектов следует составлять указатель, с помощью которого можно было бы быстро разыскать записи любого элемента работы.

При производстве топографо-геодезических работ с использованием электронных и электрооптических тахеометров или светодальномеров запись результатов измерений должна производиться на магнитный носитель (при автоматизированной регистрации результатов измерений) или в специальных журналах.

В результате выполненных полевых топографо-геодезических работ изыскательской партией должны быть представлены следующие материалы:

- полевые журналы с вычисленными элементами угловых и линейных измерений, пикетажные книжки, а также файлы электронных тахеометров (при автоматической регистрации результатов измерений);
- схемы ходов геодезической съемочной сети и привязок к пунктам государственной геодезической сети;
- топографические карты (схемы), на которых показаны трасса и границы съемок;
- ведомости вычислений и каталог координат и высот пунктов съемочной геодезической сети;
- ведомость реперов;
- инженерно-топографические планы (если их составление в поле предусмотрено программой изысканий);
- схемы пересечений ЛЭП (ЛС) и других коммуникаций;
- схема закрепления трассы;

- акт приемки материалов завершенных инженерных изысканий;
- акты сдачи трасс и материалы согласований.

12 ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗМОЖНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В настоящее время физико-механические и компрессионные свойства пород-коллекторов Марковского месторождения практически не изучены. Исходя из этого, значение модуля упругости и коэффициента Пуассона в расчетах оседаний земной поверхности принимались из известных зависимостей, а параметры упрочнения – по аналогии с другими месторождениями.

В механике горных пород известен тот факт, что точечные лабораторные испытания (проводимые, как правило, по кернам) не моделируют поведение массива горных пород в целом и не отображают в достаточной мере его физико-механические свойства. Влияние слоистости, трещиноватости, факторов выветривания и других структурных особенностей приводит к тому, что прочность и модуль упругости массива может быть более чем на порядок меньше соответствующих величин в образце.

Поэтому для исследования свойств горных массивов проводят крупномасштабные натурные испытания на соответствующем оборудовании, позволяющие получить наиболее достоверные данные о прочности и деформируемости массивов. Однако, выполнение таких работ характеризуется значительной трудоемкостью и требует больших затрат. В практике применяют различные эмпирические и теоретические методы оценки (перехода) к упругим и прочностным свойствам горных массивов по данным лабораторных испытаний образцов пород.

Один из способов оценки прочностных свойств массива заключается в использовании коэффициента структурного ослабления. Среди эмпирических методов можно отметить методику К.Л. Тер-Микаэляна.

Выполненный комплекс работ по прогнозу параметров процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при добыче углеводородов на месторождении показал, что прогнозные максимальные оседания земной поверхности находятся в пределах 330-340 мм (рис. 49). Приведенные величины не представляют существенной угрозы для промышленных, гражданских сооружений и объектов обустройства нефтепромысла.

Тем не менее, исходя из предварительных расчетов и полученных возможных величин оседаний массива пород, можно примерно оценить некоторые ситуации. Одними из важных показателей, характеризующих процесс сдвижения и безопасность наземных сооружений, являются наклоны и кривизна. Если обратиться к рис. 1, отражающим показания расчетных оседаний земной поверхности при отработке Марковского месторождения, и предположить, например, что произойдет одностороннее

оседание земной поверхности над нефтяным пластом, то получим следующее значение наклонов из формулы

$$i = (\eta_i - \eta_{i-1})/L$$

где $\eta_i - \eta_{i-1}$ – значение оседаний переднего и заднего пунктов наблюдения; L – горизонтальное расстояние между пунктами.

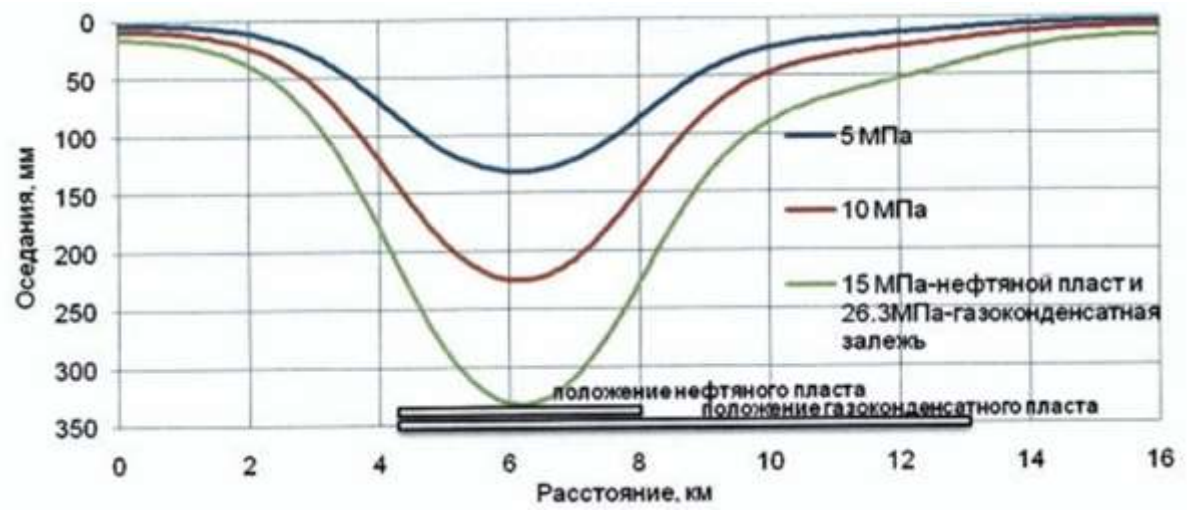


Рисунок 49 – График положения расчетных оседаний при отработке месторождения

Предположив, что η_i = о, η_{i-1} = 0,340 м, L = 2000 м и подставив эти величины в формулу (1), получим

i = 0,340 м/2000 м = 0,17 · 10^{-3} при допустимой (критической) величине наклона i = 4,0 · 10^{-3} для зоны опасного влияния и углов сдвижения [6].

Кривизна определяется по формуле

$$k = (i_n - i_{n-1})d_{ср}$$

где $d_{ср} = (d_n - d_{n-1})/2$ – полусумма горизонтальных длин последующего и предыдущего интервалов.

Подставив в формулу (2) соответствующие значения, получим

k = 0,17/2000 = 0,08 · 10^{-6} при допустимой величине k = 0,2 · 10^{-3}.

Для 100 метрового участка в таком случае i = 3,4 · 10^{-3}, k = 0,03 · 10^{-3} ,что также меньше допустимых величин.

Таким образом, даже предполагаемая и, в принципе невозможная ситуация деформации земной поверхности не может нанести вред охраняемым объектам.

Однако в районах структурных неоднородностей верхней части горного массива существует возможность локальных концентраций деформаций на земной поверхности, что может представлять опасность для объек-

тов инфраструктуры, (для чего в последующем, возможно потребуется выполнить геодинамическое районирование территории месторождения).

Тем не менее, при разработке нефтегазовых месторождений наибольшему техногенному воздействию подвержены природные ландшафты. Под влиянием хозяйственной деятельности происходит их изменение: нарушается естественный профиль почвенно-растительного покрова вплоть до его полного уничтожения, что нередко приводит к образованию начальных эрозионных форм. В результате техногенного воздействия в условиях криолитозоны на границе поверхность-порода нарушается уровень теплообмена, следствием чего является полная деградация многолетнемерзлых пород или снижение ее границ. Оттаивание мерзлых глинистых грунтов сопровождается термокарстовыми просадками на десятки сантиметров и более.

Для добычи строительного камня на площади месторождения, как правило, активно осуществляется разработка карьеров. При разработке карьеров происходит нарушение естественных горно-геологических условий, создание техногенных и природно-техногенных склонов, активизация оползневых процессов.

При разработке месторождения требуется большой объём технической воды с целью поддержания пластового давления (ППД). Источником воды могут служить как поверхностные, так и подземные воды. Последствия изменения их состояния в условиях массового водоотбора трудно оценить, особенно в случае недостаточных ресурсов. При длительной эксплуатации подземных вод, имеющих ограниченное распространение в условиях криолитозоны, возможно истощение запасов и осушение водоносных горизонтов. В условиях связи подземных вод с карбонатными породами, широко распространенными, к примеру, на Верхнечонском месторождении, возможно проявление процессов суффозии. В результате длительной закачки поверхностных вод непредсказуемы изменения гидрологического режима поверхностных водотоков.

Отсюда явствует однозначный вывод: даже при всех предварительных положительных расчетах и выкладках по воздействию извлечения нефти из недр на состояние земной поверхности, маркшейдерско-геодезический мониторинг за охраной недр и рельефом поверхности с использование геодинамического полигона на Марковском нефтегазовом месторождении необходим.

12.1-Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ

12.1.1 Общие требования к центрам

Геодезические сети представляют собой совокупность закрепленных точек на земной поверхности с известными координатами, высотами или значениями силы тяжести, отнесенными к центрам этих геодезических пунктов. Составные элементы центров геодезических пунктов, имеющих метки, к которым относят координаты, называют «марками» центров.

Существует два типа марок: одни закладываются в бетон, другие привариваются к трубе. На марке указываются начальные буквы организации, выполняющей работы, номер марки или репера. Для обеспечения лучшей сохранности и опознования на местности геодезические пункты имеют соответствующее внешнее оформление: наружный знак, канавы, курганы, опознавательные столбы или опознавательные знаки.

Геодезические пункты рассчитаны на использование в течение длительного времени и находятся под охраной государства.

Основными требованиями к конструкциям реперов являются незначительная их подверженность сезонным промерзаниям и пучениям грунтов, простота конструкции, удобство в работе.

Опорные и наблюдательные реперы изготавливают и закладывают с особой тщательностью, так как они обеспечивают сохранность и неподвижность закрепленных точек в плановом и высотном положениях на многие годы.

В настоящее время предложено достаточное количество различных конструкций центров геодезических пунктов, учитывающих их ценность и назначение, географические условия местности, характеристики грунтов. Реперы должны быть стойкими к пучению, механическим нагрузкам и химическому воздействию грунтового раствора. Поэтому типовые конструкции реперов выбирают с учетом климатических и физико-географических условий зон, а также в соответствии со схемами, приведенными на рис. 50 и51.

Установка пунктов геодинамического полигона должна обеспечивать их устойчивость, исключение влияния сезонных колебаний почвы и сохранность. Поскольку территория МГКМ относится к Северным районам, необходимо также учитывать наличие многолетнемерзлых пород.

В области сезонного промерзания грунтов глубину закладки центров вычисляют по формуле З = Г + 50 см (З – глубина закладки, Г – глубина промерзания грунта, см).

Закладку центров и реперов, как правило, выполняют с помощью механических средств; допускается установка котлованным способом.

При закладке центров должны соблюдаться требования «Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

Для закрепления исходных, опорных и рабочих пунктов базового назначения и GPS- сети, а также опорных пунктов профильных линий проектом рекомендована конструкция центров для местных условий в соответствии с инструкциями Роскартографии (ГУГК), а так же ведомственными методическими указаниями.

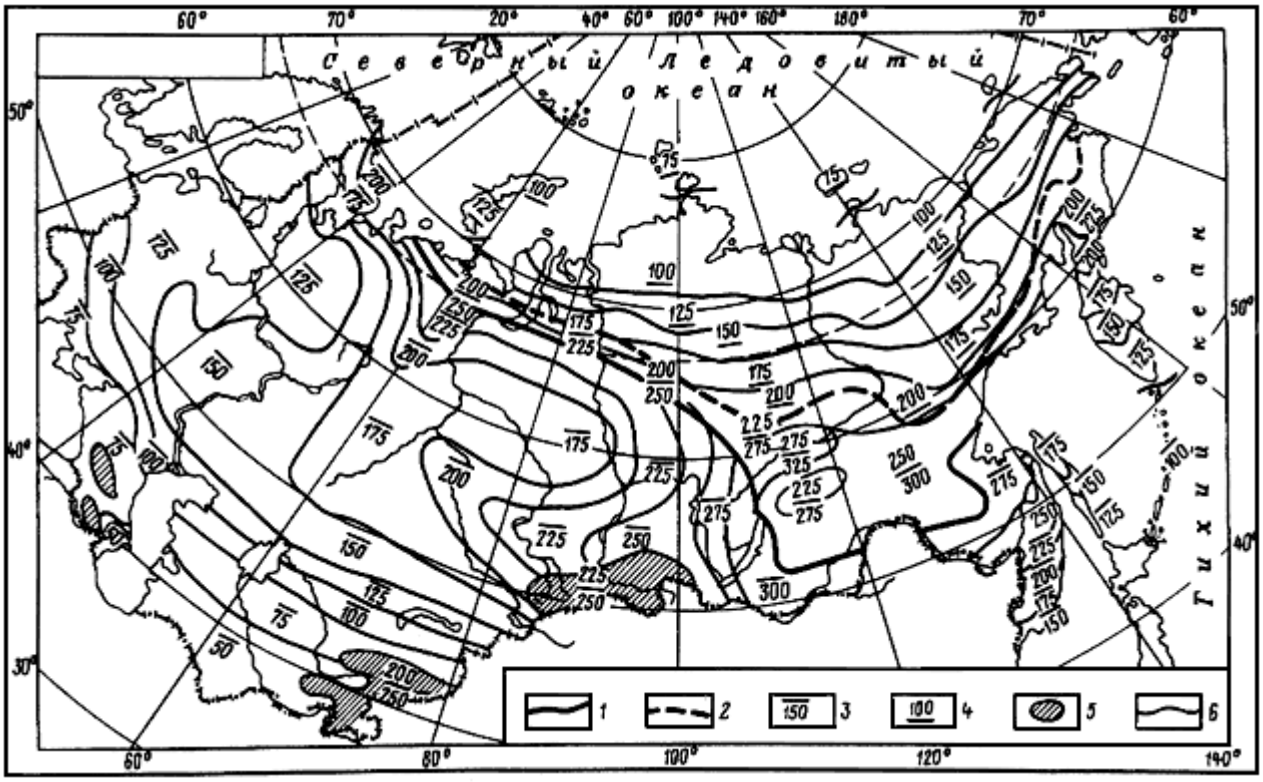


Рисунок 50 - Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров:

1 - южная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты; 2 - северная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты и южная граница области применения знаков, закладываемых в узкие скважины протаиванием или бурением; 3 - глубина промерзания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 4 - глубина протаивания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 5 - высокогорные области с преимущественно каменистыми породами и прерывистым распространением многолетнемерзлых грунтов; 6 - изолинии равных глубин промерзания (протаивания)

Основными требованиями, предъявляемым к глубинным и грунтовым реперам, является их сохранность и устойчивость. Рекомендуемый тип центра репера 2ГР с бетонным якорем отвечает этим требованиям.

Выбор типа продиктован необходимостью исключения влияния на репер сезонных колебаний почвы. Для повышения устойчивости репера рекомендуется увеличить глубину расположения якорной части:

- в местах, где скальные породы расположены близко к поверхности, достаточно внедриться в них на величину 2,0 м ниже глубины оттаивания;

- в местах распространения многолетней мерзлоты (если скальные породы располагаются глубоко) закладку якоря производить на глубину не менее 2,5 м ниже глубины оттаивания;

- в местах с сезонным промерзанием грунта глубину закладки якоря увеличить до 1,0-1,5 м ниже глубины промерзания;

- по возможности исключить закладку реперов на заболоченных участках.

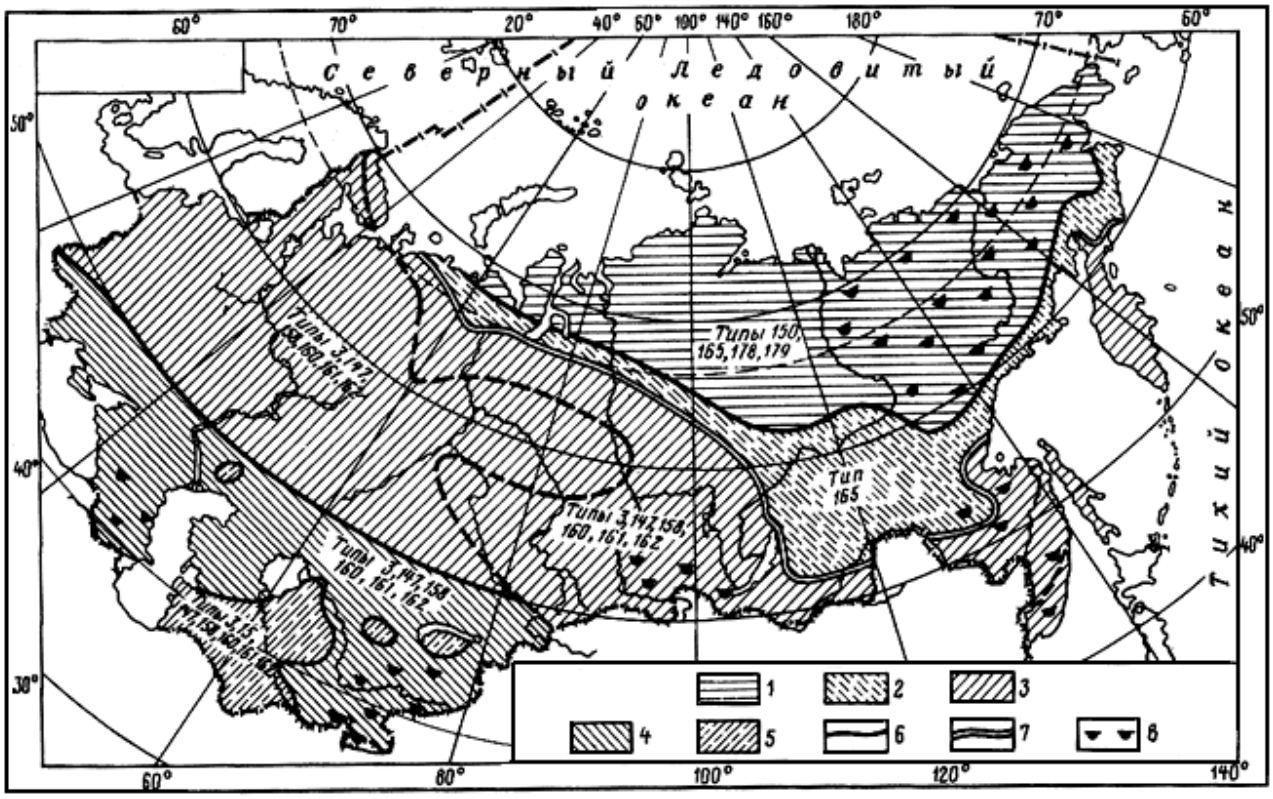


Рисунок 51 - Схема областей применения центров и реперов:

1 - средняя и северная зоны области многолетней мерзлоты; 2 - южная зона области многолетней мерзлоты; 3 - северная зона области сезонного промерзания грунтов; 4 - южная зона области сезонного промерзания грунтов; 5 - область подвижных песков; 6 - границы между зонами с применением различных типов знаков; 7 - южная граница многолетней мерзлоты; 8 - области возможного применения скальных центров и реперов. В "Схему" не включены: 1. Вековые реперы (типы 173, 174, 175). 2. Фундаментальные реперы (типы 114, 161, 164). 3. Центры и реперы, закладываемые в скальных грунтах (тип 7, 8, 9, 92, 164). 4. Образцовые базисы (тип 181, 187). 5. Стенной центр (репер) (тип 143). 6. Центр (репер) для заболоченных территорий (тип 183 и 188)

12.1.2 Закладка наблюдательных реперов

Центры опорных и рабочих реперы устанавливаются в скважины диаметром 150—400 мм. Бетонируемая часть репера должна располагаться на 500—700 мм ниже глубины промерзания грунта *hu.* Глубина промерза-

ния грунта *hu* практически всегда известна для каждой климатической зоны.

Глубина закладки реперов выбирается с учетом геологических и местных условий участка проведения работ: мощностью залегания коренных пород на склонах, равной 1,5-2,5 м; глубиной промерзания или оттаивания; мощностью осадочных пород. В связи с этим глубина закладки якоря составит 2,5-4,0 м.

Способ закладки реперов зависит как от места расположения пункта, так и от глубины закладки: в крепких породах применяется механизированная закладка, в мягких не глубоких наносах – котлованная, ручная.

Рядом с центром оборудуется сторожок. Он представляет собой столбик из асбоцементной трубы высотой 1 м, выступающий над земной поверхностью. На сторожке помещается табличка с подписью имени (номера), принадлежности конкретной сети и даты закладки. Каждый пункт обносится металлической оградкой размерами 2 м×2 м×1,5 м (рис. 2.3), выкрашенной в сигнальный цвет, что позволяет легко различить пункт на фоне остального естественного пейзажа (фона).

Обустройство всех пунктов геодинамических полигонов должно соответствовать следующим требованиям:

- центры устанавливаются в местах, пригодных для производства спутниковых наблюдений. Под этим понимается отсутствие естественных препятствий, мешающих уверенному приему сигнала от спутников (древесная и кустарниковая растительность, металлические конструкции, здания и сооружения), а так же отсутствие радиопомех;
- место закладки должно обеспечивать его сохранность при производстве работ, а так же сохранность оборудования устанавливаемого на него;
- расположение центра должно быть легкодоступным и безопасным для исполнителей, с возможностью продолжительного нахождения на пункте;
- уровень грунтовых вод в местах закладки центров должен находится не ближе 5 м от поверхности земли.

Материалами для изготовления бетонных центров и реперов служат цемент, песок, щебень (гравий), вода. Наилучшим цементом для изготовления бетонных центров считается портланд-цемен. Он обеспечивает высокую прочность бетона и быстрое твердение. Можно использовать глиноземный и ангидрито-глиноземный цемент марки 300-500.

Качество бетона зависит от чистоты заполнителей, а также от качества и количества воды, от тщательности перемешивания сухой бетонной смеси и бетонного раствора. Количество глинистых и землистых примесей в песке не должно превышать по массе 5 %, а в щебне и гравии – 20 %. Заполнять якорную часть бетоном следует не позже чем через 30 мин после

его изготовления. Для приготовления бетонной смеси на базах можно применять бетономешалки и растворосмесители, для уплотнения – вибраторы.

Для защиты труб и бетона от коррозии их покрывают битумом, эпоксидной смолой, хлорвиниловой липкой лентой и другими средствами.

Перед закладкой центров заранее заказываются и выполняются металлические и другие детали пункта, осуществляется бурение скважин под центры, доставляются все материалы, необходимые для закладки и обустройства пункта.

По окончании закладки центров и реперов представляются документы:

- акт о сдаче геодезических пунктов и наблюдательных реперов для наблюдения за сохранностью;
- журнал закладки;
- карточка закладки пунктов (Приложение 2).

Ниже приводятся некоторые конструкции центров, наиболее подходящие для закладки в условиях Марковского месторождения.

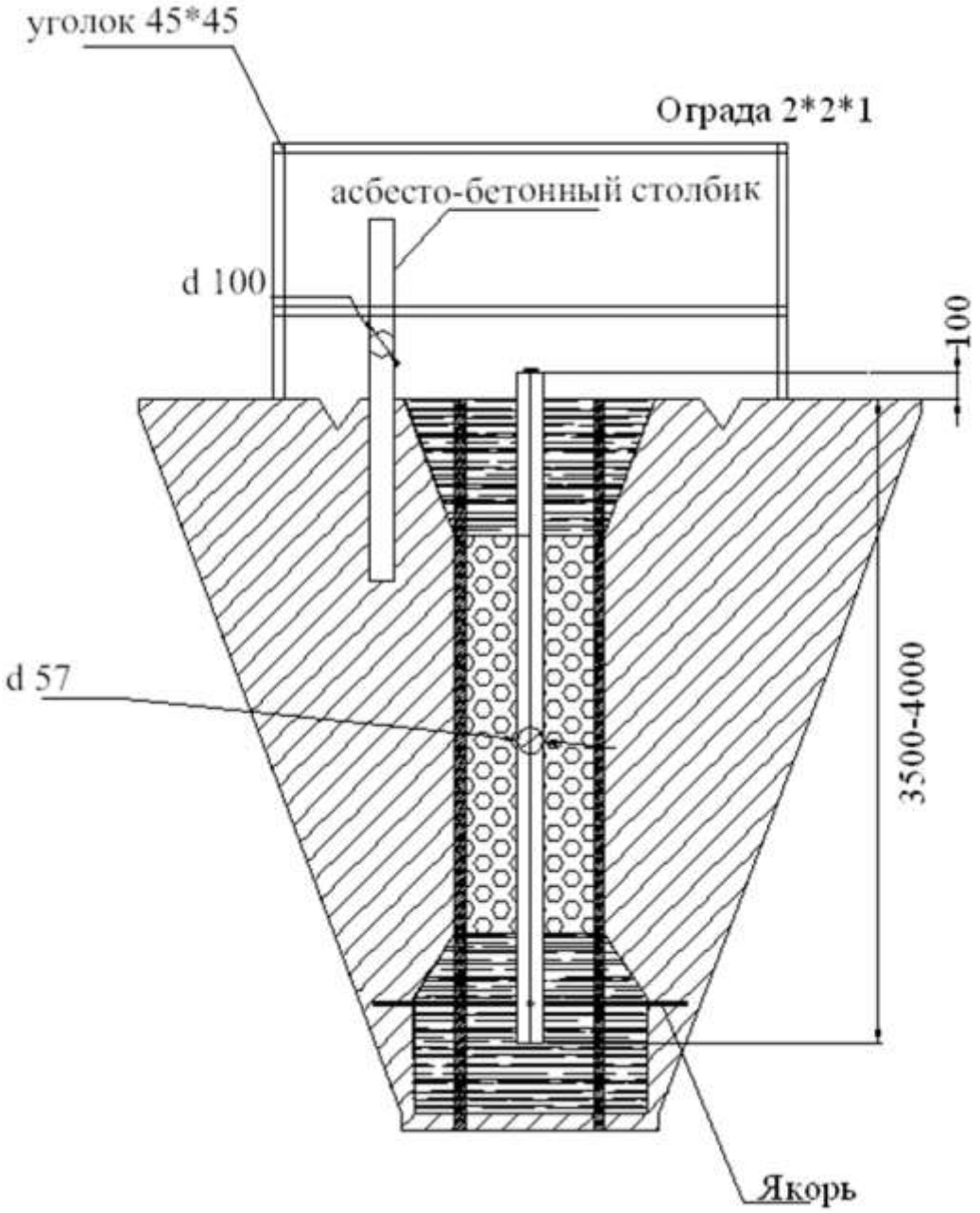


Рисунок 52 - Модель грунтового центра

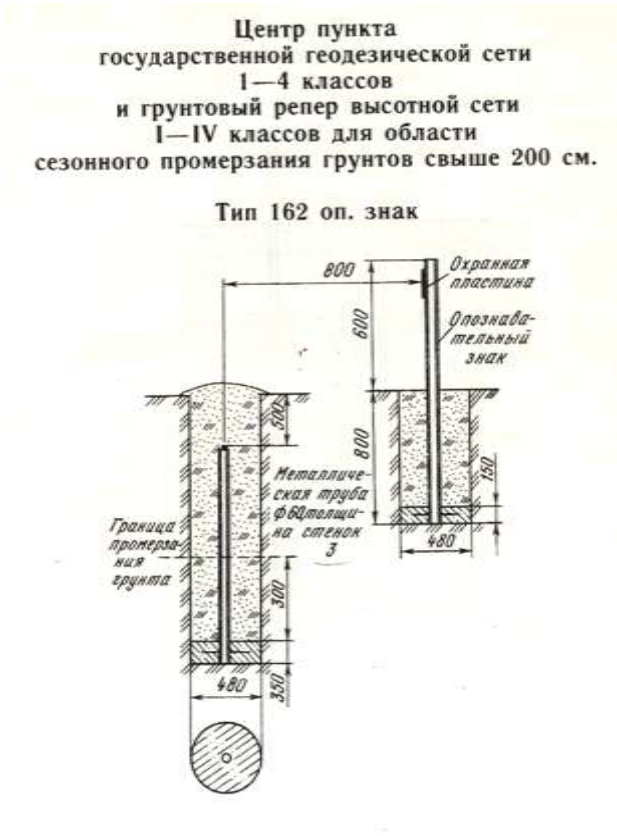


Рисунок 53 - Конструкция пункта геодинамического полигона «Тип 162»

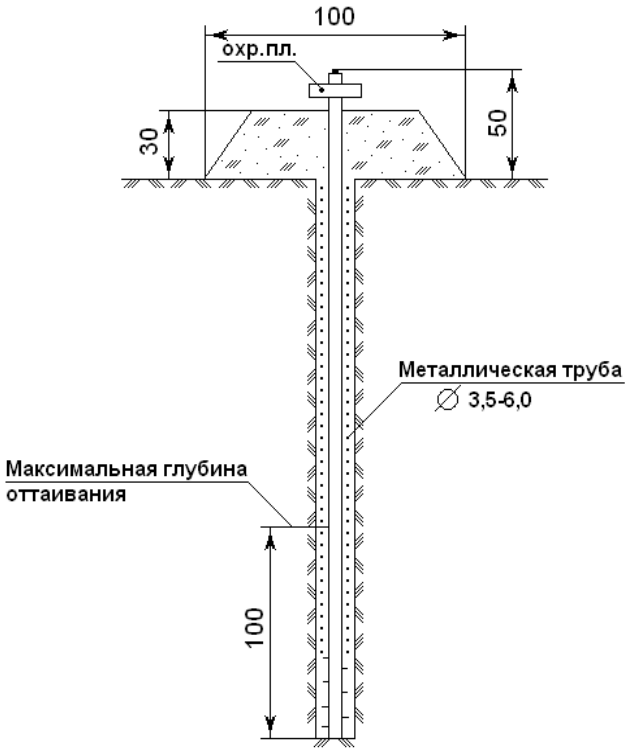


Рисунок 54 - Конструкция пункта геодинамического полигона «Тип 179» (размеры даны в см)

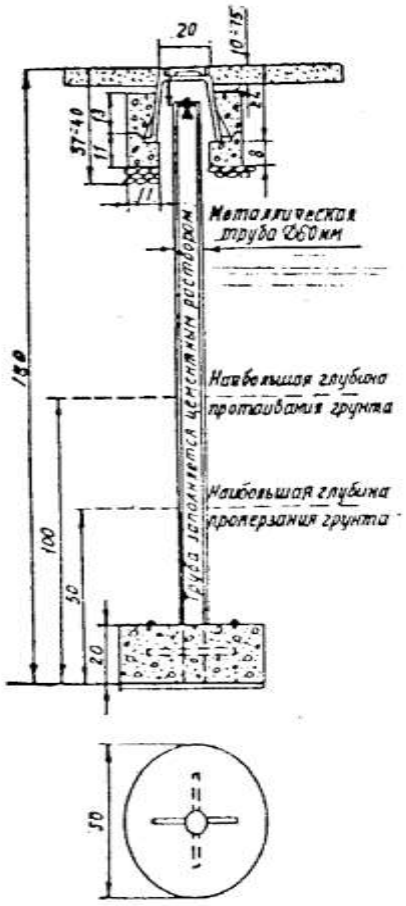


Рисунок 55 – конструкция репера тип 2ГР

Пространство между центром и стенками скважины заполняется гравием и грунтом, который затем утрамбовывается. Для защиты верха центра от различных внешних воздействий, он закрывается откидной металлической крышкой.

Разработка оптимального регламента системы геодинамических наблюдений на полигоне

12.2 Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов

Традиционно, для наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях твердых полезных ископаемых на поверхности закладывают наблюдательные станции, состоящие их профильных линий. Причем типовая наблюдательная станция состоит из одной-двух прямолинейных профильных линий, располагаемых вкрест простирания и одной профильной линии, располагаемой по простиранию пласта в главных сечениях мульды сдвижения. Длины профильных линий определяются границами разработок с учетом расстояний, получаемых при проведении линий от границ разработки под углами сдвижения до пересечения с поверхностью. На расстоянии 30-50 м от этих границ закладывают по

одному-два опорных репера с расстояниями между ними равными 30-50 м. Интервалы между рабочими реперами в зависимости от глубины разработки (обычно составляющих 300-600 м, исключение – Норильск, 2 км.) выбирают от 5 до 30 м.

Полная серия наблюдений на таких станциях включает определение высотных отметок реперов (нивелирование) и определение расстояний между реперами. В результате обработки измерений получают значения оседаний реперов, горизонтальные сдвижения, горизонтальные деформации, наклоны, кривизну и сравнивают эти величины с допустимыми величинами. Метод контроля считается надежным.

Нефтегазовое месторождение разрабатывается на глубине 2150-2585 м и имеет размеры по площади 17,4 на 10 км. При таких несоизмеримых размерах месторождения и тяжелых условиях для выполнения работ, применение данного метода практически неприемлимо. Исключение могут составлять отдельные участки.

Учитывая вышеизложенное, проектом рассматривается создание варианта трех уровневой конфигурации формирования маркшейдерско-геодезического обоснования. Геодинамический полигон месторождения представлен серией исходных, опорных и рабочих пунктов геодезических сетей различного назначения, при создании которых предусмотрены следующие принципы.

1. ***Исходные*** пункты располагаются за зоной влияния процессов сдвижения, определяемой граничным углом сдвижения (60º – по результатам моделирования, с учетом поправки) и, по возможности, вдали от границ тектонических разломов и элементов линеаментной сети. Настоящим проектом предусмотрено включение в систему наблюдений пяти исходных пунктов, расположенных по периметру месторождения: Большая Рассоха, Елань, Сенная, Мысовая, Марково. Пункт «Оболкино» является временным (в тоже время центральным) и служит для осуществления геометрической связи между исходными пунктами.

2. ***Опорные*** пункты располагаются внутри треугольников, образованных центральным пунктом «Оболкино» и остальными пунктами исходной сети, составляя локальную сеть второго уровня (сеть пунктов GPS), покрывающую места расположения производственных объектов нефтепромысла.

Пункты GPS - сети, по возможности, должны быть совмещены с пунктами ГГС и реперами государственной нивелирной сети, исходя из условий сохранности и радиовидимости. Условия радиовидимости на всех пунктах сети должны быть близки к идеальным: в поле зрения антенны приемника от 15° над горизонтом и выше не должно быть посторонних предметов во время проведения сеанса наблюдений.

3. ***Рабочие*** реперы (пункты) закладываются по обе стороны тектони-

ческого нарушения и непосредственно возле контуров промплощадок и промышленных сооружений нефтепромысла, обеспечивая контроль за оседаниями охраняемых объектов (приложение 1).

4. ***Пункты маркшейдерско-геодезической сети*** располагаются вдали от трансформаторных станций, ЛЭП и других объектов, способных создавать внешние электромагнитные поля.

5. ***Наблюдательные реперы*** закладываются в благоприятных условиях с точки зрения инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков оврагообразования и т.п.

6. ***Все пункты-реперы*** геодинамического полигона должны по возможности располагаться так, чтобы на них была обеспечена оперативная доставка исполнителей и оборудования различным транспортом.

7. Не рекомендуется изменять имеющуюся геометрию сети в последующих циклах наблюдений (при условии сохранности пунктов).

Для определения координат опорных и рабочих реперов наблюдательных станций используют исходные пункты, в качестве которых могут служить государственные геодезические сети.

При создании GPS-сети также необходимо соблюдать следующие условия:

- рабочие, опорные и исходные пункты должны образовывать сеть связанных многоугольников в виде плоской или объемной фигуры;

- направления и количество измеряемых векторов в сети рекомендуется определять методом оптимальной триангуляции, т.е. триангуляции с минимальным количеством сторон и суммарной длиной ребер.

При этом геометрическое построение сети выполняется таким образом, чтобы при необходимости обеспечить дальнейшее сгущение пунктов в выделенных динамически напряженных зонах. Кроме того, сеть должна быть такой конфигурации, чтобы все объекты наблюдений находились "внутри" границ внешних векторов сети. Это условие необходимо для правильной трансформации результатов наблюдений из геоцентрической системы координат в прямоугольную.

Проектная схема геодинамического полигона (см. приложение 1) включает пять участков. Такое разделение обусловлено значительными размерами месторождения и поэтапным развитием работ по добыче нефти из недр. Исходя из этого, работы по сгущению наблюдательной сети (закладка опорных и рабочих пунктов) производятся также поэтапно, по мере развития инфраструктуры нефтедобывающего комплекса. Это позволит экономить материальные затраты и распределять их во времени.

Проектом также предусматривается закладка опорных и рабочих реперов на перспективных участках месторождения.

Участок № 1, предназначен для наблюдения за сдвижением земной

поверхности, вызванного извлечением из недр нефти и служит связующим звеном в геометрической системе наблюдений. Определение местоположения профильных линий, предназначенных для наблюдения за оседанием земной поверхности вследствие откачки воды, в настоящее время затруднено в связи с отсутствием проекта куста гидроскважин и схемы их расположения. Поэтому схему расположения реперов наблюдательной станции в районе гидрокуста целесообразно составить в виде дополнения к техническому проекту (программе) после изучения данных проекта подземного водозабора.

Участок № 2 сформирован для наблюдения за сдвижением земной поверхности, вызванного добычей нефти, оценки активизации тектонических разломов и состоит из 2-х опорных пунктов, совмещенных с пунктами ГГС. Закладка парных рабочих реперов в количестве 5-ти предусматривается вдоль тектонического нарушения по реперу с каждой его стороны.

Участок № 3 на данный момент времени является краевым в системе наблюдений за земной поверхностью. Является связующим звеном в измерениях и совмещен с пунктами ГГС и опорной маркшейдерской сетью через 2 опорных пункта.

Участки № 4 и № 5 являются основными по добыче нефти, поэтому проект предусматривает наибольшее сгущение сети. В его состав входит 8 опорных и 23 рабочих пунктов, 4 из которых совмещены с опорными пунктами, 21 репер образуют профильную линию для геометрического нивелирования II класса и используются в целях оценки активизации тектонических разломов, наблюдением за земной поверхностью с развитием работ по откачке нефти.

Участок № 6 – перспективный. Здесь закладываются рабочие реперы у скважин Р-11, Р-30, Р-33 с целью определения начальных наблюдений с последующим подключением к ним дополнительных рабочих реперов и слежением за поведением земной поверхности в результате откачки нефти. Далее планируется разбить участок № 5 на 2 фигуры, переориентировав систему на центральный, временный пункт ГГС «Оболкино».

Участок № 7 также перспективный. Предназначен для наблюдения за сдвижением земной поверхности в результате извлечения нефти и оценки активизации тектонических нарушений. К наблюдениям подключаются рабочие реперы, закладываемые вдоль тектонического шва и являющиеся продолжением продольной линии парных рабочих реперов участка № 2.

Дополнительные участки № 6, 7 включены для решения о необходимости проведения наблюдений, которые следует принять на завершающем этапе эксплуатации месторождения, исходя из результатов наблюдений на других участках.

На участках профильных линий, примыкающих к тектоническим разломам (по 500 м в обе стороны от точки пересечения), расстояния между реперами сокращаются до 100 м, согласно требований инструкции [4].

12.2.1 Методика и точность измерений

Все опорные пункты, служащие в некоторых случаях и в качестве рабочих реперов связаны между собой GPS-сетью.

При выполнении работ по определению координат и высот пунктов (реперов) используется комплект спутниковой аппаратуры, например, Trimble R8 GNSS ГЛОНАСС. Измерения на всех пунктах выполняются в статистическом режиме продолжительностью сеанса не менее одного часа.

До начала измерений составляется проект определения мест расположения опорных пунктов. При проектировании построена сеть в виде цепочек треугольников, позволяющая в дальнейшем произвести контроль плановых и высотных координат пунктов. В сеансе измерений отдельная станция устанавливается на определяемые пункты, которые в дальнейшем являются исходными пунктами при продолжении цепочки.

Наблюдения выполняются в периоды, когда в созвездии спутников участвует не менее 6-ти спутников (как правило, 12-14) и их расположение соответствует схеме: один спутник расположен над определяемой точкой, остальные - по всему горизонту. С целью уменьшения ионосферной и тропосферной рефракции, спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее 10° при измерениях не учитываются.

Для исключения явления рассеивания радиосигналов спутников, определяемые пункты (реперы) обеспечиваются открытыми площадками (50х50 м). Наблюдения на пунктах ГГС выполняются при отсутствии на них наружного знака. Координаты пунктов получают в системе координат Киренского района с их трансформацией с помощью программного продукта TrimbleBusinessCenter 2.20.

Для привязки цепочки треугольников ГДП к пунктам геодезической основы месторождения, два приёмника устанавливались на исходных пунктах геодезической сети, каждый из которых пункт триангуляции не ниже 3 класса. Два других приемника устанавливались на пунктах геодинамического полигона. Как на исходных, так и на определяемых пунктах антенны устанавливаются над центрами на штативы, а там где возможно, на реперы с принудительным центрированием. Затем измеряется наклонная высота до середины прокладки приемника до начала наблюдений и по завершению. Высота измеряется в трёх точках антенны равномерно по окружности. Запись информации осуществляется синхронно на всех пунктах, включенных в сеанс наблюдений.

Периодичность записи 10 секунд, маска – 10 градусов (предварительно выбрана и подготовлена площадку для наблюдений с тем, чтобы обеспечить условия по маске).

Между сеансами производится повторная центрировка антенн.

Вычислительная обработка выполняется программами, обрабатывающими как GPS так и ГЛОНАСС информацию дважды – независимо дву-

мя исполнителями. Для вычисления отметок пунктов геодинамического полигона подключается модель геоида EGM96.

По завершению всех измерений и создания жесткой сети в виде цепочки треугольников, в ПО TrimbleBusinessCenter сначала выполняется свободное уравнивание в системе координат WGS-84, затем производится калибровка в местную систему координат по имеющимся пунктам триангуляции.

Большое количество пунктов, имеющих координаты в двух системах, а также избыточные измерения, позволяют с достаточной точностью получить координаты определяемых пунктов.

Ежедневно, при просмотре файлов данных с приемников производится непосредственный контроль качества записанной информации, т.е. проверяются допуски дисперсии, СКО, отношения векторов. Векторы должны обсчитываться с допустимыми значениями этих параметров. Контроль полноты осуществляется методом предобработки результатов спутниковых измерений. При этом фиксируются как факты недостатка информации, так и факты ее избыточности.

Достаточно большое количество избыточных измерений позволяет выполнять оценку точности спутниковых измерений в ПО TrimbleBusinessCenter, а также обеспечивать заданную заводом изготовителем:

в плане ±5 мм + 0,5 мм/км СКО;

по высоте ±5 мм + 1 мм/км СКО.

12.3--Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений

12.2.2 Схема нивелирной сети

Предварительным проектом [15] предусмотрена закладка реперов по ломаной профильной линии (графическое приложение 1) для выполнения по ним нивелирования II класса. Линия расположена вдоль берега реки Лены и пересекает Осинский горизонт с запасами C_1. Сеть нивелирования состоит из одной линии, расположенной вкрест простирания (падения пластового давления) залежи и тектонического нарушения. Ее длина составляет 11 км, количество закладываемых рабочих реперов 21 шт., количество опорных реперов 6 шт,

Проектирование такой линии можно сравнить с трассировочными работами, которые предусматривают камеральное и полевое трассирование.

Камеральное трассирование выполняется на стадии технического проекта с целью выбора основного направления трассы. Для этого пользуются топографическими картами (в данном случае масштаба 1:25 000) и намечают начальный, конечный и промежуточные пункты. Затем осуществляют полевое трассирование с целью определения наиболее опти-

мального положения трассы на местности. В результате таких изысканий местоположение наблюдательных пунктов и реперов может отличаться от проектного в силу различного рода непредвиденных ситуаций.

1. При выборе мест закладки реперов в натуре руководствуются следующими принципами:

1) реперы располагаются в непосредственной близости от основных промышленных сооружений газопромысла, т.к. основное назначение любой наблюдательной станции - исследование процессов сдвижения в районе сооружений, контроль развивающихся деформаций в подрабатываемых объектах;

2) реперы закладываются в благоприятных условиях с позиции инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков карстоообразования, участков оврагообразования и т.п. Профильная линия, по возможности, не должна проходить через сложный рельеф;

3) профильные линии должны, по возможности, проходить через эффективные максимальные нефте и газонасыщенные толщины продуктивных объектов и пересекать максимально возможное число структурных особенностей месторождения, т.к. геодинамика недр, прежде всего, определяется смещением по крупным тектоническим нарушениям и линеаментным структурам. Другим условием должно быть прохождение профильных линий через зоны прогнозного максимального падения пластового давления, т.е. фактически через зону максимальных оседаний.

2. При определении длины профильной линии реперов руководствуются, прежде всего, накопленными сведениями о граничных углах сдвижения на уже исследованных участках территории месторождения. Однако учитывая отсутствие таких сведений используются результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива при отработке месторождения, которые показали значение граничного угла сдвижения с поправками 60-55°, откладываемым от нижней границы водонефтяного контакта (ВНК), где должны располагаться кусты опорных реперов. По мере накопления результатов наблюдений величина граничного угла сдвижения уточняется.

3. Куст опорных реперов должен состоять не менее чем из трех опорных реперов, заложенных в вершинах треугольника со сторонами в среднем 50 м. Рекомендуется располагать опорные репера так, чтобы была возможность измерять превышения между ними с одной станции.

4. При определении расстояний между реперами использованы следующие положения.

Расстояние между рабочими реперами должно быть примерно одинаковым и составлять в среднем 500 м, т.к. прогнозируемые незначительные величины оседаний и горизонтальных смещений, а также большая глу-

бина разработки обуславливают возникновение плавной мульды сдвижений. Реперы, располагаемые через 500 м закладываются, по возможности, на возвышенных местах, не подверженных оползневым явлениям. В местах пересечения профильными линиями рек и крупных предполагаемых структурных особенностей горного массива рекомендуется сгущение реперов до 20-50 м и использование обычных реперов забивного типа. На данных участках земной поверхности дополнительно определяют горизонтальные деформации земной поверхности путем измерения расстояний между реперами стальными компарированными рулетками с применением жестких отвесов (конструкции ВНИМИ). Расстояния между реперами измеряют в прямом и обратном направлениях. Расхождение горизонтальных расстояний между крайними реперами прямого и обратного ходов не должно превышать 1/10000 длины профильной линии. Допускается использование светодальномеров и электронных тахеометров, дающих среднеквадратическую ошибку (СКО) измерения длины до 5 мм.

12.2.3 Априорная оценка точности геодезических наблюдений

По рабочим реперам профильной линии рекомендуется осуществлять нивелирование по методике II класса. Нивелирование между опорными реперами следует выполнять также по методике II класса. Программа и методика нивелирования II класса, выполняемого оптическими нивелирами, должна соответствовать программе и методике описанной в Инструкции по нивелированию I,II,III классов [8,10].

1. Перед началом очередной серии наблюдений определяются высотные отметки опорных реперов путем выполнения ходов подходного нивелирования от пунктов триангуляции. Допускается контроль высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов триангуляции, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений. Разность ежегодно получаемых высотных отметок опорных реперов от пунктов триангуляции, полученных из спутниковых наблюдений не должна превышать 10 мм. Высотные отметки всех опорных пунктов должны быть неизменны на протяжении всех циклов наблюдений. Если отметки опорных реперов, полученные из второй серии наблюдений сопоставимы (в пределах погрешности их определения) с отметками реперов, полученными из первой серии, разрешается производство наблюдений по рабочим реперам наблюдательной станции.

2. Периодичность наблюдений должна быть различной. В стадии пробной и опытно-промышленной эксплуатации месторождения, необходимо обеспечить проведение наблюдений один раз в год. По итогам этих исследований в течение трех-четырех последующих лет, при переходе в стадию промышленной эксплуатации в соответствии с «Технологической схемой разработки Марковского НГКМ», частоту наблюдений возможно принять два раза в год. В последующем рекомендуется дополнительно рас-

смотреть вопрос о проведении наблюдений с частотой раз в год или раз в два года, в зависимости от интенсивности развития деформационных процессов [3,4]. В случае возникновения сейсмических явлений или при интенсивном развитии процессов оседания (максимальное оседание - более 130 мм в год) необходимо выполнять наблюдения два раза в год.

3. При обнаружении мест концентрированных деформаций связанных с наличием тектонических нарушений, при наличии в данных местах инженерных сооружений (нефтепроводы, водоводы, кусты скважин, ДНС,

КНС, зон промышленной и гражданской застройки и т.д) рекомендуется увеличить количество выполняемых циклов наблюдений в таких местах до двух ежегодно.

4. При возникновении в районе месторождения техногенного сейсмического явления рекомендуется, по возможности, в кратчайшие сроки выполнить дополнительный цикл наблюдений.

5. Согласно требованиям Инструкции по нивелированию 1,11,III,IV классов, все высотные сети локальных и площадных геодинамических полигонов должны быть привязаны к высотной основе России для получения высот в единой Балтийской системе. Оба конца нивелирной сети для контроля точности нивелировки следует замкнуть на пункты государственной высотной сети. Допускается передача высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов высотной сети, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений, изложенной в разделе 2.7.

6. Перед производством работ инструмент и рейки необходимо тщательно поверять. Поверки оптического нивелира выполнить, согласно программе, изложенной в сборнике Инструкций по производству поверок геодезических приборов [18]. Соответствующие акты поверок приводить в отчете на проведение работ. При выполнении оптического нивелирования использовать только инварные рейки.

7. При выполнении нивелирования допускается использовать цифровые нивелиры, если инструменты сертифицированы для использования в нашей стране. Средние квадратические погрешности нивелирования, выполненного цифровым нивелиром должны соответствовать требованиям Инструкции по нивелированию I,II,III классов.

Программа и методика цифрового нивелирования должна соответствовать программе и методике для высокоточного нивелирования, изложенной в техническом руководстве пользователя.

Поверки цифрового нивелира выполнить перед выполнением работ согласно сервисным программам проверки и настройки прибора, изложенным в техническом руководстве пользователя.

Полевые журналы оптического нивелирования хранить в течение 5 лет. Сырые данные (файлы) цифрового нивелирования помещать на оптические носители и хранить до завершения отработки месторождения.

8. При камеральной обработке результатов наблюдений оптического нивелирования проверяется заполнение и состояния полевых журналов, контроль правильности выполнения полевых работ. Полевые журналы проверяются в две руки, в журналах осуществляется постраничный контроль.

Разность пяток реек на станции, контроль разницы превышений из прямого и обратного хода осуществляется непосредственно при полевых измерениях. Допуск разности превышений в секциях в миллиметрах вычисляется по формуле:

$$Д = \pm 5V\ L, мм,$$

где L-периметр секции при количестве штативов менее 15.

$$Д = +6V\ L, мм,$$

где L-периметр секции при количестве штативов более 15.

Среднее превышение в секции вычисляется как среднее арифметическое превышений из прямого и обратного ходов нивелирования

Уравнивание нивелирной сети рекомендуется выполнить как строгое уравнивание методом проф. В.В.Попова.

Абсолютные отметки каждого цикла наблюдений следует определять от опорных реперов по уравненным превышениям.

Суммарные оседания следует определять как разницу абсолютных отметок первого и текущего циклов наблюдений.

9. После окончания каждой серии наблюдений осуществляется обработка полевых измерений. Результаты наблюдений оформляются в соответствии с требованиями пункта 254 «Инструкции по производству маркшейдерских работ» РД 07-603-03. По результатам вычислений по каждой профильной линии на вертикальном разрезе строятся графики оседаний и, в случае необходимости, скоростей оседаний реперов, вертикальных (наклон и кривизна) деформаций. После очередной серии наблюдений графики пополняются. Графики горизонтальных сдвижений и деформаций строятся только для тех участков, где выполняются измерения длин линий между интервалами.

12.3--Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона

Изучение сдвижений и деформаций, происходящих в массиве требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений смещений реперов специально оборудованных наблюдательных станций - геодинамических полигонов. Жесткие требования к проведению подобного рода геодезических работ - обширные территории, охватываемые измерениями, высокий уровень точности определения величин сдвижений и деформаций, короткие периоды между сериями инструментальных измерений, все это предопределяет необходимость использования при проведении исследований современного высокоточного и производительного геодезического оборудования.

В настоящее время имеются две спутниковые системы определения координат: российская ГЛОНАСС (ГЛОбальная Навигационная Спутниковая Система) и американская NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging, Global Positioning System, т. е. «навигационная спутниковая система, обеспечивающая измерение времени и местоположения», «глобальная система позиционирования». Слово «позиционирование» означает «определение координат»).

Использование современной спутниковой технологии дает возможность для разработки метода выбора расположения пунктов геодинамического полигона в тех местах, которые наиболее интенсивно подвержены влиянию деформационных процессов, а не сточки зрения обеспечения прямой видимости между смежными пунктами.

При выполнении большинства геодезических измерений традиционными методами требуется не только прямая видимость, но и оптическая видимость между пунктами, следствием чего является необходимость выбора хороших условий видимости и соответствующего времени суток, что снижает производительность полевых работ. Спутниковые методы определения являются, по существу всепогодными, в результате чего измерения можно производить при любой погоде, в любое время суток и в любое время года, что очень важно, учитывая физико-географическую характеристику месторождения.

Системы ГЛОНАСС и GPS позволяют определять координаты точек на земной поверхности с высокой точностью:

$m = 5$ мм $+ D \cdot 10^{-6}$,

где D – расстояние между опорной (с известными координатами) и определяемой точками, км; m – средняя квадратическая ошибка определения приращений координат.

Основным режимом сбора данных для всех GPS съемок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от конкретного вида съемки, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS-84. Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных, сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах

обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS измерений и маркшейдерско-геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

Существуют несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS сети. Эти методы сбора данных со спутников различны по точности определения координат пунктов, времени наблюдений и производительности. Однако существует несколько условий, соблюдение которых необходимо для успешного выполнения любого вида GPS съемки:

1. Для выполнения геодезических GPS наблюдений векторов необходимо обеспечить одновременную работу как минимум двух GPS приемников, с последующим объединением накопленных ими данных.

2. Одновременный прием спутникового радиосигнала как минимум от четырех спутников, что бывает иногда затруднительно обеспечить в застроенных и залесенных районах.

3. Отсутствие в районе выполнение GPS измерений мощных работающих теле- и радиотрансляционных устройств, особенно с перископической схемой усиления радиосигнала, которые могут заглушать или искажать принимаемый со спутников радиосигнал.

Основные технологии GPS съемок приведены ниже, в таблице 15, в порядке возрастания точности определения координат.

Термин "статический" означает выполнение наблюдений с помощью неподвижного приемника, а "кинематический" - с помощью движущегося приемника. Временная потеря сигнала не так страшна для статического метода, как для кинематического.

Статическое абсолютное определение положения полезно, если нужна невысокая точность (от 5 м до 10 м), за сравнительно короткий интервал времени наблюдений. Кинематическое абсолютное определение положения используют для определения траектории транспортного средства в пространстве и времени с точностью от 10 м до 100 м).

Таблица 15 - Основные технологии GPS съемок

Название технологии, время измерения	Точность, м	Область применения
Навигационный режим, непрерывное слежение	10-15	Поиск точки по заранее известным координатам, поиск потерянных объектов по известным координатам, рекогносцировка местности.
Кинематика «real-time», 20-30 секунд на точку	0,1-0,3	Локальные топографические съемки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема.
Кинематика «continuous», непрерывное слежение	0, 05-0, 2	Локальные топографические съемки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала.
Кинематика «stop-and-go», 20-30 секунд на точку	0, 01-0, 03	Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала, создание съемочного обоснования.
Быстрая статика, 20-30 минут на точку	$(1\text{-}3)\cdot 10^{-3}$	Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км.
Статика, 40-60 минут на точку и более	$(1\text{-}3)\cdot 10^{-3}$	Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км.

Статическое относительное определение положения по наблюдениям фазы несущей в настоящее время является наиболее используемым геодезистами методом, и по-другому данный метод называется "статической съемкой". Принцип основан на определении вектора между двумя неподвижными приемниками. Различают "однобазовое" и "многобазовое" определения, причем последний термин применяют, если число пунктов превышает два. При статической съемке достижима относительная точность от 10^{-6} до 10^{-7}, что эквивалентно миллиметровой точности для баз длиной до нескольких километров.

Кинематическое относительное определение положения выполняется по одновременным наблюдениям на одном неподвижном и одном движущемся приемниках. Метод применяется там же, где и кинематическое абсолютное определение положения, но достигается более высокая точность. Точность в дифференциальном (по кодовым дальностям) определении находится на метровом уровне, а в относительном (по фазам несущей) методе достижима сантиметровая точность.

"Полукинематический" метод, или метод "остановки и движения" (Stop and Go), является комбинацией статического и кинематического относительных определений положения. В этом методе движение приемника чередуется с остановками в заданных пунктах. Наблюдения ведутся постоянно, но во время остановок накапливаются эпохи измерений и, соответственно, повышается точность определений. Метод часто называют просто "кинематической съемкой".

"Псевдокинематический" или "прерывистый статический" метод определения положения предполагает, что на интересующих пунктах наблюдения выполняют еще один раз (примерно через час после первого посещения пункта). Это делается для того, чтобы облегчить разрешение неоднозначности и получить более высокую точность. В основном эти цели достигаются вследствие изменения конфигурации сети спутников. При этом не требуется поддержания непрерывности сигнала между посещениями станции, и приемник во время движения можно даже отключать.

"Быстростатические" методы используют комбинации псевдодальностей и фаз несущей с целью выполнить быструю инициализацию (то есть разрешить неоднозначность) в статическом режиме. В этом случае требуются измерения как кода, так и фазы несущей, на обеих частотах. Наблюдения в течение 5 - 10 минут могут дать относительную точность 10^{-6}.

"Безостановочные (On-The-Fly)" методы позволяют выполнить инициализацию в кинематическом режиме, а не в статическом. Этот метод с использованием кодовых данных позволяет определять положения движущихся объектов с дециметровой и даже с сантиметровой точностью, если неоднозначности разрешены.

Выбор метода GPS съемки зависит, главным образом, от требуемой точности определения положений. При использовании одного приемника имеет смысл лишь определение координат одного пункта - "абсолютное определение положения" пункта. При этом не следует забывать, что неограниченный доступ возможен лишь к коду C/A, и что точность может быть искусственно ухудшена включением режима выборочного доступа (SA - Selective Availability). Более точный P-код в случае режима антиимитации (AS - Anti-Spoofing) или засекречивания P-кода доступен лишь пользователям, имеющим на это разрешение.

При использовании двух или большего числа приемников, один из пунктов служит корректирующей станцией, и на втором пункте достижимы более высокие точности. В дифференциальном режиме наблюдаются кодовые псевдодальности одновременно до четырех (обычно) или более спутников. Корректирующая станция вычисляет действительные поправки к наблюденным кодовым псевдодальностям. Эти поправки затем передаются различными средствами связи на неизвестные пункты,

приводя к уточнению независимо вычисленных положений. Поскольку Р-кодовые приемники обеспечивают точность кодовых дальностей на метровом уровне, с помощью дифференциального метода достижима субметровая точность определения положения. Следовательно, можно строить сети ниже третьего класса. Преимуществом метода кодовой псевдодальности является его нечувствительность к скачкам фазы и, до некоторой степени, к препятствиям около пункта. Значит, в лесных районах деревья оказывают на кодовые наблюдения меньше влияния, чем на измерения фазы несущей.

В настоящее время геодезические точности достижимы лишь при использовании измерений фаз несущей, выполненных в режиме относительного определения положений. Обработка вектора базы требует, чтобы фазы наблюдались одновременно на обоих концах базы. Следовательно, относительное определение положения было раньше возможно лишь в последующей обработке наблюдений.

Метод статической съемки является наиболее используемым, поскольку единственным основным требованием является относительное отсутствие препятствий для обзора неба на пунктах. Обычно для статической съемки нужно 60-120 минут наблюдений. Однако этот метод включает в себя использующий более короткие интервалы наблюдений (например, 10 минут) метод "широкой полосы (wide- line) или метод быстростатической съемки, основанный на быстром разрешении неоднозначности. Для длинных баз (> 50 км) обнаружение скачков фаз и разрешение неоднозначностей усложняется. В таких случаях может быть полезным использование дополнительных приемников в окрестностях обоих пунктов базы. Неоднозначности определяются для коротких баз и затем используются для определения неоднозначностей на длинных базах. Эта процедура называется "добавочным расширением (boot- strapping) сети. Обычно статическая съемка используется при государственных, областных и местных контрольных съемках, при фотоконтрольных съемках, при исследовании деформаций и границ плит.

Метод кинематической съемки является наиболее производительным в том смысле, что за наименьшее время можно определить положения наибольшего числа пунктов. Тогда как в статическом методе GPS требуется, чтобы спутники перемещались по небу, в кинематическом методе этого не требуется. Поэтому для кинематического метода является полезным предлагаемое совместное с GPS использование геостационарных спутников. Кинематическая съемка требует проведения тщательной рекогносцировки на местности, поскольку не только пункты остановок и неподвижные пункты, но и трасса между пунктами, по которой движется приемник, должны быть свободны от препятствий. Кинематический метод требует непрерывного сигнала от четырех или более спутников в течение всей съемки. На практике это означает, что движущийся приемник

не может проезжать под деревом или близко к столбу. Метод наиболее подходит широким открытым местностям с малым количеством препятствий, а также и для пригородов, где не слишком много больших деревьев нависает над дорогой. С помощью этого метода можно определять положение приемника, размещенного на наземном транспорте, движущемся по данному району по пересекающимся линиям. Трехмерные координаты этого приемника можно определить с высокой точностью (несколько сантиметров), так что возможно подготовить точную топографическую карту этого района.

Псевдокинематическая съемка наиболее близка к статическому методу. Такая съемка требует меньшего времени нахождения приемника в пункте, но нужно дважды побывать на обоих пунктах базы. Обычная схема наблюдений такова: пребывание на обоих пунктах в течение пяти минут, переезд к другим пунктам, и, через один час после первого посещения первой пары пунктов, возврат к ней для повторного наблюдения в течение пяти минут. Преимуществом этого 10-минутного (в сумме) интервала наблюдений, в отличие от 60-минутного, является наличие некоторого промежутка времени, потерянного на переезд к пунктам для повторного наблюдения. Псевдокинематический метод оптимален для ситуаций, когда пункты находятся вдоль дороги, по которой наблюдатели могут быстро двигаться в промежутках между наблюдениями на пунктах. Главным преимуществом метода является то, что за заданный интервал времени можно побывать на большем числе пунктов, чем при использовании обычного статического метода. В сравнении с кинематическим методом, допускается потеря сигнала, а число спутников не играет такой существенной роли. Слабой стороной метода является необходимость возвращения на пункты. Это ограничивает метод лишь локальными его применениями. Поэтому главным конкурентом метода является быстростатический метод определения положений, в котором нет необходимости вновь посещать пункты.

На практике лучше использовать комбинации этих трех методов. Например, статический и псевдокинематический методы можно использовать для установления широкой структуры сети контрольных пунктов и для установки пунктов на другой стороне препятствий, таких, как мосты. Кинематическую съемку можно применить для определения координат большой части пунктов, используя статические пункты в качестве контрольных и для проверки качества наблюдений. Для таких смешанных пунктов необходима тщательная рекогносцировка.

Для того чтобы иметь опорную сеть для последующих съемок и дать возможность преобразования GPS результатов к национальной системе координат, используют два типа контрольных GPS сетей: пассивные контрольные сети и активные контрольные сети. Пассивная сеть привязана к существующим триангуляционным монументам и высотным реперам. Недостатком такой сети является требование выполнения

наблюдений на многих пунктах и поддержка этих пунктов. Однако эта система подходит, когда имеются густые национальные триангуляционные сети и когда контрольная сеть служит другим целям, как, например, геодинамическим исследованиям.

Целями активной контрольной сети являются вычисление и распространение в (почти) реальном времени дифференциальных поправок для пользователей, имеющих лишь один приемник, а также вычисление точных эфемерид в процессе постобработки (в офисе). Сбор и распространение данных выполняется с помощью высокоскоростных наземных, а также спутниковых систем связи.

12.2.4 Организация и планирование полевых работ

Для успешного применения комплексов спутниковой геодезии при изучении процесса деформирования породного массива большое значение имеет организация и планирование полевых работ. Исследование деформаций породного массива в мониторинговом режиме, подразумевает многократное, от цикла к циклу, выполнение точных геодезических измерений на одних и тех же пунктах сети, по одной программе работ с дальнейшим анализом изменений геометрических взаимосвязей между реперами. Из этого вытекает важная особенность геодинамического полигона: возможность детального изучения условий проведения наблюдений на каждом пункте сети и использование их при планировании времени и периода проведения спутниковых измерений, специальная подготовка отдельных пунктов сети с целью устранения причин затрудненного или некачественного приема спутникового радиосигнала.

Точность спутниковых определений зависит от конфигурации спутникового созвездия в период выполнения приема. Влияние конфигурации спутникового созвездия на точность спутниковых определений характеризуется фактором понижения точности DOP (dilution of precision), представляющим собой отношение средней квадратической погрешности определения местоположения к средней квадратической погрешности измерения расстояний до наблюдаемых спутников. Фактор DOP имеет несколько видов, основные из которых приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Виды фактора понижения точности (DOP)

Вид DOP	Обозначение	Определяемые параметры
Геометрический	GDOP	координаты, высота, время
Позиционный	PDOP	координаты, высота
Горизонтальный	HDOP	координаты
Вертикальный	VDOP	высота

Фактор DOP характеризуется безразмерной величиной, изменяющейся в пределах первых десятков. Наивысшая точность спутниковых определений достигается при наименьших значениях DOP.

Идеальная для спутниковых определений конфигурация спутникового созвездия достигается в случае, когда один из спутников находится в зените, а остальные равномерно распределены по окружности с центром в определяемой точке так, что их возвышение над горизонтом составляет 20°. Ситуация, когда спутники сгруппированы в небольшой части неба, является неблагоприятной.

Для определения периода времени, благоприятного для выполнения спутниковых наблюдений, на стадии проектирования работ выполняется прогнозирование спутникового созвездия.

Исходными данными для прогнозирования спутникового созвездия являются координаты объекта работ и эфемеридная информация о спутниках. В случае если в районе расположения пунктов геодезической основы, съёмочного обоснования или топографических съёмок имеются предметы или сооружения, препятствующие прохождению радиосигналов от спутников, то в качестве исходной информации при прогнозировании необходимо использовать также значения высот и азимутов границ нахождения препятствий.

В качестве исходных координат объекта работ используют географические координаты, взятые с точностью до 1°.

Эфемеридную информацию в виде файла, называемого в эксплуатационной документации альманахом, получают либо из специально для этого выполняемых спутниковых определений, либо используют эфемеридную информацию, образовавшуюся в процессе каких-либо ранее выполненных спутниковых определений. В любом случае спутниковые определения для получения альманаха должны быть выполнены в дату, отстоящую не более чем на 30 суток от даты, на которую выполняют прогнозирование. Если для получения альманаха специально проводят спутниковые определения, то их выполняют одним приёмником в течение 5 минут.

Для объекта работ или его части, где препятствия прохождению радиосигналов, передаваемых спутниками, отсутствуют, прогнозирование выполняют сразу для всех пунктов и снимаемых участков объекта.

В случае если на объекте работ препятствия имеются, прогнозирование должно быть выполнено с учётом этого обстоятельства. Оно должно быть осуществлено в отдельности для каждого пункта, если выполняют подготовку к производству работ по развитию съёмочного обоснования, или в отдельности для каждого участка съёмки, в пределах которого условия прохождения радиосигналов можно принять одинаковыми, если производят подготовку к выполнению съёмки. При этом используют высоту и азимут объектов, препятствующих прохождению радиосигналов от спутников, определённые в ходе рекогносцировки.

Прогнозирование спутникового созвездия выполняют на ЭВМ с помощью программного пакета, входящего в комплект спутниковой аппаратуры, как описано в прилагаемой эксплуатационной документации.

При прогнозировании для каждого пункта геодезической основы или съёмочного обоснования, или участка съёмки в функции времени суток получают график числа доступных для наблюдения спутников и график значений PDOP (GDOP), на каждую дату предстоящих работ. Данная информация выводится на дисплей ЭВМ или может быть напечатана как в графической форме, так и в форме таблиц. Кроме того, может быть составлена диаграмма видимых положений спутников на небесной сфере в некоторый задаваемый интервал времени.

По полученным графикам и таблицам находят периоды, оптимальные для наблюдения спутников на пунктах геодезической основы или съёмочного обоснования или участках съёмки, которые используются для планирования сеансов наблюдений.

Как показывает практика, благоприятными для производства измерений являются промежутки времени, когда обеспечивается прием спутникового радиосигнала от 7-8 и более спутников при коэффициенте PDOP меньшем 4. При таких условиях наблюдений, возможно, проводить измерения на миллиметровом уровне точности.

Перед началом наблюдений должна быть произведена привязка (определение координат x, y, z) всех опорных реперов профильных линий геодинамического полигона к ближайшим пунктам триангуляции.

При выполнении спутниковых измерений, как правило, используются трехсуточные сеансы наблюдений с применением двухчастотных приемников. Результаты измерений заносят в таблицу 17.

Таблица 17 – Изменения плановых и высотных координат опорных пунктов

№№ п/п	Номер опорного пункта	Дата наблюдений	Условные плановые и высотные координаты, м		
			X	У	Z
1		…	…	…	…
2	…	…	…	…	…
3		…	…	…	…

Существуют общие указания по выполнению спутниковых определений:

1. В продолжение приёма необходимо непрерывно наблюдать как базовой, так и подвижной станциями не менее 4 спутников одновременно; при применении динамических методов, и особенно кинематического метода, рекомендуется наблюдать не менее чем 5 спутников. Состав спутников в продолжение приёма может меняться.

2. При применении любого из методов спутниковых определений приём, выполняемый базовой станцией, всегда следует производить в следующей последовательности:

- провести развёртывание аппаратуры, установить приёмник на пункте и определить высоту антенны;

- подготовить приёмник к работе, как указано в эксплуатационной документации;

- установить режим регистрации данных наблюдения спутников;

- пользуясь клавиатурой, ввести в запоминающее устройство: значение номера пункта, значение высоты антенны и вспомогательную информацию: время начала и конца приёма, потерь связи и др.;

- провести приём наблюдений спутников в течение времени, указанного в рабочей программе полевых работ для применяемого метода спутниковых определений;

- выключить режим регистрации данных и выполнить свёртывание аппаратуры;

- в заключение работ на объекте следует выполнить вычислительную обработку данных наблюдений спутников.

3. При выборе значения интервала регистрации необходимо руководствоваться эксплуатационной документацией используемого типа приёмника с учётом применяемого метода спутниковых определений. Значение интервала регистрации должно быть одинаковым для всех приёмников, используемых в сеансе.

4. Высоту антенны необходимо определять на каждом пункте и пикете. При этом следует руководствоваться эксплуатационной документацией комплекта приёмника. Во избежание ошибок, рекомендуется производить измерения в метрической мере и в дюймах.

При работе со спутниковой аппаратурой необходимо соблюдать следующие правила:

- следить за индицируемым на дисплее значением свободного объёма запоминающего устройства приёмника и вовремя принимать меры по передаче накопившейся информации в ЭВМ;

- во избежание утраты данных спутниковых определений, по окончании каждого рабочего дня копировать полученные данные на дискету (PC-карту);

- всегда отражать в полевом журнале (или его электронном аналоге) ход выполнения работ: время начала и конца приёма, инициализации, потери связи и т.п.;

- не допускать образования толстого снежного покрова на поверхности антенны приёмника и её обледенения;

- беречь антенну от попадания разряда молнии;

- по окончании рабочего дня упаковывать комплект спутниковой аппаратуры в транспортировочные ящики во избежание механических повреждений или воздействия метеофакторов.

Состав комплекта аппаратуры и оборудования, необходимого для выполнения полевых работ включает: приёмник в составе блоков, содер-

жащих функциональные элементы и принадлежностей, необходимых для приведения его в рабочее состояние (кабелей и др.); укладочную тару для хранения и перемещения приёмника (футляр, рюкзак и т.п.); устройства для установки приёмника на точке (штатив, веха, трегер, адаптеры и т.п.).

Вспомогательное оборудование: трегеры, стойки быстрого развёртывания; сменные аккумуляторные батареи; осветительные приборы (для работы в тёмное время суток); рулетка; описание местоположения точек; сторожки, колья, гвозди, топор; полевой журнал, карандаш, авторучка; эксплуатационная документация.

По условиям организации работ могут быть необходимы также устройства хранения, передачи и обработки информации - PC-карты, дискеты, полевой компьютер (ноутбук), модем и принадлежности к ним, - а в необжитой местности, кроме того, - зарядное устройство и агрегат для подзарядки аккумуляторов.

Для успешного выполнения работ по наблюдениям за деформациями земной поверхности на Тагульском газонефтяном месторождении необходимо развитие обоснования для последующих наблюдений, причем пункты обоснования должны находиться вне зоны возможных деформаций земной коры. С этой целью и были запроектированы опорные репера.

Для достижения миллиметрового уровня точности развитие обоснования необходимо запроектировать методом построения сети, соответственно программа полевых работ на объекте должна быть составлена так, чтобы все линии сети были определены независимо друг от друга. При этом необходимо запроектировать определение линий от каждого вновь определяемого пункта обоснования не менее чем до трех пунктов, а для увеличения количества избыточных измерений, которые необходимы для качественного уравнивания сети, следует увеличивать количество исходных пунктов до четырех.

Таким образом, создается калиброванный район работ в зоне действия каркаса из исходных пунктов и базовой станцией на опорном репере. В нашем случае создается несколько калиброванных районов работ и дальнейшее проектирование наблюдений за положением рабочих реперов должно строго исходить из соображения «каркасности» с опорой на базовую станцию. Причем от цикла к циклу это условие должно неукоснительно соблюдаться. Все эти требования необходимы для минимизации погрешностей при определении положения рабочих реперов в каждом цикле наблюдений.

12.3.5 Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе

При разработке нефтегазоконденсатных месторождений вступают в силу следующие Федеральные законы, нормативные правовые акты и нормативно-технические документы:

1. Закон РФ «О недрах» в редакции 03.03.95 г. № 27 ФЗ….

2. Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.97 № 116-ФЗ

3. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Правила охраны недр. (ПБ 07-601-03). Серия 07. Выпуск 11/ М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 64 с.

4. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01. Введено в действие постановлением Госгортехнадзора России от 20.06.01 № 20.

5. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2004. – 120 с.

Горная промышленность относится к опасным производственным объектам.

Общая безопасность в районе работ обеспечивается Заказчиком.

Охрана труда обеспечивается согласно требованиям инструкции по технике безопасности при топографо-геодезических работах. Руководитель полевых работ до начала изысканий проверяет прохождение работником инструктажа по технике безопасности. Ответственным за соблюдение ТБ при производстве работ является руководитель полевой бригады. Все полевые и камеральные работы выполняются в соответствии со СНиП 11-02-96; СП 11-104-97; так же в соответствии с принятыми на предприятии инструкциями по ТБ и охране труда.

До начала работ на территории промышленных объектов необходимо получить в органах, ведающих данной территорией, разрешение на право производства работ и согласовать требования по безопасности, предъявляемые местными организациями к проведению планируемых работ по созданию геодинамического полигона.

Все работы должны выполняться с соблюдением действующего законодательства об охране окружающей среды (охрана недр, лесов, водоемов и т.п.). Неблагоприятные последствия воздействия на окружающую среду при производстве геодезических работ должны ликвидироваться организациями, производящими эти работы.

Запрещается проведение полевых топографо-геодезических работ в необжитой местности в одиночку или малыми группами менее трех человек.

При выполнении производственного задания группой работников в составе двух и более человек один из них должен быть назначен старшим, ответственным за безопасное ведение работ, распоряжения которого для всех членов группы являются обязательными.

Запрещается допускать к работе лиц в нетрезвом состоянии.

При проведении полевых работ по созданию геодинамического полигона и наблюдений запрещается принимать на работу лиц моложе 18 лет.

Рабочие и инженерно-технические работники должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в порядке, установленном приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации. Запрещается принимать на работу или допускать к работе лиц, которым по состоянию здоровья противопоказаны определенные виды работ и профессии.

Все рабочие и служащие могут быть допущены к самостоятельной работе только после прохождения инструктажа по технике безопасности, пожаробезопасности, стажировки на рабочем месте и проверки полученных знаний комиссией.

По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж по безопасности труда проводят со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности.

О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте должны пройти стажировку под руководством лиц, назначенных приказом.

Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

Повторный инструктаж проходят все рабочие независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы не реже одного раза в полугодие.

Внеплановый инструктаж проводят:

- при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

- при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;

- при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;

- по требованию органов надзора;

- при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ – 60 дней.

Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности.

Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой проводит непосредственный руководитель работ.

Инструктажи на рабочем месте завершаются проверкой знаний устным опросом или с помощью технических средств обучения, а также проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж.

Лица, показавшие неудовлетворительные знания, к самостоятельной работе или практическим занятиям не допускаются и обязаны вновь пройти инструктаж.

О проведении первичного инструктажа на рабочем месте, повторного, внепланового, стажировки и допуске к работе работник, проводивший инструктаж, делает запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

При регистрации внепланового инструктажа указывают причину его проведения.

Целевой инструктаж с работниками, проводящими работы по наряду-допуску, разрешению и т.п., фиксируется в наряде-допуске или другой документации, разрешающей производство работ.

Спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, выдаваемые работникам, а также средства коллективной защиты и предметы лагерного снаряжения и оборудования, должны соответствовать характеру и условиям выполняемой работы, отвечать требованиям действующих стандартов и обеспечивать безопасность труда.

Выдаваемые в полевые бригады оборудование, инструменты и механизмы должны быть в исправном состоянии и иметь соответствующий сертификат или паспорт, подтверждающие их техническое состояние и со-

ответствие выполняемому виду работ. Выдача транспортных средств, а также буровых установок и самоходных механизмов производится по акту готовности к эксплуатации в полевых условиях.

В полевом подразделении каждый работник должен постоянно заботиться о сохранении и укреплении своего здоровья и строго соблюдать требования санитарии и личной гигиены и тем самым способствовать успешному выполнению производственного задания. В этом отношении руководитель подразделения должен служить примером для остальных членов коллектива и требовать от них четкого выполнения установленных правил.

Все работники, командируемые на полевые работы, должны быть обучены правилам оказания первой помощи при несчастных случаях (ожогах, кровотечении, переломах и т.п.). В полевой бригаде один из работников должен иметь знания по оказанию первой медицинской помощи в пределах требований санитарного инструктора.

При работах в полярных районах, при длительных переходах по снежному покрову следует надевать очки с темными стеклами.

Свободное время от работы работники полевых подразделений проводят по своему усмотрению, но каждый обязан помнить, что он не должен нарушать установленного порядка, а в жилых помещениях обязан считаться с интересами живущих с ним товарищей.

13 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асаченков Л.М. Маркшейдерские работы при строительстве и реконструкции шахт: учеб. пособие/ Л.М. Асаченков. – М.: Недра, 1987. – 199 с.
2. Геодезические работы в строительстве/ В.Н. Ганьшин [и др.], под ред. В.Н. Ганьшина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1984. – 447 с.
3. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства/ Ф.В. Андреева [и др.]. – М.: Недра, 1988. – 270 с.: ил.
4. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов/Е.Б.Клюшин [и др.]; под ред. Д.Ш.Михелева. – 6-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 480 с.
5. Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов/ Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
6. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках: справочник/ В.Н. Попов [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 424 с.
7. Маркшейдерское дело: учебник для вузов/ Д.Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
8. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации/ГКИНП (ГНТА) – 01 – 006 – 03 – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 14 с.
9. Поклад Г.Г. Геодезия: учебник для вузов/ Г.Г. Поклад. – М.: Недра, 1988. – 304.
10. Справочник по геодезическим работам в строительно-монтажном производстве/ С.П. Войтенко [и др.], под ред. Ю.В. Полищук. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
11. Сундаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий/ Я.А. Сундаков. – М.: Недра, 1972. – 362 с.
12. Богданов. Закладка геодезических центров в районах многолетней мерзлоты. - М.: Недра, 1990. – 159 с.
13. Ганьшин В.Н., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. и др. «Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов». М.: Недра, 1981. – 215 с.
14. Генике, Г.Г. Побединский. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: 1999. – 271 с.

15. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Утверждена постановлением Госгортехнадзора России № 73 06.06.2003г. Москва, 2003 г.
16. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. ГКИНП (ГНТА) – 03-010-03, – М.: ЦНИИГАиК, 2004 г.
17. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1988. – 112 с.
18. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99. – М.: ЦНИИГАиК, 1999 – 32 с.
19. Инструкция по созданию наблюдательных станций и производству инструментальных наблюдений за процессами сдвижения земной поверхности при разработке нефтяных месторождений в регионе Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). - Пермь, изд.ПермГТУ. - 2003. - 34с.
20. Лазарев Г.Е., Самошкин Е.М. Основы высшей геодезии. М.: Недра, 1980. – 424с.
21. Методические указания по созданию, контролю и реконструкции маркшейдерско-геодезических сетей на нефтяных и газовых месторождениях с использованием спутниковой аппаратуры. – Санкт-Петербург, 1998.
22. Положение о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых». Утвержденно постановлением Федерального горного и промышленного надзора России № 64 от 30 августа 1999 г.
23. «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей», – М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат, 1993 – 104 с.
24. «Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети», Издание официальное, – М.: ЦНИИГАиК, 2001 – 30 с.
25. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. С.-Петербург: Изд. ВНИМИ, 1998 –291 с.
26. Проект формирования геодинамического полигона Марковского ГМК ОАО «Устькутнефтегаз» Т. 2 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников. – 2008. – 33 с.
27. Расчет оседаний земной поверхности и проект геодинамического полигона Марковского нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской области: отчет по НИР Т. 1 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников; исполнит.: Ю.А. Калашников, С.В. Гладышев, С.Г. Ашихин, С.Н. Попов, Е.С. Варнина. – 2008. – 52 с.

28. Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для объектов топливно-энергетического комплекса. М.: 1997 – 123с.

29. Сидоров В.А., Хитров В.М., Кузьмин Ю.О. Концепция геодинамической безопасности освоения углеводородного потенциала недр России. – М.: изд.МГГРИ. –1998г.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В. Самарин, А.А. Гурин

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие

К курсовой работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

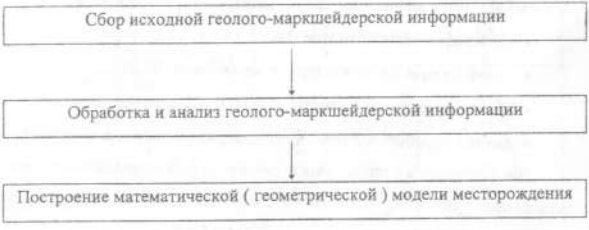
ВВЕДЕНИЕ

Для рациональной разработки месторождений полезных ископаемых необходима объективная информация о форме и условиях залегания тел полезного ископаемого, структуре массива и различных свойствах горных пород.

Вопросы изучения различных структурных и качественных показателей залежей и вмещающих пород решаются при ***геометризации месторождения***.

Комплекс работ по геометризации месторождений полезных ископаемых включает три основных этапа.

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МПИ



На первом этапе проводится изучение первичных данных разведки, опробования, геофизических измерений, геолого-маркшейдерских съемок и создаётся база данных о различных показателях месторождения.

На втором этапе исследуется вероятностное распределение значений показателей, их изменчивость и пространственное размещение; проводится анализ взаимосвязей между различными показателями.

На третьем этапе составляются горно-геометрические графики, характеризующие пространственное размещение различных показателей месторождения.

Геометризация различных типов месторождений (угольных, рудных, россыпных, нерудных строительных материалов, горно-химического сырья) имеет свои особенности. Наибольшее внимание уделяется изучению основных структурных и качественных показателей, определяющих промышленную ценность того или иного типа месторождения.

1. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

1.1. **Исходная геолого-маркшейдерская информация**

Исходными материалами при геометризации россыпи являются:

- топографический план участка;
- расположение геологоразведочных скважин;
- абсолютные отметки постели россыпи, замеренные по скважинам;
- данные опробования объемного содержания металла по скважинам.

Данные разведки приведены в таблице 1.1. В координаты устьев геолого-разведочных скважин, отметки постели россыпи и значения объемного содержания металла вводятся поправки (табл. 1.2).

На первом этапе работы строится план разведки участка месторождения (рис. 1.1) и создаётся база данных о показателях россыпи (формуляр - табл. 1.3). План разведки строится в масштабе 1:2000 на листах формата А4. На план по координатам X и Y наносятся устья разведочных скважин, у которых подписываются номер и абсолютная отметка устья скважины, а также отметка постели россыпи H и значение объемного содержания золота C. Методом линейного интерполирования проводятся горизонтали рельефа местности.

Таблица 1.1

Каталог разведочных данных

Разведочная линия	№№ скважин	Координаты устьев скважин			Отметка постели россыпи H, м.	Объемное содержание золота C, мг/м^3
		X, км	Y, км	Z, м		
1	1	4,574	2,432	316,8	308,4	110
	2	4,560	2,499	316,3	304,4	118
	3	4,548	2,555	315,9	305,4	104
	4	4,541	2,592	316,5	307,4	81
	5	4,532	2,636	317,3	310,9	78
	6	4,523	2,677	318,0	313,3	59
2	7	4,508	2,415	318,7	309,9	104
	8	4,498	2,460	317,4	304,0	157
	9	4,486	2,514	317,4	309,3	154
	10	4,477	2,556	317,4	309,3	107
	11	4,467	2,600	318,0	309,8	104
	12	4,456	2,645	318,6	312,3	25
3	13	4,420	2,426	318,7	310,6	107
	14	4,409	2,478	318,4	306,0	154
	15	4,400	2,522	318,2	310,2	157
	16	4,392	2,565	318,2	311,0	190
	17	4,382	2,612	318,8	312,3	49
	18	4,374	2,653	319,4	315,7	58
4	19	4,342	2,424	319,8	313,0	65
	20	4,336	2,466	319,4	307,6	98
	21	4,328	2,508	319,3	310,3	121
	22	4,319	2,556	319,4	311,9	124
	23	4,310	2,615	319,7	313,7	70
	24	4,299	2,666	320,2	315,7	38
5	25	4,262	2,428	320,9	315,3	54
	26	4,254	2,488	320,5	309,7	78
	27	4,246	2,540	320,2	311,0	103
	28	4,239	2,586	320,3	311,6	97
	29	4,234	2,630	320,6	312,4	64
	30	4,227	2,672	321,0	315,8	23

Таблица 1.2

Поправки в исходные данные

№№ ПП	Алфавит	И. ΔX, м	О. ΔУ, м	Ф. ΔZ, м	Ф. ΔH, м	И. ΔC, мг/м^3
1	А	360	580	48	47,9	43
2	Б	460	640	33	33,2	59
3	В	190	850	22	21,8	32
4	Г	240	570	27	26,5	37
5	Д	530	800	40	40,3	51
6	Е	350	860	32	31,9	42
7	Ё	450	630	21	20,9	58
8	Ж	170	790	26	26,1	31
9	З	520	560	47	47,4	50
10	И	270	670	39	38,7	57
11	К	340	680	31	30,6	36
12	Л	160	550	46	46,3	30
13	М	510	740	38	37,4	49
14	Н	230	620	20	19,8	56
15	О	440	780	25	24,9	41
16	П	280	660	45	45,2	48
17	Р	330	770	37	36,7	35
18	С	140	540	30	30,4	55
19	Т	260	750	24	24,4	40
20	У	610	760	44	43,7	47
21	Ф	420	530	36	35,7	54
22	Х	130	820	43	42,9	46
23	Ц	320	610	29	29,3	39
24	Ч	250	730	35	35,4	34
25	Ш	10	520	42	41,8	53
26	Щ	410	690	28	27,8	45
27	Э	120	720	23	23,5	38
28	Ю	50	590	41	41,6	52
29	Я	310	650	34	33,7	44

Примечание. Ф., И., О.- начальные буквы соответственно фамилии, имени, отчества. Например, студент П.С. Ежов имеет поправки : ΔX=+280м, ΔУ=+540м, ΔZ=+32м, ΔH=+31,9м, ΔC=+48мг/м^3.

План разведки участка россыпного месторождения золота

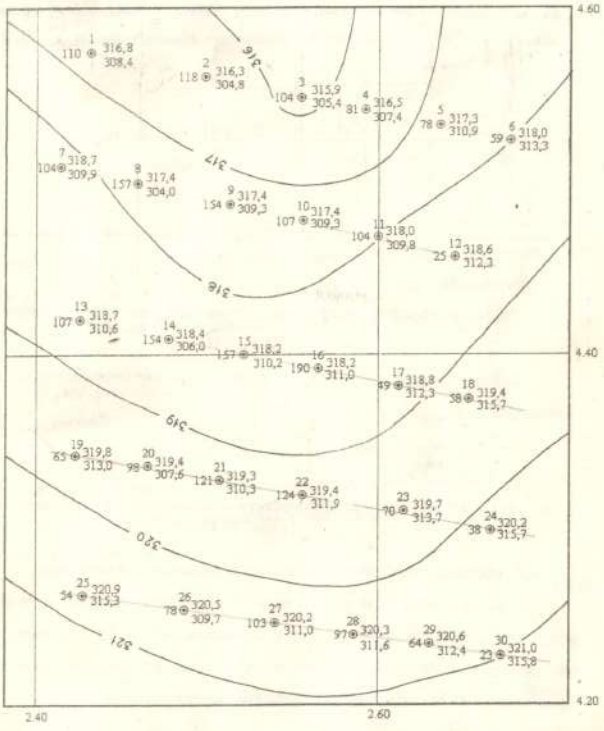


Рис. 1.1

Таблица 1.3

Показатели россыпи

Разведочная линия	№№ скважин	Координаты устья скважин			Отметка постели россыпи H, м	Мощность песков M, м	Объемное содержание золота C, мг/м^3	Вертикальные запасы V, мг/м^2
		X, км	У, км	Z, м				

Примечания:

1. Мощность золотосодержащих песков определяется по формуле

$$M = Z - H.$$

2. Вертикальные запасы (площадное содержание металла) определяется по формуле

$$V = M \cdot C.$$

1.2. Обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации

Обработка данных разведки ведётся статистическими методами.

В работе необходимо: исследовать вероятностное распределение значений мощности песков M и объемного содержания золота C; оценить среднее значение и изменчивость показателей M, C; исследовать взаимосвязь между мощностью песков и объемным содержанием металла.

1.2.1. Вероятностное распределение значений показателей

При анализе вероятностного распределения значений показателей M и C производится группировка данных разведки.

Для каждого показателя определяется классовый промежуток

$$\lambda = \frac{X_{max} - X_{min}}{1+3{,}2\lg N}, \qquad (1.1)$$

где X_{max} - максимальное значение показателя в данных разведки;

X_{min} - минимальное значение показателя в данных разведки;

N - количество данных разведки.

Значение классового промежутка может округляться в большую или меньшую сторону для удобства дальнейших вычислений. Например, если величина классового промежутка для показателя C, вычисленная по формуле 1.1, составила 27,8 мг/м^3, то при дальнейшей обработке λ_c можно принять равной 30 мг/м^3.

Далее все множество значений исследуемых показателей делится на K равных интервалов (классов) в соответствии с величиной классового промежутка и подсчитывается число P_i значений показателей, попавших в каждый интервал. Затем производится последовательное суммирование частот P_i по классам и вычисление дискретных $W_д$ и накопленных $W_н$ частостей:

для i-го класса (i = 1...K).

$$W_{дi} = \frac{P_i}{N} \cdot 100\ \%, \qquad (1.2)$$

$$W_{нi} = \frac{\sum P_i}{N} \cdot 100\ \%. \qquad (1.3)$$

Расчеты по обработке значений показателей M и C сводятся в отдельные таблицы. Пример - таблица 1.4.

Таблица 1.4

Обработка значений объемного содержания золота

Классы (мг/м^3)	Индексы	Частоты P_{ci}	Накопительные классы (мг/м^3)	Накопленные частоты ΣP_{ci}	Частости	
					W_{ci} (%)	W_{ni} (%)
0-30	:	2	0-30	2	7	7
30-60	::	5	0-60	7	17	24
60-90	::	6	0-90	13	20	44
90-120	⁘	10	0-120	23	33	77
120-150	:	2	0-150	25	7	84
150-180	::	4	0-180	29	13	97
180-210	·	1	0-210	30	3	100

По данным таблиц строятся графики, характеризующие вероятностное распределение значений показателей - гистограммы, полигоны и кумуляты (рис. 1.2).

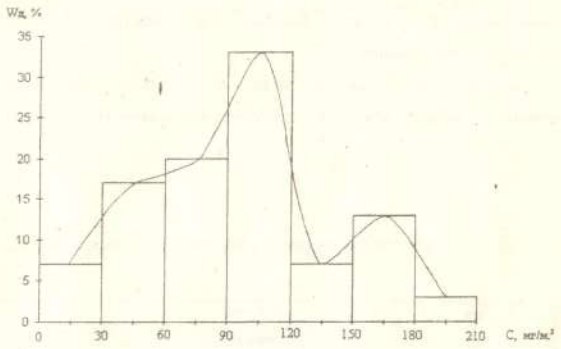
Для построения гистограммы на оси абсцисс отмечают границы интервалов (классов) и строят прямоугольники с основаниями, равными длине интервалов, и высотами, равными частостям $W_д$.

Полигон частостей - линия, соединяющая середины верхних сторон прямоугольников гистограммы.

Кумулята - линия, проходящая через точки, абсциссами которых являются правые границы классов, а ординатами - накопленные частости $W_н$.

Графики вероятностного распределения значений объемного содержания золота

Гистограмма и полигон частостей



Кумулята

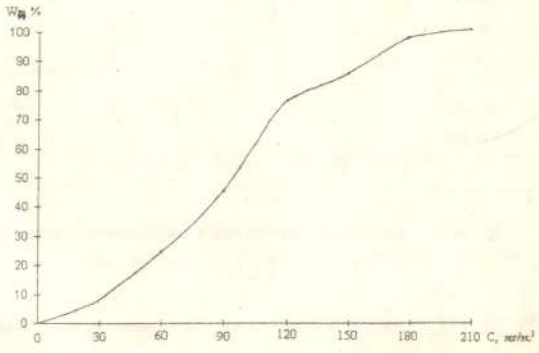


Рис.1.2.

1.2.2. **Статистическое оценивание значений показателей**

Оценивание среднего значения изучаемых величин М, С и показателей их изменчивости (стандарта, коэффициента вариации) проводится по сгруппированным данным.

Отдельно по мощности песков и объемному содержанию золота заполняются таблицы для расчета статистических оценок. Пример - таблица 1.5.

Таблица 1.5

Расчет статистических оценок объемного содержания золота

Классы ($мг/м^3$)	Частота P_{ci}	Условное значение класса a	$P_{ci}a$	$P_{ci}a^2$
0-30	2	-3	-6	18
30-60	5	-2	-10	20
60-90	6	-1	-6	6
90-120	10	0	0	0
120-150	2	1	2	2
150-180	4	2	8	16
180-210	1	3	3	9
Σ	30		-9	71

Величина условного значения класса a вычисляется по формуле

$$a = \frac{\bar{X}_{ак} - \bar{X}_0}{\lambda_x}, \qquad (1.4)$$

где $\bar{X}_{ак}$ - среднее значение показателя в классовом промежутке;

Nova Pesq

$\bar{X}_0$ - среднее значение показателя в нулевом классе;

λ_x - величина классового промежутка.

За нулевой принимается средний классовый промежуток.

Вычисление статистических оценок показателей М и С проводится по формулам:

Условный момент первого порядка

$$\gamma_{x1} = \frac{\sum P_{ci} a}{N}, \qquad (1.5)$$

Условный момент второго порядка

$$\gamma_{x2} = \frac{\sum P_{ci} a^2}{N}, \qquad (1.6)$$

Среднее значение показателя

$$\bar{X} = \bar{X}_0 + \lambda_x \gamma_{x1}, \qquad (1.7)$$

Среднее квадратическое отклонение (стандарт) значений показателя

$$\sigma_x = \lambda_x \sqrt{\gamma_{x2} - \gamma_{x1}^2}, \qquad (1.8)$$

Коэффициент вариации значений показателя

$$\upsilon = \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \cdot 100\,\%, \qquad (1.9)$$

При выполнении работы в обозначениях вместо индекса X используются соответствующие индексы M или C.

1.2.3. **Анализ взаимосвязи между показателями**

Исследование взаимосвязи между мощностью золотосодержащих песков М и объемным содержанием золота С проводится методом корреляционного анализа.

При корреляционном анализе сгруппированных данных заполняется специальный формуляр - корреляционная таблица (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Корреляционная таблица

M / C	Мощность песков, м: 2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	P_c	a_c	$P_c a_c$	$P_c a_c^2$	$\sum P_i a_c a_M$	$\sum P_i M_{Ci}$	$\bar{M}_i$
0-30		•	•				2	-3	-6	18	3	12	6,0
30-60	•	••	•				5	-2	-10	20	10	25	5,0
60-90		••	••	•			6	-1	-6	6	0	42	7,0
90-120			••	••	••		10	0	0	0	0	92	9,2
120-150			•	•			2	+1	2	2	1	16	8,0
150-180			•	•		•	4	+2	8	16	14	42	10,5
180-210			•				1	+3	3	9	0	7	7,0
P_M	1	6	9	9	3	2	30	$\sum$	-9	71	28	236	
a_M	-2	-1	0	+1	+2	+3	$\sum$						
$P_M a_M$	-2	-6	0	+9	+6	+6	+13						
$P_M a_M^2$	4	6	0	9	12	18	49						
$\sum P_i a_M a_C$	4	11	0	1	0	12	28						
$\sum P_i C_{Ci}$	45	300	915	975	315	330	2880						
$\bar{C}_i$	45	50	102	108	105	165							

Примечания.

1. P_i - количество данных в i-той клетке таблицы.

2. M_{Ci} , C_{Ci} - среднее значение показателя (соответственно мощности или содержания) в i-том классовом промежутке .

3. $\bar{M}_i = \sum P_i M_{Ci} / P_c$; $\bar{C}_i = \sum P_i C_{Ci} / P_M$.

Для оценки тесноты связи используется коэффициент корреляции, который рассчитывается по формуле

$$r_{C,M} = \frac{\sum P a_c a_M - N \gamma_{C1} \gamma_{M1}}{N \xi_C \xi_M} , \qquad (1.10)$$

где $\xi_C = \sqrt{\gamma_{C2} - \gamma_{C1}^2}$; $\xi_M = \sqrt{\gamma_{M2} - \gamma_{M1}^2}$.

Уравнение зависимости объемного содержания металла С от мощности золотосодержащих песков находится по формуле

$$C = \bar{C} + \rho(M - \bar{M}) , \qquad (1.11)$$

где $\rho = \frac{\sigma_C}{\sigma_M} r_{C,M}$.

По результатам расчетов строится график зависимости между показателями (рис. 1.3) .

Зависимость объемного содержания золота от мощности песков

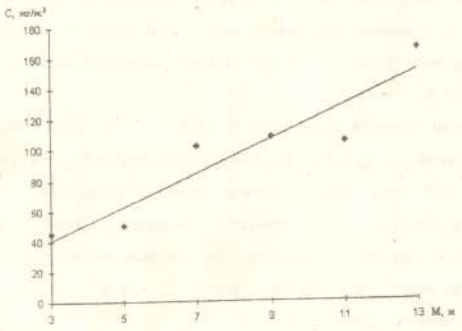


Рис. 1.3.

На графике изображается прямая линия зависимости C = f (M), вычисленная по формуле (1.11), и точки абсциссами которых являются средние значения мощности песков в классовых промежутках, а ординатами соответствующие средние значения объемного содержания золота $\overline{C}_i$ (табл. 1.6).

1.3 Построение горно-геометрических графиков

В комплект графических материалов, необходимых для рациональной разработки залежи, входят:

1. Полигоны размещения значений показателей мощности золотосодержащих песков, объемного содержания золота и вертикальных запасов по разведочным линиям.
2. План размещения значений абсолютных отметок постели россыпи.
3. План размещения значений мощности песков.
4. План размещения значений объемного содержания золота.
5. План размещения значений вертикальных запасов.

При построении полигонов размещения показателей на оси абсцисс показывается расположение скважин по разведочной линии, а по оси ординат откладываются значения M, C и V. Для каждого показателя приводится шкала значений (рис. 1.4).

Размещение значений показателей H, M, C и V на планах изображается системой изолиний (рис. 1.5.). При построении графиков необходимо нанести на план разведочные скважины, подписать значения показателя и методом линейного интерполирования провести изолинии. Сечение изолиний принимается: для плана постели россыпи - 1м; для плана мощности песков - 1м; для плана объемного содержания золота - 10 мг / м^3; для плана вертикальных запасов - 100 мг/м^3.

Полигоны размещения значений показателей по разведочной линии 1-1

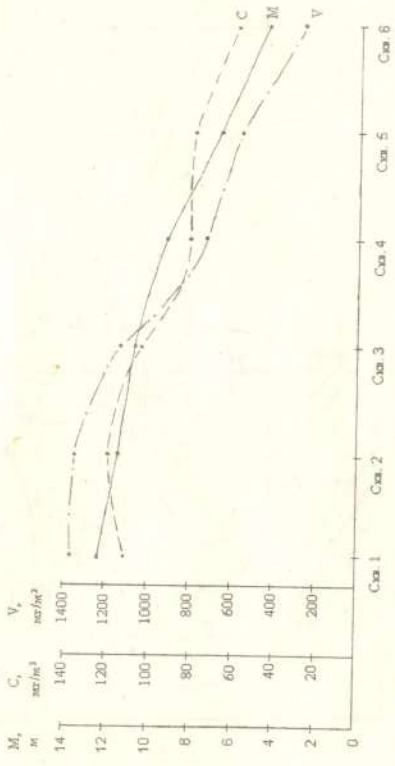
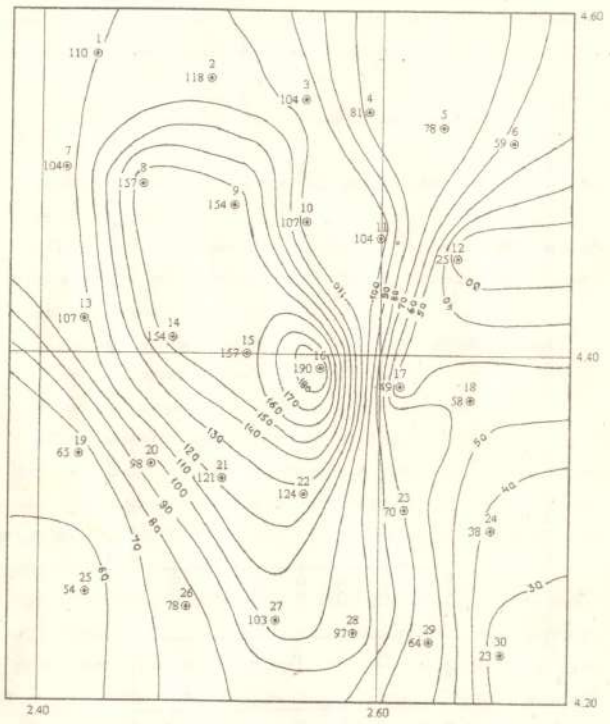


Рис. 1.4

План размещения значений объемного содержания золота



Сечение изолиний 10 мг/м^3

Рис. 1.5

В заключении по работе приводятся основные сведения о размещении показателей россыпи на участке, даются рекомендации по использованию результатов геометризации для решения производственных вопросов.

2. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Важнейшими структурными и качественными показателями, определяющими промышленную ценность угольных месторождений, являются: мощность угольных пластов, рельеф почвы и кровли пластов, тектоническая нарушенность пластов, зольность угля. Изучению этих показателей уделяется основное внимание при геометризации угольных месторождений.

2.1. Исходная геолого-маркшейдерская информация

Исходными материалами для геометризации участка угольного месторождения являются результаты геологоразведочных работ:

каталог координат разведочных скважин (табл. 2.1);

замеры мощностей вмещающих пород и угольных пластов по скважинам (табл. 2.2 - 2.6);

результаты опробования зольности угля по скважинам (табл. 2.7).

В результаты геологоразведочных работ вводятся поправки (табл. 2.8).

На первом этапе работы необходимо:

- с учетом индивидуальных поправок составить каталог разведочных скважин;
- построить план разведки участка месторождения в масштабе 1:5000 (на плане показывается расположение скважин и рельеф местности);
- составить таблицы замеров мощностей пород по скважинам (с учетом поправок);
- составить таблицу абсолютных отметок точек подсечения поверхности пласта (формуляр - табл. 2.9);
- создать базу данных о показателях мощности и зольности угольного пласта №1 или №2 по варианту (формуляр - табл. 2.10).

Таблица 2.1

Каталог координат разведочных скважин

№	РЛ	№ скважины	Координаты устьев скважин, м			№	РЛ	№ скважины	Координаты устьев скважин, м		
			X	У	Z				X	У	Z
1	17	24	905	60	248,6	21	19	46	612	432	245,2
2		25	930	145	247,5	22		47	631	496	244,2
3		26	968	217	246,6	23		48	654	560	243,3
4		27	977	295	245,7	24		49	675	650	241,7
5		28	1036	391	244,6	25		50	698	730	240,8
6		29	1050	487	243,3	26	20	51	283	76	248,9
7		30	1082	583	242,2	27		52	300	172	248,3
8		31	1125	676	240,7	28		53	332	253	247,4
9	18	33	696	77	248,4	29		54	382	362	246,2
10		34	727	176	246,8	30		55	393	450	243,5
11		35	765	281	245,7	31		56	422	558	243,7
12		36	814	382	244,6	32		57	446	630	242,7
13		37	820	461	243,7	33	21	58	65	93	249,4
14		38	862	533	242,7	34		59	103	186	248,4
15		39	871	620	241,6	35		60	125	275	247,5
16		40	921	700	240,4	36		61	154	363	246,4
17	19	42	496	72	249,3	37		62	173	435	245,6
18		43	527	185	247,7	38		63	200	525	244,5
19		44	541	263	246,6	39		64	236	620	243,4
20		45	576	354	245,7	40		65	266	700	242,3

Таблица 2.2

Мощность пород по скважинам (в метрах)

Разведочная линия 17.

Породы	Скважины							
	24	25	26	27	28	29	30	31
Наносы	10,0	12,0	11,2	12,0	10,0	6,0	4,0	2,1
Песчаник	-	-	-	20,1	34,0	31,0	14,2	-
Сланец песчанистый	-	5,2	22,0	20,2	18,3	19,0	24,0	28,1
Уголь	-	3,8	3,9	6,1	8,8	7,8	4,2	3,8
Глинистый сланец	14,0	21,2	20,0	19,1	16,2	13,8	6,1	14,0
Уголь	2,2	6,2	6,3	8,7	9,2	4,8	СМ	3,5
Сланец песчанистый	-	-	-	-	-	-	1,2	-
Уголь	-	-	-	-	-	-	2,1	-
Глинистый сланец	-	-	-	-	-	-	16,0	-
Уголь	-	-	-	-	-	-	4,1	-
Песчаник	3,5	4,1	3,2	2,7	3,1	5,0	3,6	-
						СМ		
Сланец глинистый	-	-	-	-	-	3,0	-	-
Уголь	-	-	-	-	-	2,3	-	-
Песчаник	-	-	-	-	-	1,8	-	-

Примечание. СМ - точка встречи со сместителем.

Таблица 2.3

Мощность пород по скважинам (в метрах)

Разведочная линия 18.

Породы	Скважины							
	33	34	35	36	37	38	39	40
Наносы	6,2	6,0	7,0	8,3	8,0	8,7	8,1	6,4
Песчаник	-	1,0	23,8	29,0	26,0	18,0	-	-
Сланец песчанистый	-	16,0	18,0	22,0	19,0	12,1	24,0	-
Уголь	-	4,9	7,6	7,9	5,3	4,5	3,8	2,8
Глинистый сланец	22,0	32,0	28,0	19,0	10,1	2,4	24,2	27,3
Уголь	6,1	7,6	7,9	2,2	-	-	4,2	3,1
Песчаник	-	-	-	8,0	-	-	-	-
				СМ	СМ	СМ		
Глинистый сланец	-	-	-	7,0	-	-	-	-
Уголь	-	-	-	6,2	-	-	-	-
Сланец песчанистый	-	-	-	-	1,5	14,0	-	-
Уголь	-	-	-	-	1,8	5,3	-	-
Глинистый сланец	-	-	-	-	22,1	23,0	-	-
Уголь	-	-	-	-	6,2	5,5	-	-
Песчаник	2,7	3,1	2,8	2,5	3,2	3,3	2,1	1,6

Таблица 2.4

Мощность пород по скважинам (в метрах)

Разведочная линия 19.

Породы	Скважины								
	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Наносы	7,0	7,8	6,7	6,3	6,2	6,0	6,2	6,0	5,8
Песчаник	-	1,3	29,0	32,3	30,0	19,0	-	-	-
Сланец песчанистый	-	16,2	16,3	20,1	20,0	18,2	42,0	14,0	-
Уголь	-	2,4	2,8	6,8	4,9	4,1	3,7	3,5	-
Глинистый сланец	26,1	32,3	28,4	21,2	40,2	3,2	25,8	22,0	2,1
						СМ			
Сланец песчанистый	-	-	-	-	-	13,0	-	-	-
Уголь	1,8	3,2	8,3	7,9	2,5	2,5	3,8	3,5	3,2
Глинистый сланец	-	-	-	-	-	24,7	-	-	-
Уголь	-	-	-	-	-	3,2	-	-	-
Песчаник	3,1	3,5	4,1	10,6	2,7	1,8	1,8	3,5	2,0
				СМ					
Глинистый сланец	-	-	-	4,2	-	-	-	-	-
Уголь	-	-	-	2,1	-	-	-	-	-
Песчаник	-	-	-	3,6	-	-	-	-	-

Таблица 2.5

Мощность пород по скважинам (в метрах)

Разведочная линия 20.

Породы	Скважины						
	51	52	53	54	55	56	57
Наносы	6,0	6,1	7,0	7,3	5,2	5,0	7,1
Песчаник	-	-	13,0	12,1	2,1	-	-
Сланец песчанистый	-	16,0	11,0	10,2	30,2	16,0	-
Уголь	-	5,2	6,7	3,4	5,3	5,4	-
Глинистый сланец	20,2	20,0	17,1	5,0	18,0	20,0	16,3
Уголь	4,8	7,8	5,4	-	5,8	4,6	4,2
Песчаник	-	-	5,0	-	-	-	-
			СМ	СМ			
Глинистый сланец	-	-	3,8	-	-	-	-
Уголь	-	-	4,1	-	-	-	-
Сланец песчанистый	-	-	-	10,0	-	-	-
Уголь	-	-	-	3,1	-	-	-
Глинистый сланец	-	-	-	19,0	-	-	-
Уголь	-	-	-	6,2	-	-	-
Песчаник	2,3	2,1	2,7	3,3	3,5	2,4	2,1

Таблица 2.6

Мощность пород по скважинам (в метрах)

Разведочная линия 21.

Породы	Скважины							
	58	59	60	61	62	63	64	65
Наносы	6,0	7,8	7,4	7,2	6,8	6,1	6,0	6,3
Песчаник	-	2,4	9,0	3,2	-	-	-	10,2
Сланец песчанистый	4,2	14,6	14,4	14,0	30,2	16,0	-	-
Уголь	2,3	4,2	6,4	3,8	4,1	4,3	-	-
Глинистый сланец	22,1	20,8	16,0	4,3	22,1	21,8	20,0	-
				СМ				
Сланец песчанистый	-	-	-	11,2	-	-	-	-
Уголь	6,4	5,3	4,1	5,8	5,7	5,9	4,4	-
Песчаник	-	-	2,0	-	-	-	-	-
			СМ					
Глинистый сланец	-	-	12,3	20,1	-	-	-	-
Уголь	-	-	3,2	5,6	-	-	-	-
Песчаник	3,7	4,2	2,3	1,8	3,6	4,1	1,6	-

Таблица 2.7

Результаты опробования зольности угля

РЛ	Западное крыло		Восточное крыло		РЛ	Западное крыло		Восточное крыло	
	№ скважины	Зольность, A_C, %	№ скважины	Зольность, A_C, %		№ скважины	Зольность, A_C, %	№ скважины	Зольность, A_C, %
ПЛАСТ 1 (верхний)					ПЛАСТ 2 (нижний)				
17	25	24,7	30	23,0	17	24	24,9	29	24,4
	26	25,5	31	22,7		25	26,5	30	23,7
	27	25,3	-	-		26	26,2	31	23,8
	28	24,5	-	-		27	25,3	-	-
	29	23,3	-	-		28	24,5	-	-
	30	22,2	-	-		29	23,9	-	-
18	34	26,2	37	25,6	18	33	26,1	36	26,3
	35	26,4	38	24,7		34	27,3	37	25,5
	36	24,7	39	24,6		35	25,9	38	24,8
	37	23,8	40	24,3		36	25,6	39	25,5
	38	23,4	-	-		-	-	40	25,4
19	43	27,3	47	25,9	19	42	26,7	45	28,1
	44	27,8	48	25,6		43	28,2	46	27,2
	45	26,3	49	26,1		44	27,7	47	26,6
	46	24,7	-	-		45	27,5	48	26,3
	47	24,2	-	-		-	-	49	27,4
						-	-	50	27,5
20	52	29,3	54	27,8	20	51	28,5	53	29,8
	53	29,5	55	27,2		52	28,7	54	29,2
	54	27,4	56	26,7		53	29,1	55	28,3
	-	-	57	27,5		-	-	56	27,8
						-	-	57	28,4
21	58	28,3	61	30,1	21	58	29,5	60	31,3
	59	31,4	62	28,4		59	30,3	61	30,5
	60	30,3	63	28,6		60	31,2	62	29,4
	61	28,5	64	29,1		-	-	63	28,4
	-	-	65	29,4		-	-	64	28,6

Таблица 2.8

Поправки в исходные данные разведки

№№ п.п.	Алфавит	Ф. ΔX, м	И. ΔY, м	О. ΔZ, м	Ф. Мощность наносов $\Delta M_н$, м	И. Мощность пластов $\Delta M_п$, м	О. № пласта	Ф. ΔA_c, %
1	А	220	510	25	+2	+0,5	1 (К)	-0,3
2	Б	310	650	115	+24	+2,0	1 (П)	+0,9
3	В	50	590	152	+6	-0,2	2 (К)	+1,3
4	Г	120	720	73	+11	+2,2	2 (П)	-0,5
5	Д	410	690	172	-1	+0,6	1 (К)	+1,0
6	Е	10	520	142	+9	-0,6	1 (П)	+0,8
7	Ё	250	730	215	+21	+1,3	2 (К)	+1,4
8	Ж	320	610	46	+8	+0,4	2 (П)	-0,2
9	З	130	820	157	+20	-0,7	1 (К)	+1,3
10	И	420	530	122	-2	-1,4	1 (П)	-0,4
11	Й	610	760	222	+3	-1,0	2 (К)	+1,1
12	К	260	750	174	+19	+1,2	2 (П)	-1,1
13	Л	140	540	88	+10	-0,3	1 (К)	-0,7
14	М	330	770	231	+3	+1,0	1 (П)	+1,2
15	Н	280	660	147	+14	+1,5	2 (К)	-0,1
16	О	440	780	128	+16	+1,9	2 (П)	+0,6
17	П	230	620	197	+4	+0,1	1 (К)	+1,5
18	Р	510	740	58	+12	-0,8	1 (П)	+0,5
19	С	160	550	182	+11	+1,8	2 (К)	-1,0
20	Т	340	680	36	+18	+0,7	2 (П)	-0,6
21	У	270	670	161	+17	-1,2	1 (К)	+0,1
22	Ф	520	560	242	+5	+0,8	1 (П)	-0,9
23	Х	170	790	67	+23	-0,4	2 (К)	-0,2
24	Ц	450	630	186	+12	+0,2	2 (П)	-0,8
25	Ч	350	860	51	+26	+1,6	1 (К)	-0,7
26	Ш	530	800	134	+22	+0,8	1 (П)	-1,0
27	Щ	240	570	192	+7	-0,9	2 (К)	+0,4
28	Э	190	850	82	+13	+0,3	2 (П)	-0,8
29	Ю	460	640	168	+24	-0,5	1 (К)	-1,2
30	Я	360	580	43	+15	+1,7	1 (П)	+0,1

Примечания: 1) Ф., И., О. - начальные буквы соответственно фамилии, имени, отчества; 2) Обозначения в колонке " № пласта ": 1 - верхний пласт угля; 2 - нижний пласт угля; К - кровля пласта; П - почва пласта.

Например, студент П.С.Ежов имеет поправки: Δx = +10м., Δy = +620м., Δz = +182м., $\Delta M_н$ = +9м., $\Delta M_п$ = +0,1м., ΔA_c = +0,8 %. При исследовании мощности и зольности использует данные опробования пласта №2 (нижнего) и строит гипсометрический график рельефа его кровли.

Таблица 2.9

Абсолютные отметки поверхности (**кровли** или почвы)

пласта (**№1** или №2)

Разведочная линия 17									
№№ скважин	24	25	26	27	28	29	30	31	
Отметки, м	-	×	×	×	×	×	×/×	×	
Разведочная линия 18									
№№ скважин	33	34	35	36	37	38	39	40	
Отметки, м	-	×	×	×	×/×	×/×	×	×	
Разведочная линия 19									
№№ скважин	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Отметки, м	-	×	×	×	×	×/×	×	×	-
Разведочная линия 20									
№№ скважин	51	52	53	54	55	56	57		
Отметки, м	-	×	×	×/×	×	×	-		
Разведочная линия 21									
№№ скважин	58	59	60	61	62	63	64	65	
Отметки, м	×	×	×	×/×	×	×	-	-	

Примечания:

1. Абсолютные отметки поверхности пласта определяются путем вычитания из отметки устья скважины мощностей всех вышезалегающих пород;

2. В скважинах, расположенных в зоне сместителя, имеется две отметки изучаемой поверхности (по западному и восточному крыльям нарушенного пласта).

Таблица 2.10

Показатели угольного пласта (**№1** или №2)

Разведочная линия 17									
№№ скважин	24	25	26	27	28	29	30	31	
Мощность, м	-	×	×	×	×	×	×/×	×	
Зольность, %	-	×	×	×	×	×	×/×	×	
Разведочная линия 18									
№№ скважин	33	34	35	36	37	38	39	40	
Мощность, м	-	×	×	×	×/×	×/×	×	×	
Зольность, %	-	×	×	×	×/×	×/×	×	×	

Продолжение табл. 2.10

Разведочная линия 19									
№№ скважин	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Мощность, м	-	×	×	×	×	×/×	×	×	-
Зольность, %	-	×	×	×	×	×/×	×	×	-
Разведочная линия 20									
№№ скважин	51	52	53	54	55	56	57		
Мощность, м	-	×	×	×/×	×	×	-		
Зольность, %	-	×	×	×/×	×	×	-		
Разведочная линия 21									
№№ скважин	58	59	60	61	62	63	64	65	
Мощность, м	×	×	×	×/×	×	×	-	-	
Зольность, %	×	×	×	×/×	×	×	-	-	

Примечание. В скважинах, расположенных в зоне сместителя, имеется по два значения каждого показателя (по западному и восточному крыльям нарушенного пласта).

2.2. Обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации

Обработка данных геологоразведочных работ проводится статистическими методами.

В работе необходимо: исследовать вероятностное распределение значений мощности пласта M и зольности угля A_c; оценить среднее значение и изменчивость показателей M и A_c. При обработке используются данные опробования одного пласта (№1 или №2 по варианту).

Анализ вероятностного распределения и статистическое оценивание значений показателей проводятся по методике, изложенной в п.п. 1.2.1 и 1.2.2.

2.3. Построение горно-геометрических графиков

В комплект графических материалов, характеризующих угольное месторождение, входят:

1. Система геологических разрезов.
2. Гипсометрические графики поверхностей угольных пластов.
3. Планы размещения значений мощности пластов.
4. Планы размещения значений зольности угля.

В работе необходимо: построить геологические разрезы по каждой разведочной линии; построить гипсометрический план кровли или почвы одного из пластов (по варианту); построить план изомощности одного из пластов (по варианту); построить план изозольности угля одного из пластов (по варианту).

Геологические разрезы по разведочным линиям строятся в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:2000. Разрезы должны иметь высотную основу, привязку в плане по координатам X и У, ориентировку по направлению. Построение разрезов производится последовательным откладыванием от устья скважин мощностей пород, подсеченных скважиной (с введенными по варианту поправками). На геологических разрезах показываются угольные пласты, вмещающие породы и тектоническое нарушение (сместитель) (рис. 2.1).

При построении гипсометрического графика поверхности кровли (почвы) пласта на план наносятся разведочные скважины и возле них подписываются абсолютные отметки поверхности. С геологических разрезов на график переносятся точки выхода пласта под наносы и точки встречи заданной поверхности со сместителем. Последовательным соединением соответствующих точек строятся линии выхода пласта под наносы и линии пересечения западного и восточного крыльев пласта со сместителем, ограничивающие два участка. По абсолютным отметкам поверхности, подписанным у скважин, методом линейного интерполирования строятся изогипсы поверхности. В зоне сместителя

Геологический разрез по разведочной линии 18

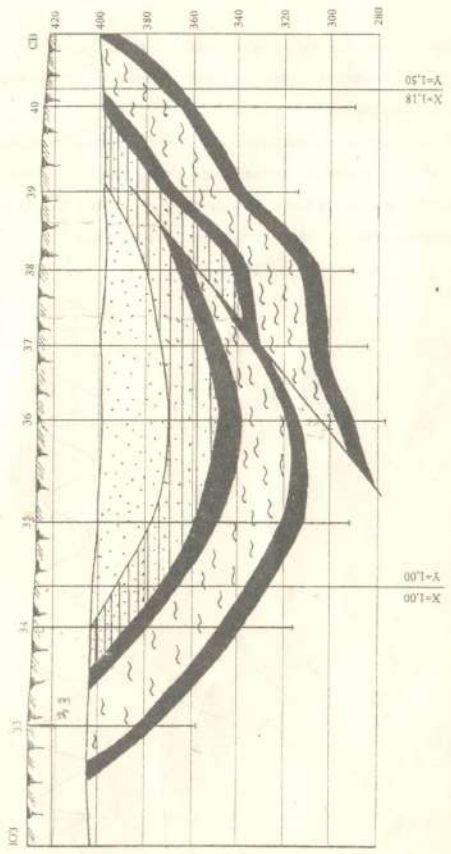


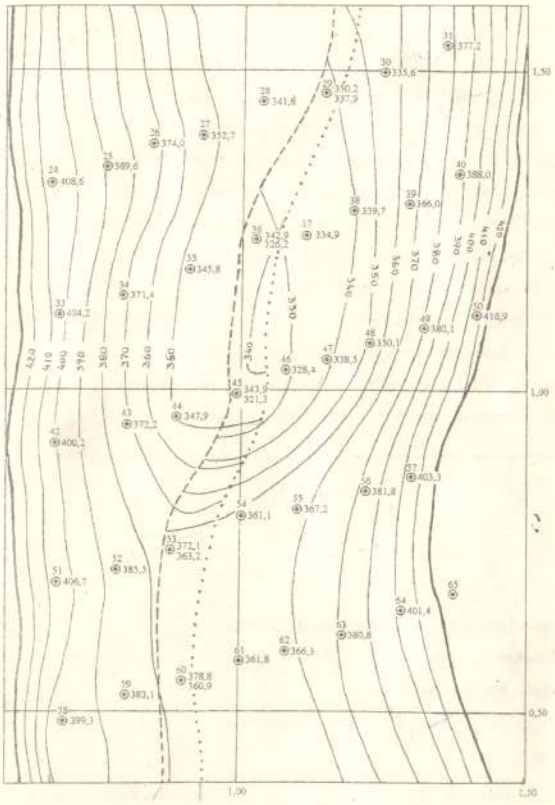
Рис. 2.1

происходит наложение изолиний двух участков. Сечение изолиний - 10 м (рис. 2.2).

Планы изомощности и изозольности угля заданного пласта строятся аналогично гипсометрическому графику. Сечение изолиний мощности пласта - 1 м, изолиний зольности угля - 1 %.

По результатам геометризации делается краткое заключение, в котором отмечаются выявленные закономерности в размещении основных структурных и качественных показателей месторождения на участке и даются рекомендации по практическому использованию полученных материалов.

Гипсометрический график поверхности кровли угольного пласта



Сечение изолиний 10 м

Рис. 2.2

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА РОССЫПНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА 4
1.1 Исходная геолого-маркшейдерская информация.....4
1.2 Обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации 8
1.2.1. Вероятностное распределение значений показателей.....9
1.2.2. Статистическое оценивание значений показателей.....12
1.2.3 Анализ взаимосвязей между показателями.....13
1.3. Построение горно-геометрических графиков.....16
2. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....20
2.1. Исходная геолого-маркшейдерская информация.....20
2.2. Обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации.....27
2.3. Построение горно-геометрических графиков.....28

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.ДВ.04.01 ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»
форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Лаптев Ю.В., профессор, д.т.н.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Маркшейдерского дела	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Жабко А.В.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 15 от 10.03.2020 г.	Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург-2020

Геометризация месторождений полезных ископаемых: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Ю.В. Лаптев; Уральский государственный горный университет, кафедра Маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с учебным пособием [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности «Горное дело» специализации Маркшейдерское дело».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «_09» _апреля_2019 г., протокол №_19_

© Лаптев Ю.В.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 5
2. Повторение материала лекций. 5
3.Самостоятельное изучение тем курса. 6
4. Подготовка к практическим занятиям 7
5. Подготовка к экзамену 11

Введение

Самостоятельная работа обучающегося является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки обучающегося составляет 172 часов или 8 зачетных единиц. Из них 53 часов (очное обучение) и 119 часов (заочное обучение) отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Геометризация месторождений полезных ископаемых» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины: повторение материала лекций, самостоятельное изучение тем курса, подготовка к практическим занятиям, подготовка к зачету и экзамену, подготовка к опросу, подготовка к выполнению и оформление курсовой работы.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Геометризация месторождений полезных ископаемых». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой тестовых вопросов на зачет и экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебном пособии по курсу [1]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебному пособию [1] освойте каждый структурный элемент темы.

3.Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Обучающийся должен пользоваться своим конспектом лекций для усвоения пройденного материала.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КУРСА

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические

зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

4. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Назовите предмет и задачи геометризации СПИ.
2. Что связывает предмет геометрии недр и геометризации МПИ?
3. В чем состоит отличие геометрии недр от геометризации МПИ?
4. Какие модели составляют в зависимости от объекта геометризации недр?
5. Какие показатели являются объектом геометризации недр?
6. Месторождения каких полезных ископаемых являются объектами геометризации?
7. Назовите отечественных ученых, проводивших исследовательские работы по геометризации месторождений полезных ископаемых.
8. Какие физико-математические методы применяются для геометризации месторождений?

Тема 2: Связь «Геометризации МПИ» с горными и геологическими науками

1. Какова информационная схема потоков на предварительной стадии геометризации МПИ?
2. Какова задача горного производства?
3. Основные задачи маркшейдерии и геометрии недр при разработке месторождений полезных ископаемых.
4. Подсчет и управление запасами при отработке месторождения.
5. Каковы задачи маркшейдерских и геологических съемок при геометризации МПИ?
6. Какие задачи геометризации МПИ решаются при помощи математической модели месторождения?
7. Для решения каких вопросов служит математическая модель месторождения?
8. Какие вопросы горного производства решаются с помощью геометризации МПИ?
9. Что входит в задачи горно-геометрического анализа?
10. Какими методами производится обработка горно-геометрических графиков?

Тема 3: Морфология месторождений полезных ископаемых

1. Назовите основные морфологические элементы залежей полезных ископаемых.
2. Что понимается под поверхностью залежи?
3. Что такое линия выклинивания?
4. Как определяется линия выклинивания залежи?
5. Что понимается под мощностью залежи?
6. Что такое срединная поверхность, ось и центр залежи?
7. Какие формы залежи Вы можете назвать?
8. Укажите длину, ширину и показатель вытянутости тела полезного ископаемого.
9. Назовите элементы залегания рудных тел.
10. Что такое простирание залежи?
11. Как определяется азимут простирания?
12. Определите угол падения залежи.
13. Какая бывает форма залежей?
14. Определите показатель сложности контура залежи.
15. Типовое строение залежей полезных ископаемых.
16. Анизотропия геологической структуры полезного ископаемого.

Тема 4: Методы изучения залежей МПИ

1. Какие виды геологоразведки производятся при открытых и подземных горных работах?
2. Какие цели и задачи у доразведки отрабатываемого месторождения?
3. Задачи и особенности эксплуатационной разведки.
4. Геологическая документация и опробование при эксплуатации.
5. Задачи детальной разведки отрабатываемого месторождения.
6. Геофизические методы исследования на горных предприятиях.
7. Геофизические методы исследования скважин (каротаж).
8. Основные виды каротажа скважин.
9. Методы подземной геофизики.
10. Инженерно-геологические исследования на горных предприятиях.
11. Гидрологические исследования на горных предприятиях.
12. Ядерно-физические методы изучения горного массива.

13. Электрометрические методы исследования массива горных пород.
14. Гравиметрические методы изучения массива горных пород.
15. Магнитометрические методы исследований горного массива.

Тема 5: Оценка изменчивости и изученности МПИ

1. Что понимают под свойством недр?
2. Какой тип изменчивости свойств является функциональным?
3. Какая изменчивость характеризует статистически независимые свойства?
4. Какая изменчивость свойств недр является наблюдаемой?
5. Назовите координируемую изменчивость свойств недр.
6. Приведите пример изменчивости кусочно-непрерывного размещения.
7. Приведите изменчивость дискретного размещения.
8. Какая составляющая изменчивости является случайной?
9. Какая составляющая изменчивости является коррелированной?
10. Назовите существующие показатели изменчивости.
11. Назовите типы реальной наблюдаемой изменчивости.
12. В чем заключается влияние решетчатости распределения результатов наблюдений и неравномерности интервала?
13. Что такое «белый шум»?
14. Что такое показатель устойчивости изменчивости?
15. Как соотносятся понятия «изменчивость» и «изученность»?
16. В чем состоят принципы информационной оценки изученности месторождения?
17. В чем состоит информационное различие детальной и эксплуатационной разведок?
18. Назовите факторы, определяющие геолого-структурную модель месторождения и методы их инженерно-геологической оценки.

Тема 6: Геометризация месторождений твердых полезных ископаемых

1. Назовите геометрические элементы залегания тел полезных ископаемых.
2. Назовите элементы залегания поверхности геологического контакта залежи с вмещающими породами.
3. В чем заключается съемка и документирование буровой скважины?
4. Как производится геометризация формы и условий залегания месторождения?
5. Как производится построение геологических разрезов?
6. Как производится построение гипсометрических планов?
7. Мощность залежи и ее виды, построение изомощностей.
8. Определите глубину залегания и постройте изоглубину.
9. В чем заключается прогнозирование морфологических показателей угольных пластов?
10. Методы измерения и опробования качественных показателей залежи.
11. Способы расположения точек отбора порций товарной пробы из вагонов.
12. Какие способы отбора проб в горных выработках?
13. Геолого-маркшейдерская документация при опробовании.
14. Методика обработки данных опробования качественных показателей полезного ископаемого.
15. Методы построения изолиний качественных свойств полезного ископаемого.

16. Районирование месторождений твердых полезных ископаемых по сортовому составу.
17. Прогнозирование разрывных нбарушений на угольных месторождениях по данным его геометризации.
18. Как производится выявление закономерностей в изменчивости качественных свойств и мощности рудных тел, а также угольных пластов?
19. Геометризация месторождения химического сырья (на примере фосфоритовой залежи).
20. Горно-геометрический анализ Босскунчакского месторождения поваренной соли.

Тема 7: Геометризация нефтяных и газовых месторождений

1. Какую роль выполняют «коллекторы» в составлении нефтяных и газовых пластов?
2. Как производится геометризация залежей нефти и газа на основе объединения коллекторов-ловушек?
3. Как провести подсчет запасов нефти и газа на основе оптимальных значений нефтеотдачи «коллекторов-ловушек».
4. Производство расчетов коэффициента продуктивности на основе произведения эффективной нефтенасыщенной мощности пласта h на коэффициент, учитывающий емкостно-фильтрационную характеристику пласта $\alpha_{сп}$ $П^{h\alpha} = h\ \alpha_{сп}/$
5. Критическая величина $П^{h\alpha}$ характеризует искомую границу кондиций пласта. Найти эту величину для разных h $\alpha_{сп}$.
6. Как производится оценка изменчивости свойств нефтяных залежей?
7. Как определить высотное положение водонефтяного контакта и оценить его точность?
8. Определите условие горизонтальности положения поверхности водонефтяного контакта.
9. Определите оценку значимости параметров негоризонталоьного водонефтяного контакта.
10. В чем заключается графоаналитический способ построения водонефтяного контакта на карте?
11. Как производится оценка точности площади нефтеносности?
12. Как определяется ошибка коэффициента нбефтеотдачи?
13. Назовите показатели, характеризующие особенности геологического строения залежей нефти?
14. Как производится выбор аналога разведываемой залежи на основе составления значений геологических показателей?
15. Принцип и методика определения оптимальной изученности нефтяного месторождения.
16. Каковы требования к степени изученности залежи и месторождения?
17. Определение оптимальной степени изученности залежей и месторождений в процессе их разведки.

Тема 8: Геометризация показателей трещиноватости и устойчивости массива

1. Что такое трещиноватость?
2. Каковы показатели и параметры трещиноватости?
3. Как определяются горно-геометрические типы трещиноватости осадочных пород?

4. Каковы геотектонические условия образования трещиноватости?
5. В чем заключаются закономерности проявления трещиноватости?
6. Прокомментируйте и объясните генетическую классификацию трещиноватости осадочных пород.
7. Как выполняется методика изучения трещиноватости?
8. Как проводится изучение трещиноватости в горных выработках?
9. Как выполняется изучение трещиноватости по результатам разведочного бурения?
10. Как производится прогнозирование трещиноватости?
11. Назовите факторы устойчивости откосов отвалов и бортов карьеров.
12. Объясните смысл коэффициента устойчивости откоса как показателя районирования.
13. В чем состоит учет влияния на устойчивость откосов поверхнбостей ослабления?
14. В чем заключается балльная система оценки устойчивости карьерных откосов?
15. В чем заключается районирование по условиям шарашечного бурения взрывных скважин?
16. Как производится районирование по трудности взрывания пород?
17. Как производится районирование по трудности экскавации пород?
18. Как производится построение прогнозных карт районирования технологических условий?

Тема 9: Геометризация процессов технологии горного производства

1. Назовите технологические процессы горного производства в карьер.
2. Укажите технологическую последовательность формирования рудных складов и отвалов пустых пород.
3. Назовите типы автотранспорта, поставляющего руду и вскрытые породы на склады и отвалы горного предприятия.
4. Какова высота отвалов и складов на горном предприятии?
5. Опишите технологию отвалообразования на горных предприятиях?
6. В чем состоит закономерность формирования внутренней структуры отвальных тел?
7. Какие геометрические зоны стоит выделить во внутренней и внешней структуре насыпного объема отвальных тел?
8. Опишите геометрические закономерности процесса сегрегации сыпучей горной массы при ее отсыпке на горизонтальное и наклонное основание отвальных тел.
9. Как изменяется коэффициент разрыхления в сечении и укладки отвальных тел?
10. Какие технологические операции для рациональной отгрузки насыпных тел Вы могли бы предложить?

5. ПОДГОТОВКА К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные задачи маркшейдерии и геометрии недр при разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Каковы задачи маркшейдерских и геологических съемок при геометризации МПИ?

3. Какие вопросы горного производства решаются с помощью геометризации МПИ?
4. Что входит в задачи горно-геометрического анализа?
5. Какими методами производится обработка горно-геометрических графиков?
6. Что понимается под поверхностью залежи?
7. Что понимается под мощностью залежи?
8. Что такое простирание залежи?
9. Как определяется азимут простирания?
10. Какая бывает форма залежей?
11. Задачи и особенности эксплуатационной разведки.
12. Задачи детальной разведки отрабатываемого месторождения.
13. Основные виды каротажа скважин.
14. Ядерно-физические методы изучения горного массива.
15. Магнитометрические методы исследований горного массива.
16. Что понимают под свойством недр?
17. Какой тип изменчивости свойств является функциональным?
18. Приведите пример изменчивости кусочно-непрерывного размещения.
19. Назовите существующие показатели изменчивости.
20. Назовите существующие показатели изменчивости.
21. Что такое «белый шум»?
22. Назовите геометрические элементы залегания тел полезных ископаемых.
23. Мощность залежи и ее виды, построение изомощностей.
24. Методы измерения и опробования качественных показателей залежи.
25. Какие способы отбора проб в горных выработках?
26. Геолого-маркшейдерская документация при опробовании.
27. Методы построения изолиний качественных свойств полезного ископаемого.
28. Какую роль выполняют «коллекторы» в составлении нефтяных и газовых пластов?
29. Как производится оценка изменчивости свойств нефтяных залежей?
30. Назовите показатели, характеризующие особенности геологического строения залежей нефти?
31. Что такое трещиноватость?
32. Как проводится изучение трещиноватости в горных выработках?
33. Назовите факторы устойчивости откосов отвалов и бортов карьеров.
34. В чем состоит учет влияния на устойчивость откосов поверхнбостей ослабления?
35. Как производится районирование по трудности взрывания пород?
36. Укажите технологическую последовательность формирования рудных складов и отвалов пустых пород.
37. Опишите технологию отвалообразования на горных предприятиях?
38. В чем состоит закономерность формирования внутренней структуры отвальных тел?
39. Какие геометрические зоны стоит выделить во внутренней и внешней структуре насыпного объема отвальных тел?
40. Опишите геометрические закономерности процесса сегрегации сыпучей горной массы при ее отсыпке на горизонтальное и наклонное основание отвальных тел.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Букринский В.А., Геометризация недр. Практический курс: Учеб. пособие. – 2004. –333 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Шмонин А. Б.

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч.1 (ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ)

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:
проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«___»_____2019 г.

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч.1 (ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ)

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая): Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы учебной практики в соответствии с методическими указаниями [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Геодезия».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «___»_____2019 г., протокол №_____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	
1	Методические указания к организации самостоятельной работы студента	5
2	Содержание разделов учебной практики. Контрольные вопросы и упражнения.	6
3	Методические указания к составлению отчета по практике	13
	Рекомендуемая литература	25

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая)» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 36 часов отводится на самостоятельную работу обучающихся.

По курсу «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая)» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным разделам учебной практики, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление и защита отчёта о практических работах; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая)». Она содержит названия разделов учебной практики с указанием основных вопросов по каждому разделу. Каждый раздел является основой вопросов на зачёт. При проведении учебной практики преподаватель указывает те вопросы, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждому разделу учебной геодезической практики содержится в Методических указаниях [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам учебной геодезической практики в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы образцы тестовых заданий.

При освоении, указанных ниже разделов, рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой раздела.

2. По методическим указаниям [1] освойте каждый структурный элемент раздела. Во всех разделах указаны страницы методических указаний содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными разделами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых по результатам выполнения практических полевых работ, и в том порядке, в котором следуют разделы по учебной практике.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Раздел 1. Подготовительный (организационный) этап практики

Подготовительные работы, инструктаж по технике безопасности, организационные вопросы, формирования бригад, поверки приборов

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные поверки теодолита 2Т30П.
2. Назовите основные поверки нивелира Н-3.
3. Назовите участников процесса измерений?
4. Какие обязанности выполняет бригадир в бригаде?
5. Какие правила безопасности должны выполнять практиканты в период учебной практики на полевых и камеральных работах?

Раздел 2. Создание планово-высотного съемочного обоснования

Рекогносцировка местности, закрепление пунктов геодезического съемочного обоснования. Измерение горизонтальных и вертикальных углов на пунктах теодолитного хода, измерение длин сторон хода . Привязка теодолитного хода к опорным пунктам геодезической сети. Камеральные работы: вычисление координат и высот пунктов теодолитного хода.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Сущность создания съёмочного обоснования?
2. Виды теодолитных ходов.
3. Что такое «привязка» теодолитного хода к пунктам опорной сети?
4. Как закрепляются пункты съемочной геодезической сети?
5. Что такое теодолитный ход?
6 Перечислите виды геодезических засечек.
7.Чем отличаются полевые и камеральные работы.
8.Опишите технологию проложения теодолитного хода.
9.Опишите технологию выполнения прямой угловой засечки.
10. Последовательность вычисления горизонтальных проложений сторон теодолитного хода, превышений и высотных отметок точек теодолитного хода
12. Последовательность вычисления коодинат точек теодолитного хода.
13 Какова методика измерения превышения нивелиром Н-3 на станции

Задания для тестирования:

1. Найти коллимационную ошибку теодолита, если отсчеты по его горизонтальному кругу, при визировании на одну точку, равны КЛ=$0^0$06' и КП=$180^0$08'

1. 0^0 02'
2. 0^0 07'
3. -0^0 01'
4. 0° 01'

2. Чтобы исключить грубые ошибки при измерении стороны теодолитного хода мерной лентой необходимо:использовать:

A. измерить сторону шагами
B. измерить лентой дважды и сравнить результаты
C. измерить светодальномером
D. более точный мерный прибор

3. Для графического интерполирования высотных отметок при построении горизонталей на топографических планах применяется:

A. курвиметр
B. планиметр
C. транспортир
D. линейная палетка

4. Вычислить горизонтальное проложение d между точками А и В, если приращения координат между ними равны: ΔУ=30 м и ΔХ=40 м

A. 50 м
B. 10 м
C. 70 м
D. 60 м

5. Найти гол наклона, если отсчёт по вертикальному кругу теодолита равен КЛ= 3°06′ и место нуля МО= -0°02′.

A. 3 °04'
B. 3 °08'
C. 1 °06'
D. 5 °06'

6. В системе прямоугольных плоских геодезических координат ось У совпадает с:

A. географическим меридианом точки
B. осевым меридианом 6° или 3° зоны
C. линией перемены дат
D. линией экватора

7. В системе прямоугольных плоских геодезических координат ось X совпадает с:

A. географическим меридианом точки
B. осевым меридианом 6° или 3° зоны
C. магнитным меридианом точки
D. линией экватора

8. Сумма исправленных приращений координат в замкнутом теодолитном ходе равна:

A. линейной невязке
B. нулю
C. разности координат исходных пунктов
D. разности превышений

9. Теодолитный ход состоит из 9 точек на которых измерены 9 горизонтальных углов. Найти предельную допустимую угловую невязку.

A. 9'
B. 1'
C. 4.5
D. 3'

Раздел 3. Тахеометрическая съемка

Угловые измерения. Теодолит, его устройство. Поверки теодолита. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Линейные измерения. Измерение линий нитяным дальномером, мерной лентой. Принцип измерения расстояний светодальномерами. Классификация ошибок. Средние квадратические ошибки. Относительные ошибки. Невязки. Математическая обработка ряда равноточных независимых измерений одной и той же величины. Математическая обработка ряда неравноточных независимых измерений одной и той же величины. Поправки, вводимые в измеренные расстояния. Измерения неприступных расстояний. Измерение превышений. Методы определения превышений: геометрическое, тригонометрическое и др. нивелирования. Нивелир, его устройство и поверки. Нивелирные рейки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите технологию тахеометрической съёмки.
2. Какие допуски на точность измерения углов теодолитом 2Т30 устанавливает Инструкция при тахеометрической съёмке?
3. С какой точностью измеряется высота прибора при тахеометрической съёмке?
4. Перечислите поверки теодолита 2Т30?
5. Какова точность центрирования прибора при при тахеометрической съёмке?
6. Как учитывается место нуля теодолита при тахеометрической съёмке?

7. Что такое «место нуля» у теодолита и как оно вычисляется?
8. Какая последовательность операций при приведении теодолита в рабочее положение перед измерениями?

Задания для тестирования:

1. Геодезический прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов называется:

A. нивелир
B. теодолит
C. кипрегель
D. буссоль

2. Чтобы исключить грубые ошибки при измерении стороны теодолитного хода мерной лентой необходимо:

A. измерить сторону шагами
B. измерить лентой дважды и сравнить результаты
C. измерить светодальномером
D. измерить радиодальномером

3. Расстояния при тахерометрической съёмке измеряются с помощью:

A. шагов
B. рулетки
C. нитяного дальномера и рейки
D. радиодальномера
D. землемерной ленты

4. Высота прибора i это высота горизонтального визирного луча над:

A. точкой стояния прибора

B. плоскостью горизонта
C. рейкой

D. уровнем моря

5. Каким видом нивелированияопределяется высотная отметка реечной точки при тахерометрической съёмке.

A. геометрическим
B. тригонометрическим
C. гидростатическим
D. барометрическим

4. Найти место нуля вертикального круга теодолита 2Т30, если отсчёты по его вертикальному кругу равны КЛ= 3°06′ и КП= -3° 04'

A. 0 °02'

B. -0 °02'
C. 0 °01'
D. -0 °01'

Раздел 4. Инженерно-техническое нивелирование

Рекогносцировка трассы. Разбивка пикетажа на трассе. Нивелирование связующих и промежуточных точек. Работа на станции. Полевой контроль. Ведение полевого журнала. Привязка трассы к пунктам ГГС. Обработка журнала нивелирования. Постраничный контроль. Вычисление невязки нивелирного хода. Вычисление отметок точек хода. Построение профиля трассы. Проектирование по трассе, расчет уклонов. Вычисление проектных и рабочих отметок. Построение поперечных профилей. Вынос в натуру точек с проектными отметками и линии с проектным уклоном

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое трассирование линейных сооружений?
2. Как разбивают пикетаж на трассе линейного сооружения?.
3Как выполняется геометрическое нивелирование связующих и промежуточных точек?
4. Что такое горизонт прибора и для чего он применяется?
5. Как осуществляется полевой контроль при нивелировании?.
6. Как вычисляется невязка в нивелирном ходе?
7. Опишите последовательность обработки журнала нивелирования.
8. Опишите технологию построения продольного профиля трассы.
9. Опишите технологию проектирования автодороги по продольному профилю трассы и расчёта проектных уклонов.
10. Как вычисляются проектные и рабочие отметки на продольном профиле трассы?
11. Опишите технологию построения поперечных профилей.
12. Какие допуски на точность измерения превышений при геометрическом нивелировании технической точности устанавливает Инструкция?
13. Какая методика нивелирования даёт более точный результат: «из середины линии» или «с конца линии».

Задания для тестирования:

1. Длина нивелирного хода технической точности 9 км. Найти предельную допустимую невязку.

A. 150 мм

B. 60 мм

C. 15 мм

D. 90 мм

2. Горизонт прибора это высота горизонтального визирного луча над:

A. земной поверхностью

B. плоскостью горизонта

C. уровнем моря

D. колышком пикета

4. Найти высотную отметку конца проектной линии с уклоном i = 1%, если длина участка d=500 м, а начальная отметка Нн=52,35 м.

A. 52,85 м
B. 57, 35 м
C. 50,35 м
D. 50, 35 м

5. Высотная отметка земли (чёрная) Нч = 85,56 м, проектная (красная) отметка в этой точке Нк = 84,34 м. Вычислить рабочую отметку м.

E. - 1,22 м
F. 1,22 м
G. 84,95 м
H. 84, 45 м

Раздел 5. Инженерно-геодезические задачи и рабивочные работы

Вынос в натуру точки с проектными координатами (полярным способом). Вынос в натуру точек с проектными отметками и линии с проектным уклоном. Определение положения точек земной поверхности с помощью геодезических спутниковых систем (CPS ГЛОНАСС). Работа с навигатором

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как настроить навигационный спутниковый приемник на определение плоских прямоугольных координат точек земной поверхности?

2.Чем отличаются космические группировки спутников ГЛОНАСС и GPS

3. Какова точность измерения координат навигационным спутниковым приёмником?

4. Опишите технологию выноса в натуру точек с проектными высотными отметками.

5. Технология выноса в натуру линий с проектными уклонами.

6. Технология выноса в натуру линий с проектными углами наклона.

7. Как измерить высоту сооружения косвенным способом?

8. Как вычислить рвзбивочные элементы круговой кривой?

Задания для тестирования:

1. Вычислить дирекционный угол линии АВ, если приращения координат между точками А и В равны ΔУ=120 м и ΔХ=120 м.

A. 135°
B. 225°
C. 315°
D. 45°

2. Вычислить уклон i проектной линии в %на участке продольного профиля длиной D=500 м, если высотная отметка начала линии Нн= 60,56 м, а конца Нк=64,56 м

A. 0,8 %
B. 8,0 % м
C. 2,5 %
D. 0,008 %

3. Дирекционный угол линии равен 210°, определить ее румб.

A. 10°СВ
B. 120°ЮЗ
C. 30°ЮЗ
D. 30° ЮВ

4. Румб линии может изменяться в пределах:

A. 0°-360°
B. 0°-180°
C. 0°-90°
D. 90°-180°

3. Методические указания к составлению отчёта по практике

Оформление отчета осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

3.1 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ И НУМЕРАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ГЛАВ И ПАРАГРАФОВ

Отчет должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент отчета (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение
1 Общие сведения
2 Выполненные работы
Заключение
Приложения

3.2 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

3.3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПЕРЕЧИСЛЕНИЙ

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:
- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;
б) …;
1) …;

3.4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РИСУНКОВ

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со

всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграмма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:

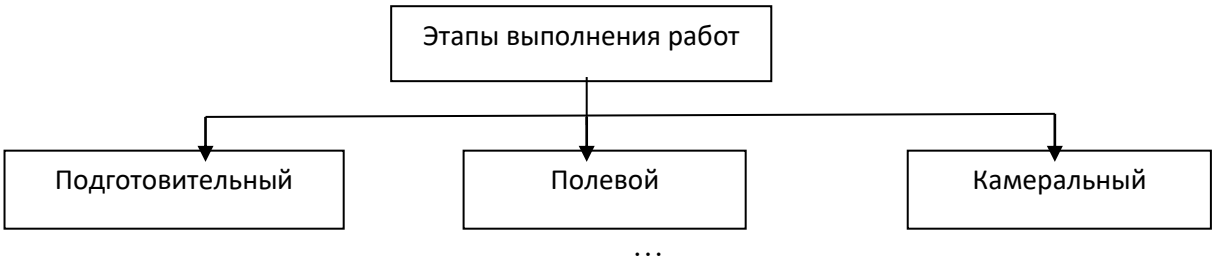


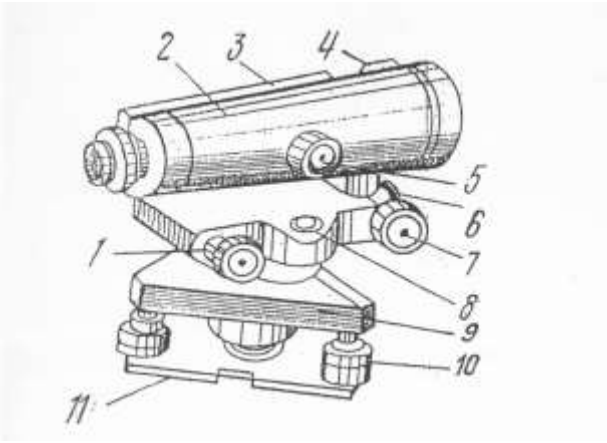
Рисунок 1 – Этапы выполнения работ

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Протяженность трассы, км

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:



11 – основание;

10 – подъемные винты;

9 – подставка;

8 – круглый уровень;

7 – наводящий винт;

6 – закрепительный винт;

5 – винт фокусировки;

Рисунок 1 –Устройство нивелира Н-3 [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:

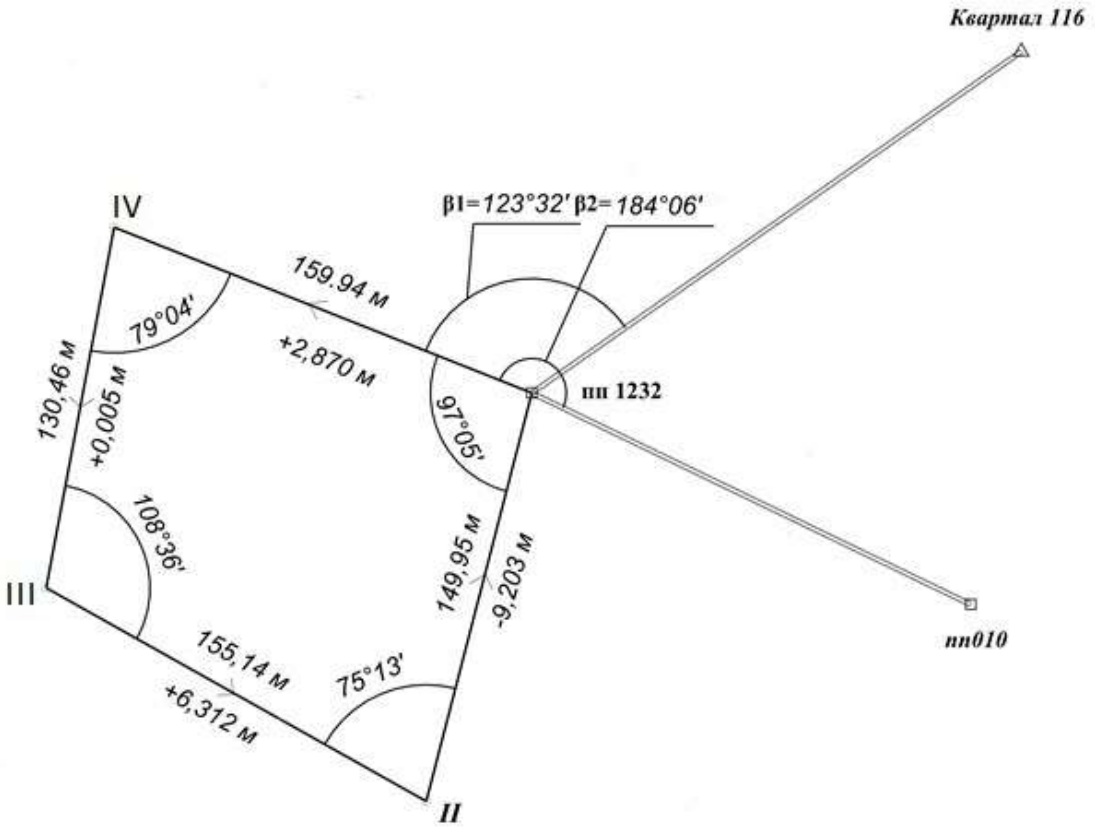


Рисунок 2 – Схема планово-высотного обоснования,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

3.5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦ

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

---

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Перечень используемого оборудования

Наименование	Количество, штук
Нивелир Н-3	1
Рейка нивелирная 3 м	2

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика использования GPS оборудования при проведении изысканий

	2015	2016	2017	2018
Количество организаций использующих GPS оборудования при проведении изысканий	150	210	280	370
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Трудозатраты[1]

Трудозатраты	2016	2017
Количество человек в бригаде	6	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

[1] Составлено автором по: [2, 7, 10]

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

3.6 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПРИМЕЧАНИЙ И ССЫЛОК

При необходимости пояснить содержание текста, таблицы или иллюстрации в работе следует помещать примечания. Их размещают непосредственно в конце страницы, таблицы, иллюстрации, к которым они относятся, и печатают с прописной буквы с абзацного отступа после слова «Примечание» или «Примечания». Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Если их несколько, то после слова «Примечания» ставят двоеточие и каждое примечание печатают с прописной буквы с новой строки с абзацного отступа, нумеруя их по порядку арабскими цифрами.

Цитаты, а также все заимствования из печати данные (нормативы, цифры и др.) должны иметь библиографическую ссылку на первичный источник. Ссылка ставится непосредственно после того слова, числа, предложения, по которому дается пояснение, в квадратных скобках. В квадратных скобках указывается порядковый номер источника в соответствии со списком использованных источников и номер страницы, с которой взята информация, например: [4, с. 32]. Это значит, использован четвертый источник из списка литературы со страницы 32. Если дается свободный пересказ принципиальных положений тех или иных авторов, то достаточно указать в скобках после изложения заимствованных положений номер источника по списку использованной литературы без указания номера страницы.

3.7 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Оформлению списка использованных источников, прилагаемого к отчету, следует уделять самое серьезное внимание.

Сведения об источниках приводятся в следующем порядке:

1) **нормативные правовые акты**: Нормативные правовые акты включаются в список в порядке убывания юридической силы в следующей очередности: международные нормативные правовые акты, Конституция Российской Федерации, федеральные конституционные законы, федеральные законы, акты Конституционного Суда Российской Федерации, решения других высших судебных органов, указы Президента Российской Федерации, постановления Правительства Российской Федерации, нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, законы субъектов Российской Федерации, подзаконные акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, акты организаций.

Нормативные правовые акты одного уровня располагаются в хронологическом порядке, от принятых в более ранние периоды к принятым в более поздние периоды.

Примеры оформления нормативных правовых актов и судебной практики:

1. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов власти субъектов Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 06.10.1999 г. № 184-ФЗ // Собрание законодательства РФ. - 1999. - № 43.

2. О порядке разработки и утверждения административных регламентов исполнения государственных функций (предоставления государственных услуг) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 11.11.2005 г. № 679. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

3. О практике применения судами Закона Российской Федерации «О средствах массовой информации» [Электронный ресурс]: Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 15.06.2010 № 16. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

4. Определение судебной коллегии по гражданским делам Верховного Суда Российской Федерации по иску Цирихова // Бюллетень Верховного Суда Российской Федерации. - 1994. -№9. - С. 1-3.

2) **книги, статьи, материалы конференций и семинаров.** Располагаются по алфавиту фамилии автора или названию, если книга печатается под редакцией. Например:

5. Абрамова, А.А. Трудовое законодательство и права женщин [Текст] / А.А.Абрамова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 11, Право. - 2001. - № 5. - С. 23–25.

6. Витрянский, В.В. Договор банковского счета [Текст] / В.В. Витрянский // Хозяйство и право.- 2006.- № 4.- С. 19 – 25.

7. Двинянинова, Г.С. Комплимент: Коммуникативный статус или стратегия в дискурсе [Текст] / Г.С. Двинянинова // Социальная власть языка: сб. науч. тр. / Воронеж. межрегион. ин-т обществ. наук, Воронеж. гос. ун-т, Фак. романо-герман. истории. - Воронеж, 2001. - С. 101–106.

8. История России [Текст]: учеб. пособие для студентов всех специальностей / В.Н. Быков [и др.]; отв. ред. В.Н. Сухов; М-во образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. - 2-е изд., перераб. и доп. / при участии Т.А. Суховой. - СПб.: СПбЛТА, 2001. - 231 с.

3) **статистические сборники, инструктивные материалы, методические рекомендации, реферативная информация, нормативно-справочные материалы.** Располагаются по алфавиту. Например:

13. Временные методические рекомендации по вопросам реструктуризации бюджетной сферы и повышения эффективности расходов региональных и местных бюджетов (Краткая концепция реструктуризации государственного и муниципального сектора и повышения эффективности бюджетных расходов на региональном и местном уровнях) [Текст]. - М.: ИЭПП, 2006. - 67 с.

14. Свердловская область в 1992-1996 годах [Текст]: Стат. сб. / Свердл. обл. комитет гос. статистики Госкомстата РФ. - Екатеринбург, 1997. - 115 с.

15. Социальное положение и уровень жизни населения России в 2010 г. [Текст]: Стат. сб. / Росстат. - М., 2002. - 320 с.

16. Социально-экономическое положение федеральных округов в 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru

4) **книги и статьи на иностранных языках** в алфавитном порядке. Например:

17. An Interview with Douglass C. North [Text] // The Newsletter of The Cliometric Society. - 1993. - Vol. 8. - N 3. - P. 23–28.

18. Burkhead, J. The Budget and Democratic Government [Text] / Lyden F.J., Miller E.G. (Eds.) / Planning, Programming, Budgeting. Markham : Chicago, 1972. 218 p.

19. Miller, D. Strategy Making and Structure: Analysis and Implications for Performance [Text] // Academy of Management Journal. - 1987. - Vol. 30. - N 1. - P. 45–51;

20. Marry S.E. Legal Pluralism. – Law and Society Review. Vol 22.- 1998.- №5.- p. 22-27

интернет-сайты. Например:

21. Министерство финансов Российской Федерации: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.minfin.ru

22. Российская книжная палата: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.bookchamber.ru

В списке использованных источников применяется сквозная нумерация с применением арабского алфавита. Все объекты печатаются единым списком, группы объектов не выделяются, источники печатаются с абзацного отступа.

Объекты описания списка должны быть обозначены терминами в квадратных скобках[2]: - [Видеозапись]; [Мультимедиа]; [Текст]; [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.8 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ

В приложения рекомендовано включать материалы, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть: материалы, дополняющие работу; таблицы вспомогательных цифровых данных; инструкции, методики, описания алгоритмов и программ задач, иллюстрации вспомогательного характера; нормативные правовые акты, например, должностные инструкции. В приложения также включают иллюстрации, таблицы и распечатки, выполненные на листах формата А3.

Приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах после списка использованных источников.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ (ПРИЛОЖЕНИЕ А, ПРИЛОЖЕНИЕ Б, ПРИЛОЖЕНИЕ В и т.д.). Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Само слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» пишется прописными (заглавными) буквами.

Если в работе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Каждое приложение следует начинать с новой страницы. При этом слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его буквенное обозначение пишутся с абзацного отступа.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают на следующей строке после слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» с абзацного отступа. Заголовок пишется с прописной буквы.

В тексте работы на все приложения должны быть даны ссылки, например: «… в приложении Б…». Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте работы.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

---

[2] Полный перечень см. в: Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Текст]: ГОСТ 7.1-2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образец оформления титульного листа отчета по практике



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

ОТЧЕТ

о прохождении учебной практики

по получению первичных профессиональных

умений и навыков, ч.1 (ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ)

_____

(наименование организации прохождения практики)

Направление / Специальность: 21.05.04

ГОРНОЕ ДЕЛО

Профиль /Специализация:

№ 4 «Маркшейдерское дело»

Бригада № 4

Группа: МД-18-1

Студенты : Борисов А. В.

Иванов С. И.

Петров И. В.

Сидоров А. В.

Кучин С. Р.

Руководитель практики от университета:

Колесатова О.С.

Руководитель практики от УГГУ:

Шмонин А.Б, доцент каф.МД

Оценка _____

Подпись _____

Екатеринбург 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Образец оформления содержания отчета по учебной практике

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Общие сведения	5
1.1	Физико-географическая характеристика района работ	…
1.2	Рекогносцировка местности и закладка центров	…
2	Выполненные работы	…
2.1	Поверки теодолита	…
2.2	Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний	…
2.3	Вычисление координат и отметок точек съемочного обоснования	…
2.4	Тахеометрическая съемка	…
2.5	Поверки нивелира	…
2.6	Геометрическое нивелирование	…
2.7	Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы	…
2.8	Решение инженерно-геодезических задач	…
2.9	Вычерчивание топографического плана	…
	Заключение	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Образец оформления титульного листа отчёта о практике.	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Образец оформления содержания отчёта.	

Рекомендуемая литература

1. Методические указания к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений / И.В.Назаров, Е.В. Шипилова. – Екатеринбёрг: Изд-во УГГУ, 2018.- 55 с

2. Геодезия : курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2017. - 149 с.

3. В. Е. Коновалов, В. Л. Клепко Геодезия : методические указания к выполнению лабораторных и самостоятельных работ : для студентов заочного обучения всех специальностей ; Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2010. - 59 с.

4. Геодезия : учебник / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. - Москва : Академический Проект, 2007. - 592 с

5. Практикум по геодезии : учебное пособие / Ю. К. Неумывакин. - Москва :КолосС, 2008. - 318 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 311.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Б. П. Голубко

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч.3

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ 6
Программа практики 6
Рекомендуемая литература 7
1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 8
1.1. Общие сведения о Березовском месторождении 8
1.2. Геологическое строение 8
1.3. Горнотехническая характеристика 9
2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ 10
2.1. Основные положения 10
2.2. Передвижение по горизонтальным, вертикальным и наклонным выработкам 11
2.3. Передвижение по горным выработкам с маркшейдерскими инструментами 12
2.4. Меры безопасности при выполнении соединительных съемок 13
2.5. Краткие сведения о ядовитых газах 14
2.6. Сведения из Правил техники безопасности при производстве взрывных работ 15
2.7. Меры безопасности при авариях в шахте. Самоспасание 15
2.8. Оказание первой помощи при поражении электрическим током 16
2.9. Самопомощь, взаимопомощь пострадавшим и способы искусственного дыхания 17
3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ 19
3.1. Поверки теодолитов 19
3.2. Поверки нивелиров 21
3.3. Поверки рулеток 22
3.3.1. Компарирование рулетки 22
3.3.2. Определение стрелы провеса рулетки 23
4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 24
4.1. Основные положения 24
4.2. Опорные сети 1-го разряда. Полевые работы 24
4.2.1. Рекогносцировка и закладка пунктов 24
4.2.2. Измерение горизонтальных углов 25
4.2.3. Измерение длин 27

4.3. Опорные сети 1-го разряда. Камеральная обработка результатов измерений 28
4.3.1. Обработка длин сторон 28
4.3.2. Вычисление координат пунктов полигонометрического хода 30
4.4. Высотные опорные сети 35
4.5. Съемочные работы на земной поверхности 38
4.6. Определение объемов отвалов 41
4.7. Маркшейдерское обеспечение горно-строительных работ 44
4.7.1. Основные положения 44
4.7.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов 49
4.7.3. Вынос центра и оси шахтного ствола в натуру 53
5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В ШАХТЕ 57
5.1. Создание подземной маркшейдерской опорной сети 57
5.1.1. Рекогносцировка и закрепление пунктов подземной полигонометрии 57
5.1.2. Измерение углов 58
5.1.3. Измерение длин сторон 58
5.1.4. Съемка подробностей 59
5.1.5. Камеральная обработка результатов измерений подземных маркшейдерских опорных сетей 59
5.2. Ориентирно-соединительная съемка подземных маркшейдерских опорных сетей 61
5.2.1. Общие положения 61
5.2.2. Ориентирование через один вертикальный шахтный ствол с использованием гирокомпаса 62
5.2.3. Ориентирование через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса 67
5.2.4. Анализ результатов ориентировок 73
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ПУНКТОВ ПОДЗЕМНОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ 73
6.1. Общие положения 73
6.2. Передача высотной отметки в шахту длиномером (глубиномером) ДА-2 74
6.3. Передача высотной отметки в шахту шахтной лентой 78
6.4. Геометрическое нивелирование в подземных горных выработках 81
6.5. Вертикальная съемка откаточных путей почвы и кровли выработки 82

7. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМ ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ.....84
7.1. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости.....84
7.2. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости 84
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА О ПРАКТИКЕ.....86
8.1. Общие положения 86
8.2. Содержание отчета.....88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....91

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие к учебной маркшейдерской практике предназначено для студентов специализации «Маркшейдерское дело» и освещает все вопросы, предусмотренные учебной программой по дисциплине «Маркшейдерия»: содержит описание отдельных видов маркшейдерских работ, последовательность их выполнения, нормы точности и преследует цель закрепления теоретических знаний, практических навыков ведения маркшейдерских работ в условиях действующего горного предприятия.

Учебная маркшейдерская практика проводится на действующей шахте Березовского золоторудного месторождения. Все виды работ выполняются студентами самостоятельно в составе бригад по 7-8 человек под руководством преподавателя.

Отчет по результатам выполненных на практике работ составляется и защищается каждым студентом индивидуально.

В комплект отчетной документации входят:

полевые журналы с записью результатов измерений (бригадные);

расчеты, выполненные по прилагаемым формам (индивидуальные);

чертежи, выполненные тушью на бумаге стандартных форматов, с соблюдением ГОСТ. Горная графическая документация. (бригадные).

Продолжительность практики – 4 недели.

Автор благодарит преподавателей кафедры маркшейдерского дела О. С. Раеву, А. А. Шевелева, И. С. Кощеева за активное участие в подготовке учебного пособия.

Автор выражает искреннюю признательность рецензентам д-ру техн. наук Б. Г. Афанасьеву, д-ру техн. наук А. В. Зубкову за ценные замечания по содержанию учебного пособия.

Программа практики

1. Изучение и сдача экзамена по техминимуму правил безопасности.

2. Маркшейдерские работы на земной поверхности шахты.

2.1. Создание опорных сетей на поверхности (полигонометрия 1-го разряда) – 2 км.

2.2. Создание высотного обоснования на поверхности (нивелирование 4-го класса) – 2 км.

2.3. Съемочные работы земной поверхности.

2.4. Вынос центра и осей вертикального ствола в натуру.

2.5. Съемка отвалов горных пород.

3. Маркшейдерские работы в шахте.

3.1. Создание опорных сетей в шахте (1,2 км).

3.2. Создание высотного обоснования в шахте (1,2 км).

3.3. Нивелировка откаточных путей в шахте (1,0 км).

4. Ориентирно-соединительная съемка.

4.1. Ориентировка подземных горных выработок через один вертикальный шахтный ствол.

4.2. Ориентировка подземных горных выработок через два вертикальных шахтных ствола.

4.3. Передача высотной отметки в шахту шахтной лентой, длиномером ДА-2.

5. Написание, оформление и защита отчета о практике.

Рекомендуемая литература

1. *Голубко Б. П., Земских Г. В., Шевелев А. А.* Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений полезных ископаемых: методические разработки к лабораторным работам по курсу «Маркшейдерия» для студентов специализации «Маркшейдерское дело». Екатеринбург: УГГГА, 2007. 64 с.

2. *Кортев Н. В., Леонтьев А. Т., Самарин А. В.* Маркшейдерская документация: учебное пособие. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 68 с.

3. *Земских Г. В., Кортев Н. В.* Маркшейдерско-геодезические приборы: учебное пособие. Екатеринбург: УГГУ, 2009. 146 с.

4. *Инструкция по производству маркшейдерских работ*. М., 2003. Серия 07, выпуск 15. 118 с.

5. *Маркшейдерское дело*: учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин и др. М.: Недра, 1981.

1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.1. Общие сведения о Березовском месторождении

Березовское месторождение, являющееся колыбелью золотопромышленности России и Урала, было открыто в мае 1745 года жителем деревни Шарташ рудознатцем Ерофеем Марковым. С 1748 года началась разработка Березовского месторождения. В 1757 году закончено строительство золотопромывального завода. При заводе по обоим берегам р. Березовки вскоре вырос небольшой поселок, получивший название Березовского (сейчас это старая часть города). В 1938 году он получил статус города.

Город Березовский расположен в 12 км от областного центра – г. Екатеринбурга. Местность района месторождения ровная, с незначительным понижением к северу. Климат района континентальный, ветры чаще всего юго-западного направления. Наибольшее количество осадков приходится на летние месяцы: июнь, июль, август. Растительность лесная с преобладанием сосны и березы. Главным металлическим ископаемым является золото. К нерудным ископаемым следует отнести поделочный и строительный камень.

1.2. Геологическое строение

Район, окружающий Березовское рудное поле, расположен в пределах полосы палеозойских зеленокаменных эффузивно-пирокластических и осадочных пород, ограниченной с востока Мурзино-Алабашской, с запада Верх-Исетской гранитными интрузиями.

В пределах этой полосы заключено несколько малых гранитных плутонов (Благодатский, Шарташский и Шабровский) и крупные интрузии пород габбро-перидотитового комплекса. Интрузии ультраосновных пород прорваны массивами габбро, диоритов и плагиогранитов. Внедрение гранитов и их жильных производных происходило в карбоно-пермский период.

На территории месторождения распространены серпентиниты, которые окаймляют толщу вулканогенных и туфогенных осадочных пород. Конечным продуктом гидротермального мета-

соматоза этих пород являются лиственитты, окаймляющие кварцевые жилы. Толща метаморфизованных пород пересечена многочисленными дайками гранитоидов. Преобладающее простирание даек меридиональное или близкое к нему. Средняя мощность даек не превышает 20 м. Протяженность их по простиранию 7-8 км и углы падения от 20 до 90°. Рудные проявления на месторождении выражены частыми параллельными системами с неравномерными расстояниями между ними. Жилы простираются перпендикулярно по отношению к дайкам, не выходя за их пределы. Протяженность жил по падению в среднем 10-20 м. Мощность жил изменяется от весьма тонких прожилков до жил в 50 см. Средняя мощность их колеблется в пределах 2-6 см.

Золотосодержащими являются не только жилы, но и прилегающие к ним зальбанды. Наибольшее оруденение даечного материала наблюдается в непосредственной близости к контактам кварцево-сульфидных жил. В жилах и прилегающих к ним зальбандах сосредоточено до 80-90 % металла.

1.3. Горнотехническая характеристика

Шахта «Южная» работает на дайках: Перво-Павловской, Второ-Павловской, Соймоновской и Севастьяновской.

Южная часть месторождения в пределах поля шахты «Южной» вскрыта двумя вертикальными стволами: «Южный» и «Вспомогательный». Ствол «Южный» является рудовыдачным и оборудован грузовым подъемом на два скипа и грузолюдским на одну клеть с противовесом. Ствол «Вспомогательный», оборудованный двухклетевым подъемом, служит для спуска и подъема людей и материалов. На флангах шахтного поля пройдены вертикальные вентиляционные стволы.

По горизонтам 212 и 314 м произведены сбойки с шахтами «Северная» и «Центральная».

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. Основные положения

В период прохождения практики каждый студент обязан строго соблюдать правила техники безопасности. Спуск бригады или отдельных студентов в шахту разрешается только после прохождения вводного инструктажа и проверки знаний правил безопасности. Без ведома руководителей практики спуск студентов в шахту категорически воспрещается.

Перед спуском в шахту студент должен надеть спецодежду и шахтерскую предохранительную каску. В шахте работать без каски запрещается.

Если в шахте установлен порядок индивидуального пользования самоспасателями, студенты должны получить их перед спуском, проверить целостность корпуса, наличие и исправность колец для вскрытия самоспасателей и плечевых ремней для ношения самоспасателя.

При спуске в шахту каждый студент должен иметь индивидуальный светильник. При получении светильника необходимо тщательно проверить его исправность (накаливание обоих волосков лампы, герметичность аккумулятора, целостность предохранительного стекла). При обнаружении неисправности светильник следует заменить в ламповой.

Строго запрещается:

а) курить в ламповой, на копре и в клети;

б) спускаться или подниматься в клети при открытой двери;

в) входить в клеть или выходить из клети после сигнала отправления;

г) во время движения клети высовываться или выставлять из нее руки и различные предметы;

д) кататься на вагонетках;

е) лежать на породе;

ж) пить шахтную воду (она не пригодна для питья и может вызвать серьезные желудочные заболевания).

При несчастном случае члены бригады должны оказать первую помощь пострадавшему и сообщить о несчастном случае преподавателю и горному мастеру.

2.2. Передвижение по горизонтальным, вертикальным и наклонным выработкам

После выхода из клети студенты должны следовать к месту работы, не задерживаясь в околоствольном дворе. Переходить с одной стороны околоствольного двора на другую можно только по обходной выработке или по специальному переходу под лестничным отделением ствола. Запрещается проходить через ствол шахты по клетевому отделению.

При передвижении к месту работы и обратно нужно строго придерживаться указаний предупредительных знаков, установленных в шахте. Движение должно проходить только по разрешенным для хождения выработкам, хождение по рельсовым путям запрещается.

При передвижении по выработкам путь нужно освещать лампой, наблюдая за состоянием почвы и кровли выработки и остерегаясь ушибов о выступающие предметы (фланцы труб, крепь и т. д.). О замеченных опасностях следует немедленно сообщить рядом идущему человеку. Передвигаясь по выработкам, необходимо следить за световыми сигналами. В случае приближения поезда нужно остановиться в свободном проходе или специальной нише, став спиной к стенке выработки, и пропустить поезд. Если при приближении поезда возникает опасность или грозит авария поезду, необходимо остановить поезд. Сигналом для остановки поезда служит поперечное движение лампой (от одного бока выработки к другому). Нужно иметь в виду, что тормозной путь электровоза с составом равен 40 метрам. Подходя к закруглению или повороту откаточной выработки, в случае приближения электровоза встаньте в безопасное место.

Не пролезайте между вагонетками, через канаты тягальных и скреперных лебедок во время их работы.

При передвижении по выработкам, где имеют место контактные провода или проложены кабели, надо опасаться поражения электрическим током.

Нельзя прикасаться к контактным проводам руками, головой, одеждой или каким-либо предметом. Запрещается брать кабель руками без средств защиты (резиновых электротехнических перчаток).

Запрещается входить в нерабочие, временно остановленные, заброшенные выработки. Запрещающим знаком входа служит знак из сбитых крест-накрест досок, установленный поперек выработки, или специальный аншлаг: «ПОМНИ: пребывание в непроветриваемой выработке опасно для жизни». Нельзя останавливаться и задерживаться в местах с неисправной крепью. Запрещается проходить около люков в момент выпуска руды. При передвижении по неосвещенным горизонтальным выработкам с испорченной лампой необходимо руководствоваться рельсовыми путями, направлением вентиляционной струи воздуха (двигаться навстречу свежей струе) или течением воды в водоотливной канавке (идти по течению воды).

Поднимаясь по лестницам в восстающих выработках, тщательно проверяйте прочность стремянок (ступенек). Пока нога не ступит на лестничный полок, необходимо крепко держаться за стремянки. Между лестничными полками одного пролета разрешается подниматься одному человеку.

При передвижении в вертикальных и наклонных выработках необходимо следить за исправностью лестниц и полков, в случае обнаружения неисправности сообщить об этом лицам технического надзора.

2.3. Передвижение по горным выработкам с маркшейдерскими инструментами

Все маркшейдерские приборы и инструменты должны быть приспособлены для переноски их по горным выработкам. Измерительные приборы и принадлежности к ним надежно закрепляются в ящиках, закрывающихся на ключ. Ящики и штативы к измерительным приборам для переноски их на спине или плече должны быть снабжены специальными ремнями. Ножки штатива при переноске должны быть скреплены ремнем.

Мелкий инструмент (рулетки, отвесы и пр.) укладывается в специальную сумку для предотвращения выпадения при передвижении по восстающим. При спуске в шахту инструменты ставят на пол у боковой стенки клети, штативы и нивелирные рейки держат вертикально в руках. Ни один из предметов, уложенных на пол клети, не должен выступать за ее пределы. По горизонтальным выработкам следует передвигаться друг за другом. Во

избежание задевания контактного провода и кровли выработки штативы и нивелирные рейки переносятся на руках в горизонтальном положении.

При спуске и подъеме инструментов и оборудования по лестничному отделению вертикальной или наклонной выработки следует соблюдать осторожность, чтобы не уронить какие-либо предметы на ниженаходящихся товарищей. Интервал передвижения по ходовому отделению – один лестничный пролет.

2.4. Меры безопасности при выполнении соединительных съемок

Работы при выполнении соединительных съемок производятся в стволе шахты или в непосредственной близости от него.

Приступая к соединительным съемкам, руководитель работ должен объявить через технический надзор шахты о начале и конце работы и категорически запретить находиться в околоствольном дворе и надшахтном здании всем лицам, не участвующим в выполнении этой работы. Предупреждение должно быть сделано через Книгу распоряжений по шахте в установленном порядке.

Всем участвующим в выполнении работы должно быть разъяснено:

а) работающим на поверхности – о необходимости осторожно работать над стволом шахты, не допуская падения в ствол различных предметов (щепок, кусков породы, гвоздей, инструментов и т. д.);

б) работающим в шахте – о недопустимости приближения к стволу шахты без разрешения руководителя и нахождения возле ствола, когда этого не требуется.

Ствол шахты на земной поверхности и на каждом ориентируемом промежуточном горизонте должен быть перекрыт предохранительным полком из достаточно прочного материала (металл, дерево) на все время работ, включая время спуска и подъема отвесов. Приступая к спуску отвесов, руководитель работ на поверхности должен предупредить об этом руководителя работ в шахте и получить его подтверждение о приеме предупреждения.

Спуск и обратный подъем отвесов на металлической проволоке должны производиться с малой нагрузкой, не превышающей 5 кгс.

Руководитель должен лично проверить надежность закрепления грузов на проволоке.

Отверстия для спуска отвесов через временные перекрытия ствола шахты должны иметь диаметр 15-20 см.

Спуск и подъем отвесов производятся равномерно со скоростью не более 1 м/с с небольшими остановками через каждые 50 м для успокоения качания.

Руководитель работ на поверхности должен лично просмотреть всю проволоку и пропустить ее при спуске «через руку».

При спуске и подъеме отвесов никто не должен находиться вблизи ствола шахты.

Приступая к работе в стволе, руководитель работ на ориентируемом горизонте обязан предупредить об этом руководителя на поверхности. При производстве соединительных съемок должна быть обеспечена телефонная связь ориентируемого горизонта с поверхностью.

2.5. Краткие сведения о ядовитых газах

Угарный газ (оксид углерода, CO) – это газ без цвета и запаха, немного легче воздуха, относительная плотность 0,97. Отравляющее действие окиси углерода объясняется тем, что этот газ во много раз быстрее, чем кислород, соединяется с гемоглобином крови. Содержание окиси углерода в воздухе в количестве свыше 0,0017 % по объему опасно для жизни. Если где-либо произошло загорание, в процессе которого выделяется окись углерода, узнать об этом можно по дыму или запаху гари. При необходимости прохождения по выработкам, заполненным продуктами горения, обязательно пользование самоспасателем и выход на свежую струю.

Окислы азота образуются при взрывных работах и работе машин с двигателями внутреннего сгорания. Вступая в реакцию с влагой, окислы азота образуют азотную кислоту, пары которой сильно раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Содержание окислов азота в воздухе в количестве более 0,00026 % по объему в пересчете на NO_2 опасно для жизни. В забой входить после взрывных работ можно только после тщательного проветривания выработки и после истечения времени, предусмотренного графиком проветривания.

Углекислый газ (диоксид углерода, CO_2) – это бесцветный газ со слабокислым вкусом и запахом, относительная плотность 1,52, поэтому он скапливается внизу выработок. Образуется при гниении дерева, дыхании людей, взрывных работах и пожарах. Допустимое содержание углекислого газа на рабочих местах 0,5 %.

Фильтрующие самоспасатели пригодны только для защиты от окиси углерода. Самоспасатель не может быть использован при содержании в шахтном воздухе менее 17 % кислорода.

2.6. Сведения из Правил техники безопасности при производстве взрывных работ

При производстве взрывных работ в подземных горных выработках обязательно применение звуковых сигналов. Запрещается подача сигналов голосом. Сигналы должны быть хорошо слышны.

Звуковые сигналы подаются взрывником, а при одновременной работе нескольких взрывников – руководителем взрывных работ в следующем порядке:

первый сигнал – предупредительный (один продолжительный). Все люди, не занятые заряжанием и взрыванием, должны удалиться за пределы опасной зоны или в безопасное место, заранее указанное ответственным за ведение взрывных работ, а у мест возможного входа в опасную зону должны быть выставлены посты охраны;

второй сигнал – боевой (два продолжительных). По этому сигналу взрывники зажигают огнепроводные шнуры и удаляются в укрытия, а при электрическом взрывании включают ток;

третий сигнал – отбой (три коротких) – подается после окончания взрывных работ.

Допуск к месту взрыва разрешается лицом технадзора, осуществляющим непосредственное руководство взрывными работами, после принудительного проветривания.

2.7. Меры безопасности при авариях в шахте. Самоспасание

Сигналом аварии служит появление запаха тухлой капусты из труб сжатого воздуха (запах этилмеркаптана) или пятикратное включение-отключение света. При сигнале «авария» все должны

немедленно оставить работу и уходить согласно плану ликвидации аварий. При возникновении аварии соблюдайте спокойствие и действуйте по указанию лиц горного надзора. Если лиц горного надзора нет, нужно узнать по телефону или громкоговорящей связи о месте и характере аварии и выходить на поверхность в соответствии с планом ликвидации аварий.

Во всех случаях прорыва воды в выработки необходимо быстро перекрыть водоупорные перемычки, подняться на вышележащий горизонт и по запасным выходам выйти на поверхность. При возникновении пожара необходимо использовать самоспасатель. Для этого вскройте самоспасатель, возьмите мундштук в рот и выходите на свежую струю воздуха. Не бегите, а идите быстро и ровно, дышите ртом через самоспасатель.

Если самоспасатель и вдыхаемый вами воздух нагревается, – это значит, что самоспасатель работает исправно. Ни при каких обстоятельствах не выбрасывайте мундштук изо рта и не снимайте носового зажима до тех пор, пока не выйдете на свежий воздух. Берегите самоспасатель и не вскрывайте его без надобности. Самоспасатель без пломбы, с надорванной лентой или пробитым корпусом непригоден для пользования, и его нужно своевременно обменять на исправный.

2.8. Оказание первой помощи при поражении электрическим током

Быстро освободить пострадавшего от источника тока, оказать ему первую помощь, немедленно вызвать врача. При освобождении пострадавшего от тока следует принять все меры личной предосторожности. Лучше всего в этом случае отключить напряжение. Если этого сделать нельзя, надо освободить пострадавшего от проводника тока. В электрических установках до 1 кВ для отделения пострадавшего от земли или токоведущих материалов следует пользоваться сухой одеждой, пеньковым канатом, палкой, доской или каким-нибудь другим сухим непроводником, действуя по возможности одной правой рукой. При высоком напряжении для отделения пострадавшего от земли или от токоведущих частей следует надеть резиновые боты, перчатки. При напряжении до 6 кВ, если пострадавший касается одного полюса или одной фазы (ток идет через тело в землю), можно под-

ложить под ноги пострадавшему сухую доску или другое изолирующее приспособление.

На линиях электропередачи, когда освобождение пострадавшего одним из указанных способов не может быть осуществлено быстро и безопасно, необходимо прибегнуть к замыканию накоротко (например, набросом проволоки) всех проводов линии и к надежному заземлению их. Набрасываемая проволока не должна касаться тела пострадавшего. Кроме того: а) если пострадавший на высоте, то надо обезопасить его от падения; б) если пострадавшего касается один провод, то достаточно заземлить этот провод; в) осуществляя заземление или закорачивание, необходимо применяемый для этого провод сначала соединить с землей, а затем набросить его на провода, подлежащие отключению; г) необходимо также помнить, что и по отключении линии бронированного кабеля на нем может сохраниться опасный для жизни заряд, для снятия которого каждая жила кабеля должна быть соединена с землей в течение минуты (до полного разряда). При прикосновении заземленной штанги к жилам кабеля не должна проскакивать искра.

2.9. Самопомощь, взаимопомощь пострадавшим и способы искусственного дыхания

Легко пострадавшие при авариях люди должны сами оказать себе доврачебную помощь, используя для этого индивидуальный пакет и аптечку. Тяжело пострадавшим доврачебную помощь должны оказать работающие рядом люди. Все подземные рабочие должны иметь при себе индивидуальные перевязочные пакеты в прочной водонепроницаемой оболочке.

При обмороке и потере сознания пострадавшему необходимо расстегнуть воротник одежды, ослабить пояс и уложить так, чтобы его ноги были выше головы.

В случае сотрясения мозга пострадавшего укладывают так, чтобы его голова была приподнята, и, обеспечивая полный покой, кладут на лоб смоченное холодной водой полотенце. Признаки сотрясения мозга: потеря сознания, а после его восстановления головокружение, тошнота, рвота. Транспортировать пострадавшего нельзя до тех пор, пока он не придет в сознание.

При шоке наблюдается тяжелое общее состояние, безучастный вид пострадавшего, бледность, снижение температуры тела (иногда до 34,5°).

Пострадавшего освобождают от стесняющей одежды и укладывают так, чтобы его ноги были выше головы, и согревают все тело. До выведения из состояния шока пострадавшего транспортировать нельзя.

При ушибах пострадавшему создают покой и на ушибленное место накладывают холодные компрессы и давящие повязки.

При вывихах необходимо придать поврежденной конечности наиболее удобное положение и наложить повязку. Вправление вывихнутого сустава производит хирург.

В случае перелома к поврежденной конечности необходимо прибинтовать шину, а если перелом открытый, то на него предварительно надо наложить стерильную повязку.

Искусственное дыхание необходимо производить во всех случаях ослабленного или едва заметного дыхания человека, при потере сознания или мнимой смерти. Если появились судороги, то искусственное дыхание производить нельзя.

Искусственное дыхание производится с помощью оживляющих аппаратов («Горноспасатель – 8» и др.), а при их отсутствии – способом «рот в рот» с одновременным непрямым массажем сердца. Способ искусственного дыхания «рот в рот» заключается в том, что оказывающий помощь делает выдох из своих легких в легкие пострадавшего через специальное приспособление или непосредственно в рот или нос пострадавшего.

Приспособление состоит из двух отрезков резиновой или гибкой пластмассовой трубки диаметром 8-12 мм, длиной 60-100 мм, натянутых на металлическую или твердую пластмассовую трубку длиной 40 мм, и овального фланца, вырезанного из плотной резины.

Прежде чем приступить к искусственному дыханию, необходимо пострадавшего положить на спину, быстро, не теряя ни секунды, освободить его от стесняющей одежды – расстегнуть во-рот, брюки и т. п.; освободить рот от слизи; если рот крепко стиснут, раскрыть его путем выдвижения нижней челюсти.

Для предотвращения западания языка и закрывания дыхательного пути необходимо запрокинуть голову пострадавшего назад так, чтобы подбородок оказался на одной линии с шеей.

Пострадавшему следует вложить в рот трубку (приспособление) длинным концом, следя за тем, чтобы она попала в дыхательное горло, а не в пищевод. Затем, встав на колени над головой пострадавшего, следует плотно пристегнуть к его губам фланец, а большими пальцами обеих рук зажать пострадавшему нос, после чего оказывающий помощь делает в трубку выдохи со скоростью 10-12 выдохов в минуту (каждые 5-6 с). При этом после каждого вдувания должны освобождаться нос и рот пострадавшего (при этом не вынимать изо рта трубки).

При отсутствии приспособления (трубки) следует, проделав все необходимые подготовительные операции, делать выдох в рот пострадавшему. Вдувание воздуха можно производить через марлю, салфетку или носовой платок.

При отсутствии у пострадавшего пульса необходимо одновременно с искусственным дыханием проводить наружный массаж сердца путем ритмичных (60-70 раз в минуту) нажатий на переднюю стенку грудной клетки.

Производить искусственное дыхание пострадавшему надо до тех пор, пока у него не восстановится самостоятельное правильное дыхание (искусственное дыхание иногда производится в течение 4-5 час.) или не появятся признаки явной биологической (действительной) смерти, устанавливаемой врачом.

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Перед началом полевых работ производится осмотр и поверка всего оборудования и инструментов. Каждая бригада делает поверки закрепленных за нею теодолитов, нивелиров, выполняет компарирование и определение стрелы провеса рулеток.

Под руководством преподавателя производится осмотр и подготовка оборудования, предназначенного для ориентирно-соединительных съемок.

3.1. Поверки теодолитов

Перед началом измерения углов необходимо провести поверки теодолита. Теодолит должен удовлетворять следующим основным условиям:

1. Вращение подъемных винтов подставки должно быть плавным, с отсутствием торможения и раскачки.

2. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга (*UU*) должна быть перпендикулярной к оси вращения (*ZZ*) прибора (рис. 3.1).

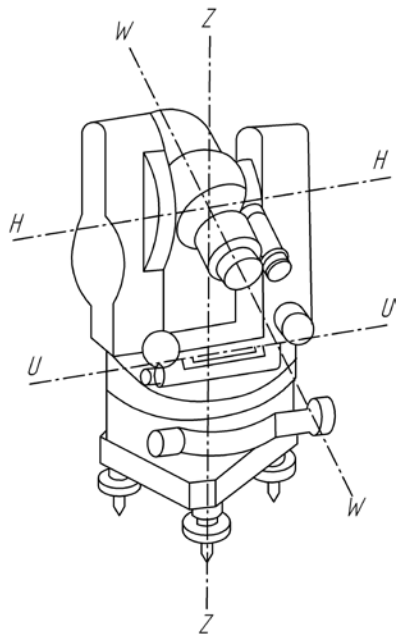


Рис. 3.1. Основные оси теодолита

3. Вертикальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения зрительной трубы. Допускается отклонение от вертикали на три толщины штриха для теодолитов класса Т2, Т5.

4. Визирная ось зрительной трубы (*WW*) должна быть перпендикулярной к горизонтальной оси (*HH*) теодолита (поверка коллимационной ошибки), (см. рис. 3.1).

Значение коллимационной ошибки (*C*) определяется по двум визирным целям, расположенным на горизонте стояния инструмента на расстояниях до 10 м и более 150 м. С целью исключения грубых погрешностей коллимационная ошибка для каждой цели определяется дважды.

Величина *C* рассчитывается по формуле

$$C = \frac{\text{КЛ} - \text{КП}}{2},$$

где КЛ и КП – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита при положении вертикального круга слева и справа при наведении на одну и ту же цель.

Средние значения *C*, определенные для точек, расположенных на различных расстояниях, должны совпадать (в пределах тройной средней квадратической погрешности измерения угла поверяемым теодолитом). Значение СКП указывается в паспорте прибора.

Абсолютная величина *C* не имеет значения, так как не влияет на точность угловых измерений по методике полного приема, важно, чтобы при дальнейших измерениях она была близка (в пределах тройной СКП) к значению, полученному при поверке.

5. Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с вертикальной осью инструмента (допустимое несовпадение составляет 2 мм).

Поверка оптического центрира выполняется при наблюдении центра в процессе вращения прибора после его горизонтирования и центрирования. Юстировка в полевых условиях не выполняется.

6. При горизонтальном положении трубы верхний центр должен совпадать с вертикальной осью инструмента.

Проверка правильности расположения верхнего центра на визирном целике трубы выполняется после горизонтирования прибора и его центрирования под точкой, находящейся в кровле выработки. Отклонение центра прибора относительно положения нитяного отвеса не должно превышать 2 мм.

Перечисленные поверки являются основными и обязательными.

3.2. Поверки нивелиров

Геометрическое нивелирование основано на визировании горизонтальным лучом. Для установки визирного луча в горизонтальное положение нивелиры должны удовлетворять следующим условиям (рис. 3.2):

1. Ось установочного круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения инструмента.

2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к оси вращения прибора.

3. У нивелира с уровнем при зрительной трубе ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Значение угла i вычисляют по формуле

$$i = \frac{[(l'_1 - l'_2) - (l_1 - l_2)]\rho''}{S_{1,2} - S_{2,3}} = \frac{h' - h}{S_{1,2} - S_{2,3}}\rho'',$$

где $S_{1,2}$ – расстояние между точками 1 и 2; $S_{2,3}$ – расстояние между точками 3 и 2.

С целью уменьшения возможного искажения результатов измерений за счет неправильного хода фокусирующей линзы расстояние от точки 2 до точки 3 должно быть не менее 6 м.

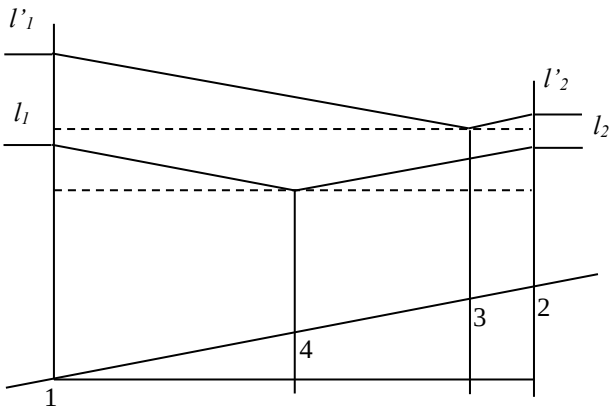


Рис. 3.2. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла *i*

4. У нивелира с компенсатором линия визирования должна быть горизонтальной при наклонах оси вращения инструмента в пределах работы компенсатора.

3.3. Поверки рулеток

Измерение длин сторон подземных полигонометрических ходов в опорных и съемочных сетях производится компарированными стальными рулетками.

3.3.1. *Компарирование рулетки*

Под компарированием понимают определение истинной длины рулетки на специальном приборе – компараторе.

Подробное изучение процесса компарирования рулеток со студентами проводится в период лабораторных работ [1]. Каждая бригада студентов компарирует рулетку длиной 50 м и выполняет камеральную обработку результатов компарирования с вычислением поправки за компарирование. Данный вид работ в период практики не проводится.

3.3.2. *Определение стрелы провеса рулетки*

При измерении длины рулеткой на весу неизбежен ее провес, поэтому в результат измерения следует вводить поправку за провес. Для этого необходимо определить опытным путем значение стрелы провеса рулетки.

На равнинном участке забивается два кола или устанавливается два штатива, расстояние между которыми равняется длине рулетки. Колья устанавливаются на одном уровне по лучу нивелира (рис. 3.3). С помощью динамометра рулетка натягивается между кольями с усилием 10 кгс.

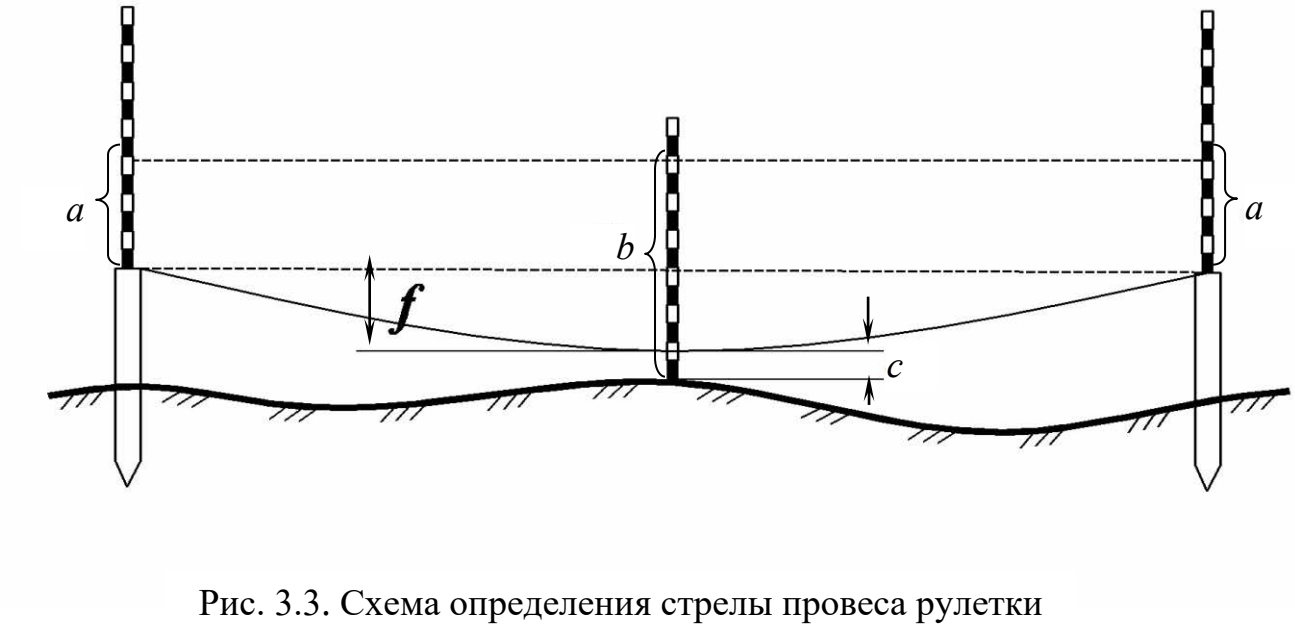


Рис. 3.3. Схема определения стрелы провеса рулетки

По нивелирной рейке, установленной поочередно на кольях и в середине рулетки, с помощью нивелира берутся отсчеты *a*, *b* и визуально – *c*. Стрела провеса определяется по формуле

$$f = b - a - c.$$

Для контроля определение стрелы провеса рулетки делается повторно и после интенсивной работы в шахте или на поверхности.

4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

4.1. Основные положении

Главной геометрической основой для выполнения съемок на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия и в подземных горных выработках являются маркшейдерские опорные геодезические сети. В качестве исходных пунктов для построения маркшейдерской опорной геодезической сети служат пункты государственной геодезической сети 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов и сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов.

Маркшейдерские опорные сети на земной поверхности создаются методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов, нивелирования III и IV классов в соответствии с установленными требованиями [3].

В программе практики предусмотрено создание опорных сетей на территории шахты в виде замкнутого полигона 1-го разряда: предельная относительная невязка хода $f_{доп} \leq 1{:}10000$, допустимая угловая невязка, *с*, $f_\beta \leq 10\sqrt{n}$, где n – число углов в ходе.

4.2. Опорные сети 1-го разряда. Полевые работы

4.2.1. *Рекогносцировка и закладка пунктов*

Перед началом полевых работ по созданию опорных маркшейдерских сетей на территории шахты проводится рекогносцировка. В результате рекогносцировки выбирается схема замкнутого полигона, места закладки пунктов и составляются абрисы привязки пунктов к местным предметам. Схема опорных сетей на территории шахты «Южная» Березовского РУ представлена на рис. 4.1.

Ввиду кратковременного использования пунктов (на период практики в течение 4-х недель) они закрепляются реперами забивного типа (отрезками арматуры). На каждом репере наносится керн и рядом с ним устанавливается сторожок с указанием номера пункта.

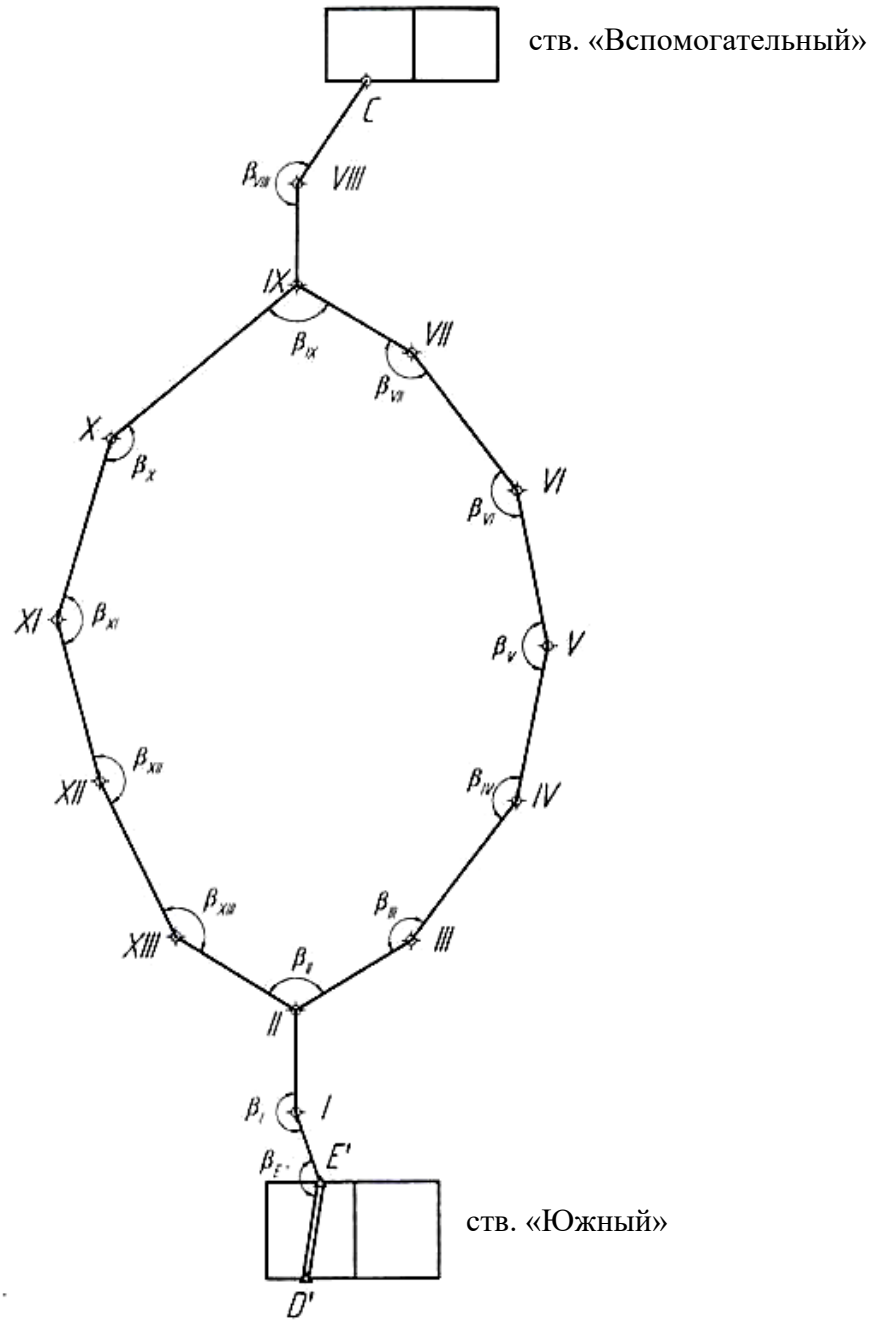


Рис. 4.1. Схема полигона опорных сетей 1-го разряда на поверхности шахты «Южная»

4.2.2. *Измерение горизонтальных углов*

Измерение горизонтальных углов производится теодолитом или электронным тахеометром способом приемов (при наблюдении двух направлений) и способом круговых приемов (при наблюдении более двух направлений). Число приемов – 2, расхождение между результатами наблюдений на начальное и промежуточные направления в приемах не должно превышать $\pm 10''$.

Таблица 4.1

Формуляр журнала угловых и линейных измерений

Номера точек стояния		Отсчеты по теодолиту							Номера точек пролетов	Отсчеты по рулетке, м						Номера точек пролетов	Абрисы, примечания
		горизонтальный круг				вертикальный круг				ход «прямо»			ход «обратно»				
ин-стру-мента	визир. цели	КЛ/КП	2С	(КЛ+КП±180)/2	направления или углы	КЛ/КП	2МО	углы		П	З	П-З	П	З	П-З		
		° ' "		° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "									
X	IX	0°06'54"	+6"	0°06'51"													
		180°06'48"			126°22'03"				IX-X_1	47573	100	47473	47593	120	47473	IX-X_1	
	XI	126°28'54"	0	126°28'54"						47572	100	47472	47595	120	47475		
		306°28'54"															
X	IX	60°20'54"	+6"	60°20'51"													
		240°20'48"			126°22'03"					47573	100	47473	47595	120	47475		
	XI	186°42'54"	0	186°42'54"							ср	47473		ср	47474		
		6°42'54"							X_1-X_2	38795	100	38695	38815	120	38695	X_1-X_2	
X	IX	120°15'06"	+6"	120°15'03"						38793	100	38693	38817	120	38697		
		300°15'00"															
	XI	246°37'06"	0	246°37'06"													
		66°37'06"			126°22'03"					38793	100	38693	38815	120	38695		
											ср	38694		ср	38696		
					ср. 126°22'03"				X_2-X	23685	100	23585	23703	120	23583	X_2-X	
										23680	100	23580	23700	120	23580		
										23681	100	23581	23700	120	23580		
			0	60°24'00"									1				
					182°37'30"					23680	100	23580	23700	120	23580		
			0	243°01'30"							ср	23580		ср	23580		
					20°14'24"							$\Sigma_{ср}$	109747				

Линейная ошибка центрирования не должна превышать ± 1 мм.

Результаты измерений записываются в полевой журнал (табл. 4.1).

4.2.3. *Измерение длин*

Измерение длин сторон полигонов в условиях учебной маркшейдерской практики производится стальными компарированными рулетками и электронным тахеометром.

Измерение длин стальными рулетками выполняется при постоянном натяжении рулетки, равном натяжению при компарировании (10 кгс).

В случае когда длина сторон хода больше длины рулетки, выставляются промежуточные точки (x_1, x_2… x_n), т. е. сторона разбивается на интервалы. Провешивание промежуточных точек (установка их в створе) осуществляется теодолитом. Длины интервалов должны быть примерно равными и несколько меньше длины рулетки.

Отсчеты по рулетке берутся с точностью до 1 мм по переднему (П) и заднему (З) концам рулетки. Длина стороны (интервала) определяется вычитанием значений переднего и заднего отсчетов (П - З). Каждая длина (интервал) стороны измеряется трижды. Разница между тремя измерениями одной длины (интервала) стороны не должна превышать 2 – 5 мм ($f_{\text{отн}} \leq 1 : 10000$).

Для определения горизонтальных проложений сторон (интервалов) хода определяют превышения между пунктами сторон хода. Превышения определяются геометрическим нивелированием.

Горизонтальные проложения сторон (интервалов) хода вычисляются:

$$d = l - \frac{h^2}{2l},$$

где d – горизонтальное проложение, м; l – наклонное (измеренное) расстояние, м; h – превышение между точками измеренной длины (интервала) стороны хода, м. Результаты измерений записываются в журнал (см. табл. 4.1).

Измерение длин электронными тахеометрами проводят в одном направлении (при одной установке прибора и отражателя) по трехштативной системе. Программу измерений устанавливают для каждого типа тахеометра в соответствии с его точностью и требованиями к линейным измерениям опорных сетей 1-го разряда.

Температуру и атмосферное давление измеряют один раз для каждой линии в точке установки прибора.

Результаты измерения записываются в полевой журнал (см. табл. 4.1).

4.3. Опорные сети 1-го разряда. Камеральная обработка результатов измерений

Конечной целью камеральной обработки результатов полевых работ является получение плановых координат пунктов полигона опорных сетей на земной поверхности.

4.3.1. *Обработка длин сторон*

В длину, измеренную металлической рулеткой, вводятся следующие поправки (табл. 4.2):

а) за компарирование рулетки $\Delta\, l_к$, мм (из ведомости обработки компарирования);

б) за разность температур при измерении и компарировании рулетки, мм:

$$\Delta\, l_t = \alpha\, l\, (t - 20°),$$

где l – длина измеренной стороны (интервала), м; t – температура измерения, °С; 20 °С – температура, к которой приведена длина рулетки при ее компарировании; $\alpha = 1{,}15 \cdot 10^{-5}$ – коэффициент линейного температурного расширения металла, из которого сделана рулетка;

в) за наклон измеренного интервала, мм:

$$\Delta l_h = -\frac{h^2}{2l},$$

где h – превышение одного конца интервала над другим, м;

г) за провес рулетки, мм:

$$\Delta l_f = -\frac{8f^2}{3l},$$

в случае измерения длины частью рулетки

$$\Delta l_{f\,i} = \Delta l_f \cdot \frac{l_i^3}{l^3},$$

где Δl_f – поправка для полной длины рулетки (l); Δl_{fi} – поправка для измеренного интервала длины частью рулетки (l_i); f – стрела провеса всей рулетки, м; l, l_i – длина всей рулетки и части рулетки соответственно.

Таблица 4.2

Ведомость обработки длин

Номера интервалов	Измеренная длина, мм		Средняя длина интервала, мм	Среднее превышение, мм	$t_{ср}$, ^{0}C	Поправки, мм					Испр. длина интервала d, мм	$\Delta d_{пп}$, мм	$\Delta d_{ум}$, мм	Окончат. длина интервала, мм
	прямой ход	обратный ход				$\Delta l_к$	Δl_t	Δl_h	Δl_f	$\sum\Delta l$				
V-1	20341	20342	20342	70	26	-1,4	+1,4	-0,1	-0,8	-0,9	20341			
1-2	23152	23151	23152	583	26	-1,8	+1,6	-7,3	-1,3	-8,8	23143			
...														
5-VI	19682	19682	19682	240	25	-1,3	+1,4	-1,5	-0,7	-2,1	19680			
											145987	+6	-6	145987

Вычислил: _____

Проверил:_____

Дата: "_____"_____20 г.

После введения перечисленных поправок в измеренные длины (интервалы) подсчитывается общая исправленная длина стороны хода. В эту длину вводятся поправки:

д) за приведение длин сторон на плоскость поверхности Гаусса, м:

$$\Delta d_{\text{пп}} = \frac{Y_{\text{т}}^2}{2R^2} \cdot d,$$

где $Y_{\text{т}}$ – ордината средней точки данной стороны хода, км; R – средний радиус Земли (6387 км); d – горизонтальное проложение стороны, м;

е) за приведение длин к уровню моря, м:

$$\Delta d_{\text{ум}} = -\frac{H}{R} d = -0{,}000156 H \cdot d,$$

где H – средняя абсолютная отметка стороны, км; H = 0,260 км.

Поправки $\Delta d_{\text{пп}}$ и $\Delta d_{\text{ум}}$ вводятся, если их сумма превышает 1:15000 длины измеренной линии (d).

4.3.2. *Вычисление координат пунктов полигонометрического хода*

Перед вычислением координат пунктов проводится тщательная проверка вычисленных средних значений углов и длин. Средние значения измеренных углов и обработанных длин сторон записываются в ведомости вычисления координат (табл. 4.3).

Требуется определить координаты пунктов (II, III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI, XII, XIII) и примычных точек (I, VIII, С – рис. 4.2).

Методика вычислений (см. табл. 4.3):

1) рассчитывают угловую невязку замкнутого полигона (см. рис. 4.2):

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}},$$

где f_β – угловая невязка; $\sum \beta_{\text{изм}}$ – сумма измеренных углов (внутренних или внешних) в замкнутом полигоне; $\sum \beta_{\text{теор}}$ – теоретическая сумма углов многоугольника:

$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n-2)$ – внутренних углов; $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n+2)$ – внешних углов; f_β = 1620°00′27″ – 1620° = 27″;

Таблица 4.3

Ведомость вычисления координат опорных сетей 1-го разряда на поверхности шахты «Южная»

Точки		Горизонт. пролож., м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы			Приращения, м		Координаты, м		Номер пункта
стоя-ния	наблю-дения		измеренные	исправленные	°	′	″	ΔY	ΔX	Y	X	
D '												
	E'				269° 10′10					48050,952	9704,279	E'
E '	D '											
	I	29,116	179°03′13″	179° 03′13″	268°13′23″			-29,102	-0,903	48021,850	9703,376	I
I	E'											
	II	86,093	176°37′29″	176° 37′29″	264°50′52″			-85,745	-7,731	47936,105	9695,645	II
II	I							+4				
	III	130,724	200°03′36″	200°03′36″	284°54′28″			-126,324	33,631	47809,785	9729,276	III
III	II		-2					+3				
	IV	103,352	205°20′40″	205° 20′38″	310°15′06″			-78,880	66,780	47730,908	9796,056	IV
IV	III		-2					+4	-1			
	V	118,818	161°05′44″	161° 05′42″	291°20′48″			-110,666	43,251	47620,446	9839,306	V
V	IV		-3					+4	-1			
	VI	124,889	137°03′10″	137°03′07″	248°23′55″			-116,118	-45,977	47504,132	9793,328	VI
VI	V		-2					+2				
	VII	74,100	188°01′50″	188°01′48″	256°25′43″			-72,031	-17,388	47432,103	9775,940	VII
VII	VI		-3					+2				
	IX	58,331	162°47′04″	162°47′01″	239°12′44″			-50,110	-29,857	47381,995	9746,083	IX

Продолжение табл. 4.3

Точки		Горизонт. пролож., м	Горизонтальные углы		Дирекционные углы			Приращения, м		Координаты, м		Номер пункта
стоя-ния	наблю-дения		измеренные	исправленные	°	′	″	ΔY	ΔX	Y	X	
IX	VII		-2					+2				
	X	65,088	25°41′02″	25°41′00″		84°53′44″		64,830	5,791	47446,827	9751,874	X
X	IX		-2					+6	-1			
	XI	181,722	157°13′30″	157°13′28″		62°07′12″		160,629	84,977	47607,462	9836,850	XI
XI	X		-3					+5	-1			
	XII	147,727	247°03′29″	247°03′26″		129°10′38″		114,517	-93,322	47721,984	9743,527	XII
XII	XI		-2					+4	-1			
	XIII	112,892	161°34′17″	161°34′15″		110°44′53″		105,571	-39,993	47827,559	9703,533	XIII
XIII	XII		-3					+3	1			
	II	108,829	163°24′33″	163°24′30″		94°09′23″		108,543	-7,888	47936,105	9695,645	II
IX	VII									47432,103	9775,940	VII
	VIII	44,408	198°50′33″	198°50′33″		258°03′17″		-43,446	-9,191	47338,549	9736,892	VIII
VIII	IX											
	C	24,772	211°42′47″	211°42′47″		289°46′04″		-23,312	8,378	47315,237	9745,270	C

$f_y = -39$ мм; $f_x = 5$ мм; $f_{abc} = 39$ мм;

$$f_{\text{отн}} = \frac{39}{1226472} = \frac{1}{31448} < \frac{1}{10000}.$$

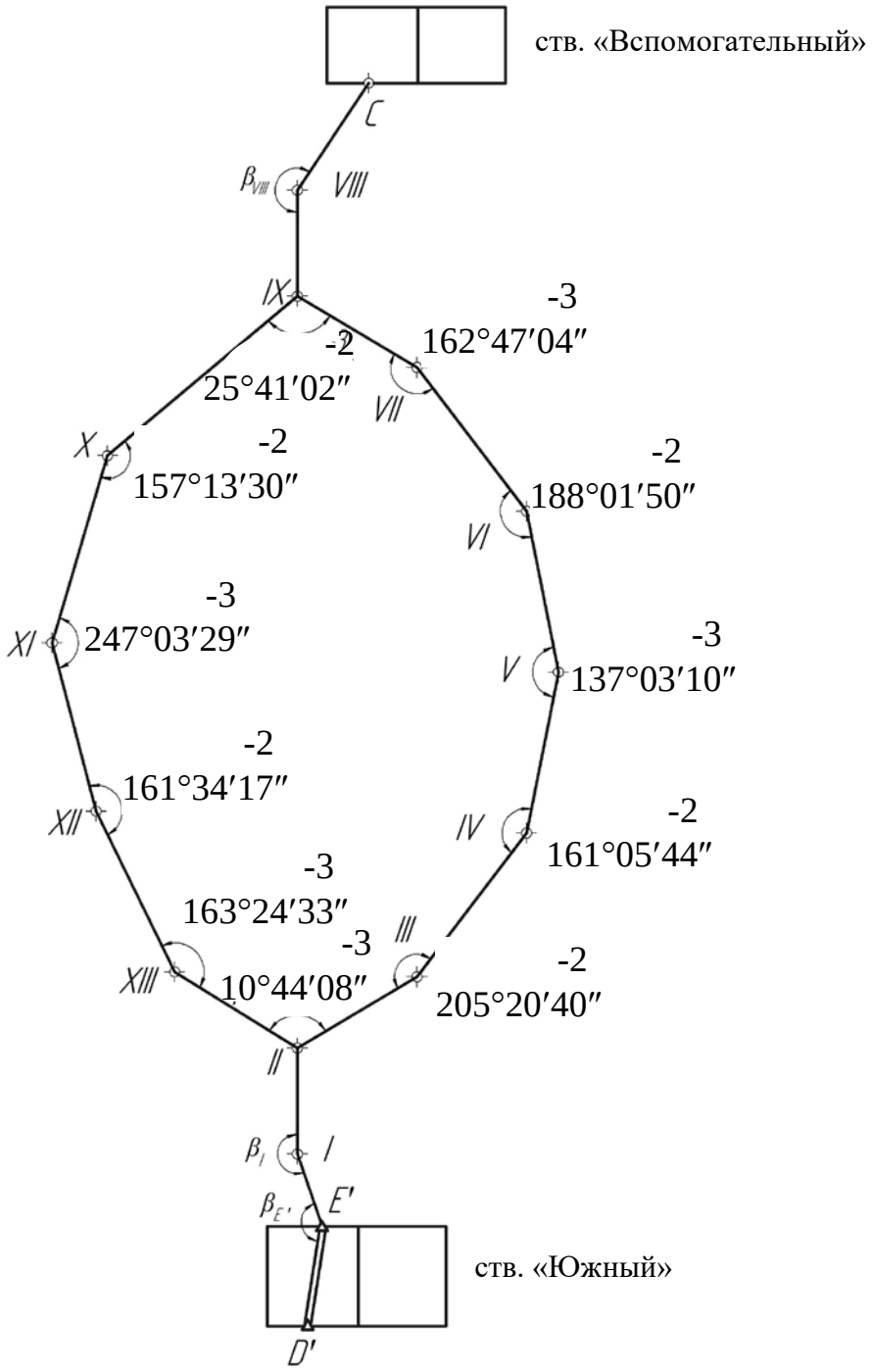


Рис. 4.2. Схема полигонов

$f_{\beta,\text{доп}} \le 10\sqrt{n} = 10\sqrt{11} = 33''$, где n – число углов в ходе;

2) при соблюдении условия $f_\beta \le f_{\beta,\text{доп}}$ угловая невязка f_β распределяется во все углы полигона поровну с обратным знаком (см. табл. 4.3) и записываются исправленные углы;

3) после распределения угловой невязки, решая прямую геодезическую задачу, рассчитывают дирекционные углы всех сторон полигона и приращение координат пунктов полигона:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_\text{л} - 180^0;\ \alpha_{i+1} = \alpha_i - \beta_\text{п} + 180^0;$$

$$\Delta Y = d_i \cdot \sin\alpha_i;\ \Delta X = d_i \cdot \cos\alpha_i,$$

где α_{i+1}, α_i – дирекционные углы исходной и искомой сторон соответственно; $\beta_\text{л}, \beta_\text{п}$ – измеренные горизонтальные углы и правые по ходу расчета соответственно; f_y, f_x – линейная невязка по Y и X соответственно; $\Delta Y, \Delta X$ – приращение координат, м; d_i – горизонтальное проложение сторон, м;

4) вычисляют линейные невязки и относительную погрешность замкнутого полигона:

$$f_\text{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2};\ f_\text{отн} = \frac{f_\text{абс}}{P};\ f_\text{отн} \le f_\text{доп} \le \frac{1}{10000},$$

где $f_\text{абс}, f_\text{отн}, f_\text{доп}$ – абсолютная, относительная и предельная относительная невязки хода соответственно; P – периметр полигона, м.

Распределение допустимых линейных невязок производится пропорционально длинам сторон с обратным знаком (см. табл. 4.3):

$$\Delta f = \frac{f_y}{P} \cdot d_i = \frac{f_x}{P} \cdot d_i$$

Исходные данные для расчета полигона:

$\alpha_{D'E'} = 269°\ 10'\ 10''+N°\ N'\ N''$ – дирекционный угол исходной стороны;

где N – номер варианта для индивидуального расчета каждого студента;

$Y_{E'} = 48050{,}952$ м; $X_{E'} = 9704{,}279$ м – координаты исходного пункта.

Пример расчета координат пунктов полигонометрического хода 1-го разряда приведен в табл. 4.3.

4.4. Высотные опорные сети

Высотные опорные сети на территории горного предприятия создаются нивелированием III и IV классов в соответствии с установленными требованиями [3]. В период учебной практики студенты выполняют нивелирование IV класса.

Нивелирование IV класса проводится в одном направлении по пунктам полигона (рис. 4.3). На каждой станции берутся отсчеты в следующей последовательности: по верхней и средней нитям по черной стороне задней рейки; по верхней и средней нитям по черной стороне передней рейки; по средней нити по красной стороне передней рейки; по средней нити по красной стороне задней рейки. Пример записей приведен в табл. 4.4.

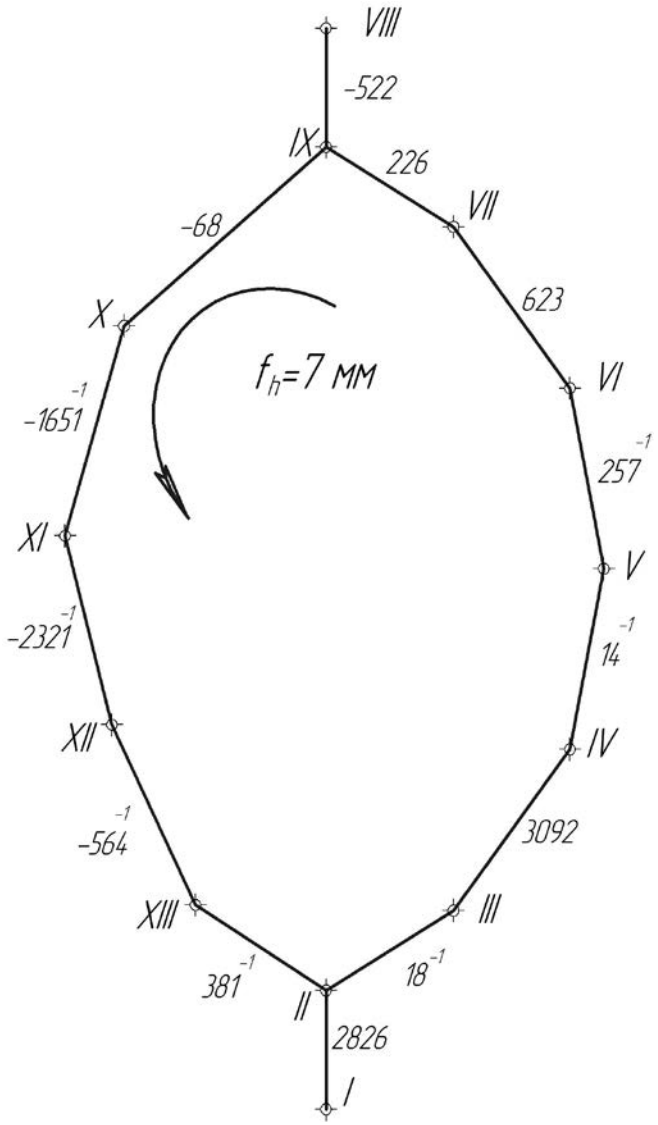


Рис. 4.3. Схема полигона.
Нивелирование IV класса, распределение высотной невязки

Таблица 4.4

Журнал нивелирования IV класса

Дата _____ Инструмент_____№_____

Наблюдатель _____ Погода _____

Номер станций	Номера пикетов	Дальномерное расстояние до задней и передней реек, м	Отсчеты по рейкам, мм		Превышение, мм	Среднее превышение, мм
			задней	передней		
1	IV-V	(7) 89,4	(1) 1809	(3) 0968		
		(8) 85,2	(2) 1362	(4) 0542	(11)+820	(13)+820
			(6) 6162	(5) 5342	(12)+820	
			(9) 4800	(10)4800	(14) 0	
2	V-VI	41,0	1800	2300		
		57,6	1595	2012	–417	–417
			6396	6812	–416	
			4801	4800	+1	
и так далее						

Примечание. Цифрами в скобках указан порядок действий.

После окончания нивелирования всего полигона определяют:

Среднее превышение:

по черной стороне (15) + 7846

по красной стороне (16) – 7863

Расхождение:

полученное (17) – 17

допустимое (18) + 22

Среднее превышение: (19) + 7854

Расхождение в превышениях на станции, определяемых по черным и красным сторонам реек, не должно превышать 5 мм.

Максимальную длину визирного луча принимают не более 150 м. Высота визирного луча над земной поверхностью должна быть не менее 0,2 м, неравенство плеч до реек не более 5 м.

Допустимая высотная невязка хода не должна превышать $20\sqrt{L}$, мм, где L – длина хода, км. При наличии более 15 штативов (станций) на 1 км хода невязка не должна превышать 5 мм $\sqrt{n}$. В нашем случае $f_{h_{\text{доп}}} = 20\sqrt{1{,}23} = 23$ мм. Допустимая высотная невязка распределяется пропорционально длинам сторон с обратным знаком:

$$\Delta f_{h_i} = -\frac{f_h \cdot l_i}{P};$$

где f_h – допустимая высотная невязка; l_i – горизонтальное проложение соответствующей стороны; P – периметр полигона. Пример распределения высотной невязки показан на рис. 4.3.

После распределения невязки вычисляют высотные отметки пунктов на поверхности (табл. 4.5):

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_i,$$

где $H_{\text{посл}}$ – последующая высотная отметка, м; $H_{\text{пред}}$ – предыдущая высотная отметка, м; h_i – превышение между пунктами, м.

Таблица 4.5

Определение высотных отметок пунктов опорной сети

Пункты	Превышения, мм	Высотные отметки, м	Высотные отметки уравненные, м	Пункты	Гор. проложения, м
E′		260,613	260,613	E′	29,074
I	-1874	258,739	258,739	I	
I		261,565	261,565	II	86
II	2826				
II	-1	261,583	261,582	III	138,988
III	18				
III	0	264,675	264,674	IV	105,486
IV	3092				
IV	-1	264,689	264,687	V	105,778
V	14				
V	-1	264,946	264,943	VI	124,466
VI	257				
VI	0	265,569	265,566	VII	74,396
VII	623				
VII	0	265,795	265,792	IX	56,93
IX	226				
IX	0	265,727	265,723	X	63,582
X	-68				
X	-1	264,076	264,071	XI	181,691
XI	-1651				
XI	-1	261,755	261,749	XII	147,684
XII	-2321				
XII	-1	261,191	261,185	XIII	112,862
XIII	-564				
XIII	-1	261,572	261,565	II	108,789
II	381				
IX		265,273	265,270	VIII	45,848
VIII	-522				

Исходные данные для индивидуального расчета высотных отметок пунктов полигона:

$$Z_{E'} = 260{,}613 + N_{\text{м}} + N_{\text{мм}},$$

где $N_{\text{м}}, N_{\text{мм}}$ – номер варианта в м и мм соответственно.

По результатам выполненных работ каждый студент представляет таблицу с вычисленными значениями превышений, высотных отметок пунктов опорной сети и горизонтальных положений между пунктами (см. табл. 4.5).

4.5. Съемочные работы на земной поверхности

При топографической съемке территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия соблюдаются требования Инструкции по топографической съемке и Инструкции по производству маркшейдерских работ [1].

Топографическую съемку выполняют в масштабах: 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

На топографических планах подлежат обязательному отображению действующими условными знаками все предметы местности, ситуация, объекты. Основными методами съемки являются: стереотопографический, лазерное сканирование и тахеометрический.

Для условий учебной практики съемка земной поверхности территории шахты выполняется тахеометрическим методом в масштабе 1:1000.

Съемку ведут с пунктов полигона по схеме, приведенной на рис. 4.4.

От начального направления VII–VI на выбранные пикеты 1, 2, 3 измеряются горизонтальные углы β_1, β_2, β_3, вертикальные углы и наклонные расстояния l_1, l_2, l_3. Аналогичные измерения проводятся на остальных пунктах полигона.

Измерение горизонтальных углов допускается при одном положении круга с точностью отсчитывания 1′. Во избежание грубых ошибок в конце работы на каждом пункте полигона (стоянке инструмента) рекомендуется контрольное визирование на начальное направление. Допустимое смещение не должно превышать 2′. С помощью рулетки замеряют высоту инструмента с точностью 1,0 см и записывают в журнал (табл. 4.6).

Журнал тахеометрической съемки

Таблица 4.6

Точка стояния __пункт VIII_____

Дата _____

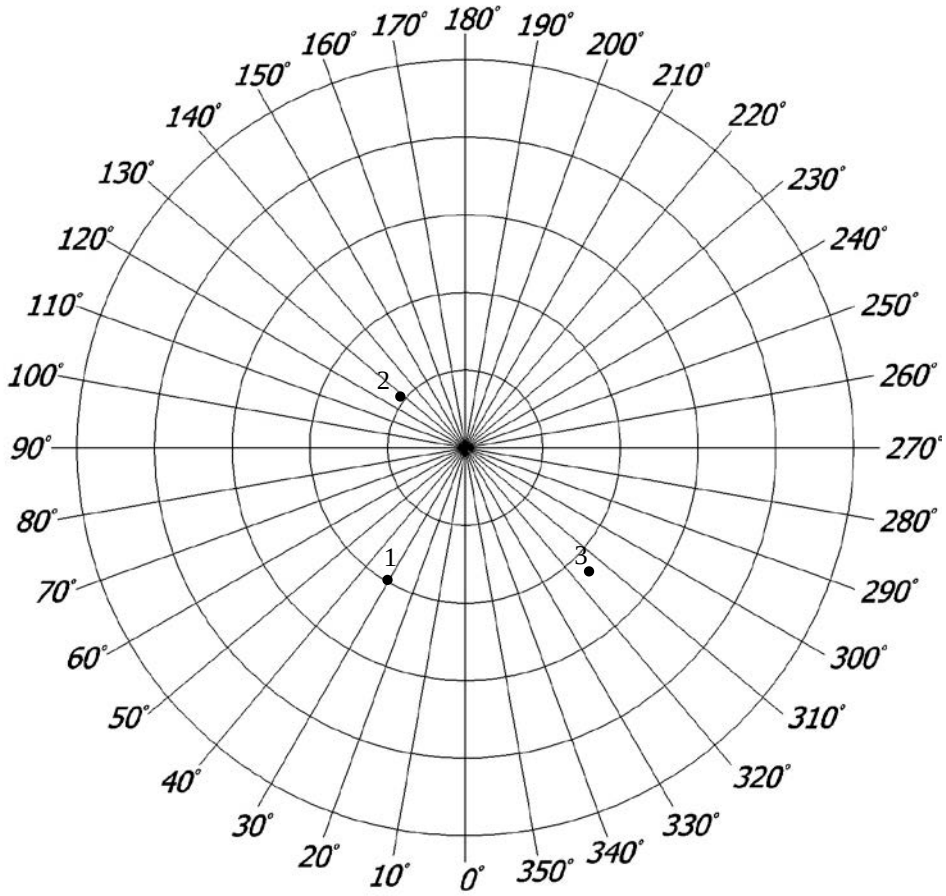
Инструмент ___Theo 015, МГ=90˚, К=100_____

Исполнитель _____

Станция _____ i = _____ м v = м.

0°00′ на ст.

Точки визирования	Отсчет по дальномеру	Отсчет по горизонтальному кругу	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона δ	Горизонтальное проложение d, м	Превышение, м $h=d\operatorname{tg}\delta+i-v$	Высоты точек, м	Примечания
VI		0˚0′0″					265,566	
1	20,5	30°30′	90°28′	-0°28′	20,5	-0,170	265,396	
2	21,4	129°00′	91°10′	-01°10′	21,4	-0,430	265,136	
3	24,3	316°00′	89°00′	01°00′	24,3	0,420	265,986	



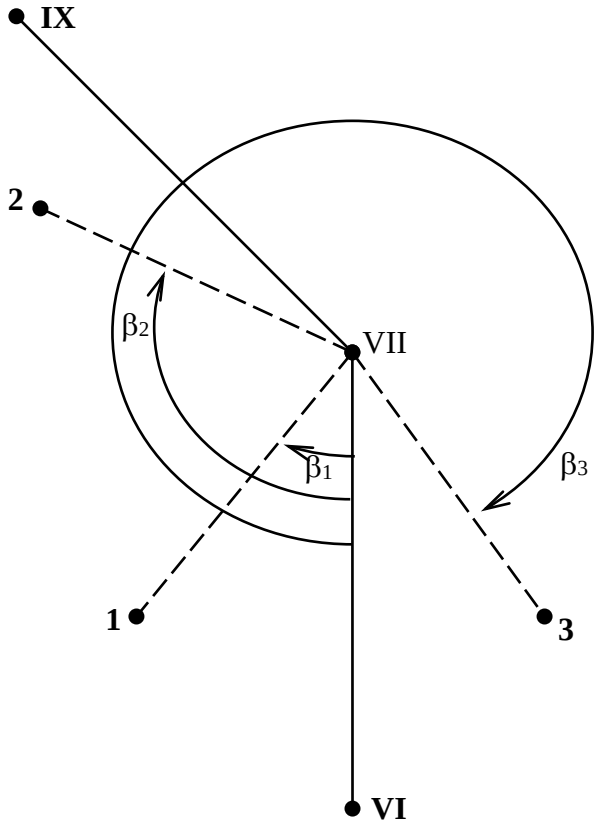


Рис. 4.4. Тахеометрическая съемка

Горизонтальное проложение длины линии до пикета (d_i) и превышение (h_i) определяют по формулам:

$$d_i = l_i \cos\delta_i;\ h_i = d_i tg\delta_i;\ h_i = l_i \sin\delta_i$$

при условии наведения трубы теодолита на отметку высоты инструмента на нивелирной рейке.

Расстояние от прибора до пикета для съемки в масштабе 1:1000 не должно превышать 80 м для четких контуров (здания, сооружения) и 150 – м для нечетких (дороги, линии электропередач).

На каждой стоянке тахеометрической съемки ведется абрис съемки с нанесением положений снимаемых контуров.

Измерения записываются в журнал тахеометрической съемки, в котором ведут вычисления горизонтальных проложений, приращений и высот пикетов (см. табл. 4.3).

Камеральная обработка результатов тахеометрической съемки начинается с проверки полевых записей в журнале. После проверки журнала работу проводят в следующей последовательности:

– наносят пункты полигона;

– вычисляют горизонтальные проложения, превышения и высотные отметки пикетов;

– наносят пикеты и все элементы и контуры участков съемки, используя абрис.

Для нанесения горизонтальных углов и длин линий на план применяют тахеометрические транспортиры, линейки с миллиметровыми делениями.

Точность планов земной поверхности оценивают по данным контрольных измерений. Предельные расхождения в положении контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших пунктов полигона не должны превышать на плане 1,0 мм.

4.6. Определение объемов отвалов

До начала складирования полезного ископаемого на складах или вмещающих пород на отвалах должна быть выполнена съемка земной поверхности участка, отведенного под склад или отвал в масштабе 1:500 или 1:1000 с сечением рельефа 0,25-0,5 м.

Объемы отвалов в зависимости от их формы определяют рулеточным замером или по результатам тахеометрической съемки.

Рулеточным замером определяют объемы отвалов сравнительно правильной геометрической формы, например конусообразные, пирамидальные, призматические с трапецеидальным сечением. Объемы подсчитывают по формулам геометрически правильных тел.

Для определения объемов отвалов со сложными поверхностями выполняют съемку тахеометрическим способом, лазерным сканированием в масштабе не мельче 1:1000.

В программе учебной практики используется тахеометрический способ. Пикеты выбирают на характерных точках рельефа. Расстояние до пикетов от съемочных точек не превышает 60 м, расстояние между пикетами не более 10 м.

При составлении плана поверхности отвала в горизонталях по результатам тахеометрической съемки сечения принимают в зависимости от средней высоты отвала (табл. 4.7).

Таблица 4.7

К выбору высоты сечений

Средняя высота отвала складированной руды, м	Сечение горизонталей, м
Менее 5	0,25-0,50
Более 5	1,0

На рис. 4.5 по результатам тахеометрической съемки изображен склад руды в горизонталях. Тахеометрическая съемка производилась с точек I, II, III. Профильные линии для построения разрезов были проведены через 20 м. Пример построения вертикального разреза по линии 5-5 показан на рис. 4.6.

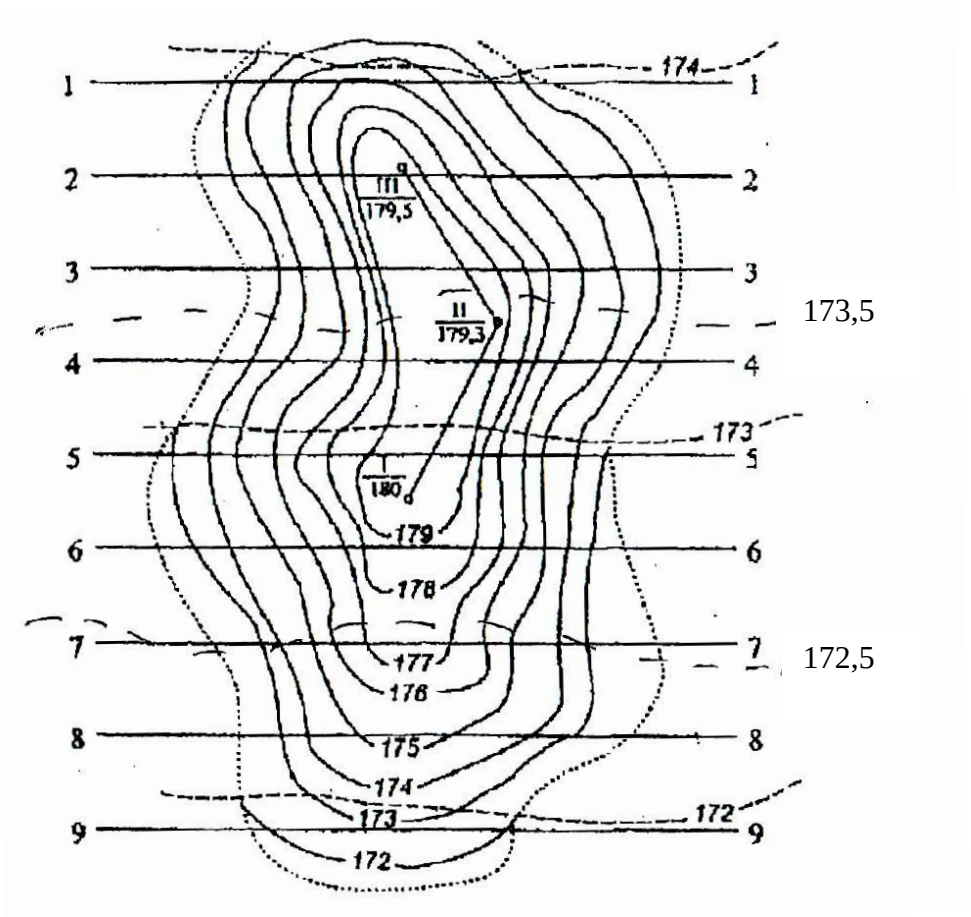


Рис. 4.5. Определение объема складированной руды

Площади сечений S определяют по формуле, м^2:

$$S = \frac{S \cdot M^2}{100^2},$$

где M – знаменатель масштаба; S – в см^2.

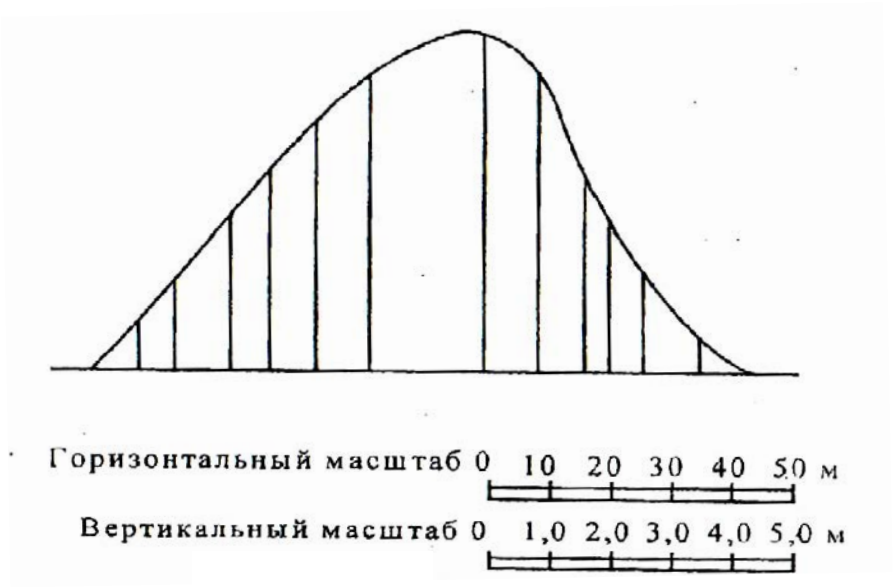


Рис. 4.6. Разрез по линии 5-5

Площади сечений измеряли планиметром дважды (табл. 4.8). За окончательный результат принимали средние значения. Коэффициент планиметра $K = 1{,}03$ (получен из трех определений).

Таблица 4.8

Определение площадей разрезов планиметром

Номера сечений	Отсчеты по планиметру		$(n_2 - n_1)$	Среднее значение $n_2 - n_1$	S, см^2	S, см^2
	n_1	n_2				
1-1	750,1	763,1	13,0	13,05	13,44	134,4
	763,1	776,2	13,1			
2-2	160,5	189,9	26,4	26,40	27,19	271,9
	189,9	213,3	26,4			
3-3	253,9	284,6	30,7	30,65	31,57	315,7
	284,6	315,2	30,6			
4-4	843,7	874,1	30,4	30,40	31,31	313,1
	874,1	904,5	30,4			
5-5	437,5	473,8	36,3	36,40	37,49	374,9
	473,8	510,3	36,5			
6-6	367,0	398,8	31,8	31,9	32,86	328,6
	398,8	430,8	32,0			
7-7	514,5	536,9	22,4	22,60	23,28	232,8
	536,9	559,7	22,8			
8-8	658,0	676,0	18,0	17,80	18,33	183,3
	676,0	693,6	17,6			
9-9	776,7	780,9	4,2	4,30	4,43	44,3
	780,9	785,3	4,2			

Площади сечений S определялись по формуле, см^2:

$$S = K(n_2 - n_1),$$

где K – коэффициент планиметра; n_1, n_2 – отсчет по счетному механизму планиметра до обводки площади и после обводки измеряемой площади соответственно.

Если вертикальные и горизонтальные масштабы разные, то

$$S = \frac{S \cdot M_{\text{г}} \cdot M_{\text{в}}}{100^2},$$

где $M_{\text{г}}$ – знаменатель горизонтально масштаба; $M_{\text{в}}$ – знаменатель вертикального масштаба.

Объем полезного ископаемого между двумя соседними сечениями определится как произведение полусуммы площадей на расстоянии между сечениями:

$$\upsilon_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot l_i.$$

Объемы краевых частей склада определяют по формуле

$$\upsilon_{\text{к}} = \frac{1}{2} S_{\text{к}} \cdot l_{\text{ср}}$$

где $S_{\text{к}}$ – площадь краевого сечения (на рис. 4.5 S_{1-1} и S_{9-9}); $l_{\text{ср}}$ – среднее расстояние от краевого сечения до контура складированной руды (измеряется на чертеже в характерных точках).

Объем склада руды (см. рис. 4.5), подсчитанный по вышеизложенной методике, равен 43140 м^3.

4.7. Маркшейдерское обеспечение горно-строительных работ

4.7.1. *Основные положения*

Задачами маркшейдерского обеспечения горно-строительных работ являются:

перенесение геометрических элементов проекта в натуру;

контроль соблюдения геометрических элементов горно-строительных работ, предусмотренных проектом;

производство маркшейдерской съемки, составление и пополнение горно-графической документации инженерных сооружений и горных выработок;

учет объемов горной массы и добычи полезного ископаемого, если таковая производится в процессе горно-строительных работ.

При выполнении разбивочных работ, учитывая их особую ответственность, маркшейдеры выполняют вычисления и проверяют соответствие указанных в проектных чертежах координат и размеров основных элементов горно-строительных работ.

Проектные чертежи принимают к производству разбивочных работ после проверки правильности размеров и числовых значений, всех элементов комплекса горно-строительных работ, указанных в проекте.

При маркшейдерской подготовке проекта выполняют его привязку, т. е. расчет разбивочных элементов, по которым выносят его в натуру от пунктов маркшейдерских съемочных сетей. Разбивочными элементами являются расстояния, углы и превышения (высотные отметки), выбор и расчет которых зависят от принятого способа разбивки. Результатом маркшейдерской подготовки проекта являются разбивочные чертежи, по которым выполняются разбивочные работы в натуре. Разбивочные чертежи выполняются в масштабе 1:500 – 1:2000 и крупнее в зависимости от сложности объекта.

На разбивочных чертежах показывают:

координаты исходных пунктов маркшейдерских сетей;

дирекционные углы исходных сторон;

высотные отметки исходных маркшейдерских пунктов;

контур и размеры горно-строительных работ;

пункты маркшейдерских сетей, от которых производится разбивка;

разбивочные элементы, значение которых может быть указано прямо на чертеже.

Точность разбивочных работ зависит от многих факторов: вида, назначения, местоположения объекта, его размеров, порядка и способа производства работ, особенностей эксплуатации и т. п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или в нормативных документах (СНиПы, ГОСТы, ведомственные инструкции). Точность выноса геометрических параметров объекта в нормативных документах и чертежах определяется предельно допустимыми отклонениями. По принципу равных

ошибок всех источников, в том числе и на маркшейдерские измерения ($m_м$), приходится доля от общей погрешности ($M_{общ}$):

$$m_м = \frac{M_{общ}}{\sqrt{n}},$$

где n – количество источников погрешностей.

Переход от допуска к среднеквадратическому отклонению получают из выражения

$$m = \frac{m_м}{3}.$$

Разбивочные работы сводятся к фиксированию на местности отдельных точек, определяющих геометрические параметры объекта. Плановое положение этих точек определяют путем построения на местности проектного угла от исходной стороны и выноса проектного расстояния от исходного пункта (рис. 4.7).

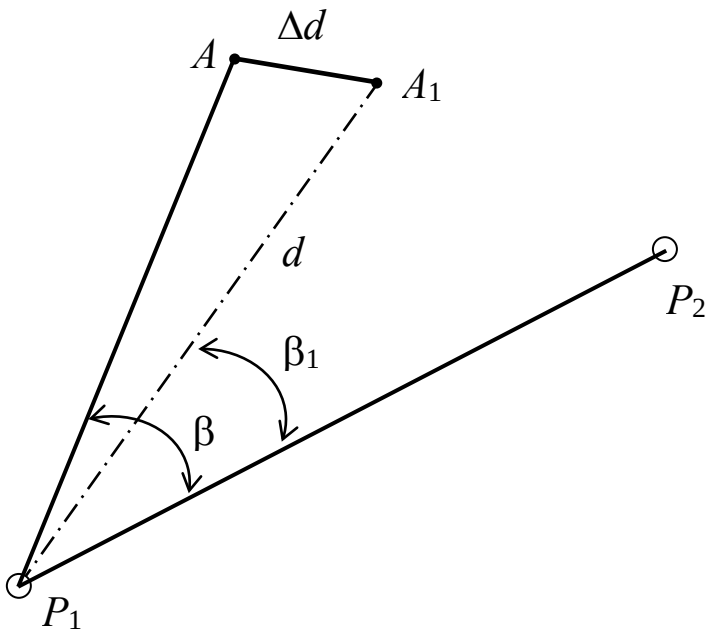


Рис. 4.7. Схема построения проектного угла на местности:
P_1P_2 – исходное направление; A – точка определяемого направления

Работы выполняются в следующей последовательности: в точке съемочного обоснования P_1 устанавливают теодолит, наводят зрительную трубу на точку съемочного обоснования P_2 и берут отсчет по лимбу горизонтального круга. К данному отсчету прибавляют проектный угол β и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Труба теодолита указывает проектное направление. Далее откладываем проектное расстояние (d) и фиксируем на местности точку A.

Маркшейдерские приборы по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. Поэтому точность вынесения разбивочных элементов оказывается ниже, чем точность измерений. Если необходимо построить проектный угол с заданной точностью, нужно построенный проектный угол измерить несколькими приемами (n):

$$n = \frac{m_{\beta 1}^2}{m_{\beta 2}^2},$$

где $m_{\beta 1}$, $m_{\beta 2}$ – средняя квадратическая погрешность соответственно теодолита и требуемая для вынесения угла.

Измерив построенный угол, вычисляют угловую ($\Delta\beta = \beta - \beta_1$) и линейную ($\Delta d = d(\frac{\Delta\beta}{\rho})$) поправки.

Далее откладывают в точке A перпендикулярно к линии P_1A линейную поправку Δd и фиксируют точку A_1. Полученный угол $A_1 P_1 P_2$ будет равен проектному с заданной точностью.

Вынос проектного расстояния от исходного пункта производится отложением в заданном направлении длины, равной проектному значению. Для этого используются мерные приборы: рулетки, светодальномеры, оптические дальномеры, гарантирующие необходимую точность. В случае, когда требуется вынесение линии с высокой точностью, на местности от исходной точки сначала откладывают и закрепляют приближенное значение расстояния, а затем это расстояние измеряют с необходимой точностью с учетом всех поправок. Измеренную длину ($l_{изм}$) сравнивают с ее проектным значением ($l_{пр}$) и находят линейную поправку: $\Delta l = l_{пр} - l_{изм}$.

Поправку Δl откладывают с соответствующим знаком от ранее закрепленной точки. Для контроля вынесенную линию повторно измеряют.

Вынос в натуру точки с проектной высотной отметкой ($Z_{пр}$) производится геометрическим нивелированием, при угле наклона земной поверхности менее 5 – 8°, или тригонометрическим нивелированием, при угле наклона более 5 – 8°.

Геометрическое нивелирование. Нивелир устанавливается примерно посередине между точкой съемочного обоснования с известной высотной отметкой ($Z_{изв}$) и выносимой точкой с про-

ектной высотной отметкой ($Z_{пр}$). На точке с известной высотной отметкой устанавливают рейку и берут отсчет (a). Вычисляют вначале горизонт инструмента:

$$ГИ = Z_{изв} + a,$$

а затем вычисляют значение отсчета по рейке b, которая будет установлена на выносимой точке A_1:

$$b = ГИ - Z_{пр} = Z_{изв} + a - Z_{пр.}$$

Вычислив отсчет (b), в точке выноса проектной отметки поднимают или опускают рейку до тех пор, пока отсчет по ней не будет равен вычисленному значению (b). Данная позиция рейки (ее пятка) соответствует проектной отметке выносимой точки. После этого точка фиксируется в натуре.

Для контроля проводят геометрическое нивелирование необходимой точности, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

Тригонометрическое нивелирование. Теодолит устанавливают в точке съемочного обоснования (P_1) с известной высотной отметкой ($Z_{изв}$), (рис. 4.8).

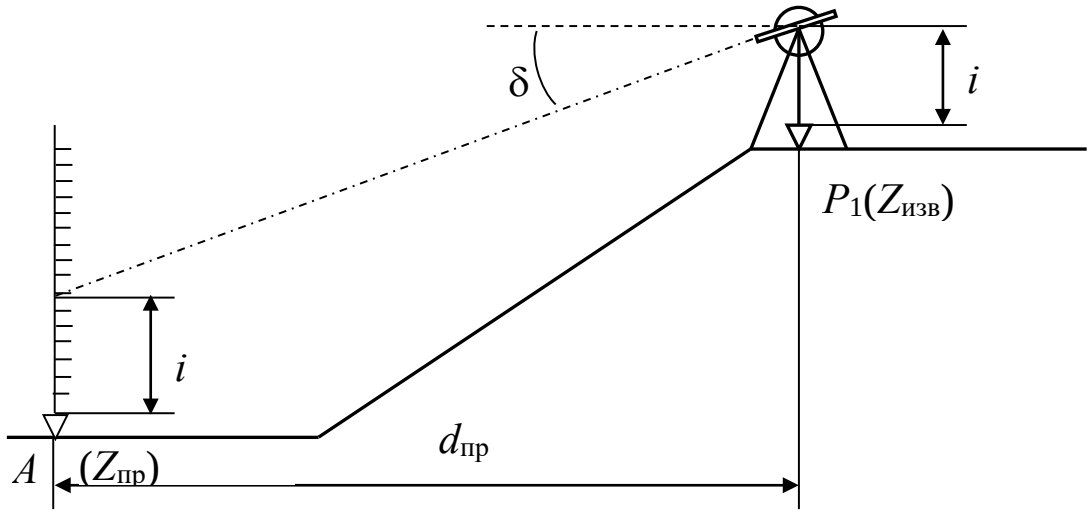


Рис. 4.8. Вынос проектной высотной отметки тригонометрическим нивелированием

Измеряют высоту инструмента (i) с точностью до 1 мм и вычисляют угол наклона визирного луча теодолита (δ):

$$\delta = \text{arctg}(Z_{пр} - Z_{изв}) / d_{пр}.$$

Далее на вертикальном круге теодолита с учетом места нуля устанавливают вычисленный отсчет угла наклона (δ). В точке выноса проектной отметки (*A*), поднимая или опуская нивелирную рейку, фиксируют ее положение по горизонтальной нити зрительной трубы на высоте инструмента (*i*), отмеченной на рейке. Данное положение рейки (ее пятка) соответствует проектной отметке точки. Точка фиксируется в натуре.

Для контроля проводят тригонометрическое нивелирование и определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу повторяют.

4.7.2. *Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов*

Перенос элементов проекта в натуру выполняется следующими способами: полярным, засечек (угловой, линейной), перпендикуляров. Выбор того или иного способа зависит от геометрических размеров объекта, технологии его выполнения, имеющихся в наличии маркшейдерских приборов и инструментов и этапа производства разбивочных работ. Критерием выбора способа, при прочих равных условиях, является необходимая точность и минимальная трудоемкость.

Полярный способ. Положение выносимой точки (*A*) на местности находят путем отложения от направления (P_1P_2) пунктов съемочного обоснования проектного угла (β) и расстояния (*d*) (рис. 4.9).

Разбивочный угол (β) вычисляют по разности дирекционных углов: $\alpha_1 = \alpha_{P2A}$; $\alpha_2 = \alpha_{P2P1}$; $\beta = 360° - (\alpha_2 - \alpha_1)$.

Дирекционные углы и расстояние (*d*) вычисляют, решая обратную геодезическую задачу по известным координатам точек P_1, P_2 и *A*. Данный способ целесообразно применять, когда проектное расстояния (*d*) меньше базисного (P_1P_2).

Способ прямой угловой засечки. Положение выносимой точки (*A*) на местности находят путем отложения на пунктах съемочного обоснования (P_1 и P_2) углов (β_1 и β_2) (рис. 4.10).

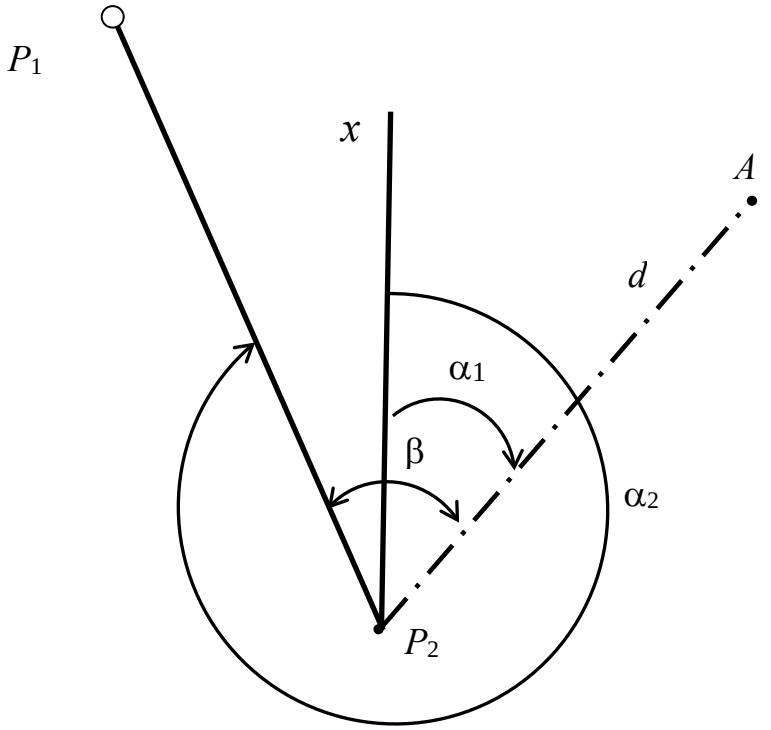


Рис. 4.9. Полярный способ разбивочных работ

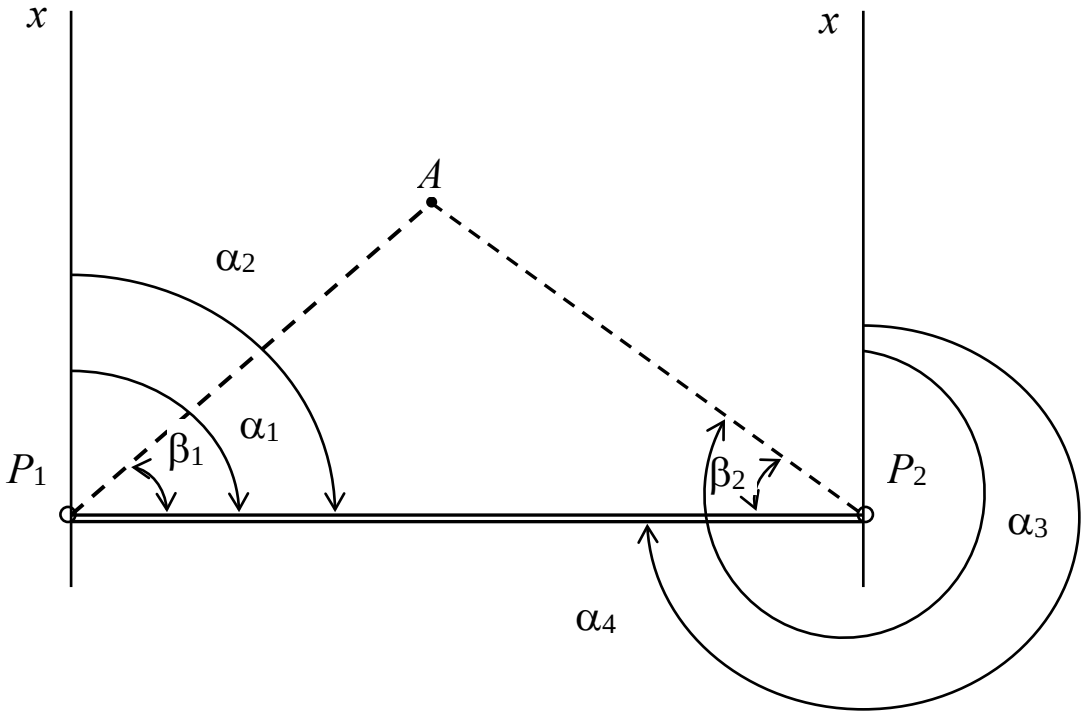


Рис. 4.10. Способ прямой угловой засечки при выполнении разбивочных работ

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют по разности дирекционных углов исходной стороны ($P_1\,P_2$) и сторон ($P_1\,A$) и ($A\,P_2$):

$$\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_2; \quad \beta_2 = \alpha_3 - \alpha_4.$$

Дирекционные углы сторон вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известным координатам точек P_1, P_2 и A.

Данный способ целесообразно применять для выноса точек, находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов съемочного обоснования. В этом случае погрешность центрирования теодолита и фиксация точки выполняются сравнительно точно. Основными погрешностями являются погрешности собственно засечки и исходных данных.

Способ обратной угловой засечки (*способ редуцирования*).

Способ применяют в случаях, когда доступ к пунктам съемочного обоснования затруднен, а визирование на них беспрепятственное.

В этом случае находят приближенное проектное положение выносимой точки (A) и фиксируют ее на местности (рис. 4.11).

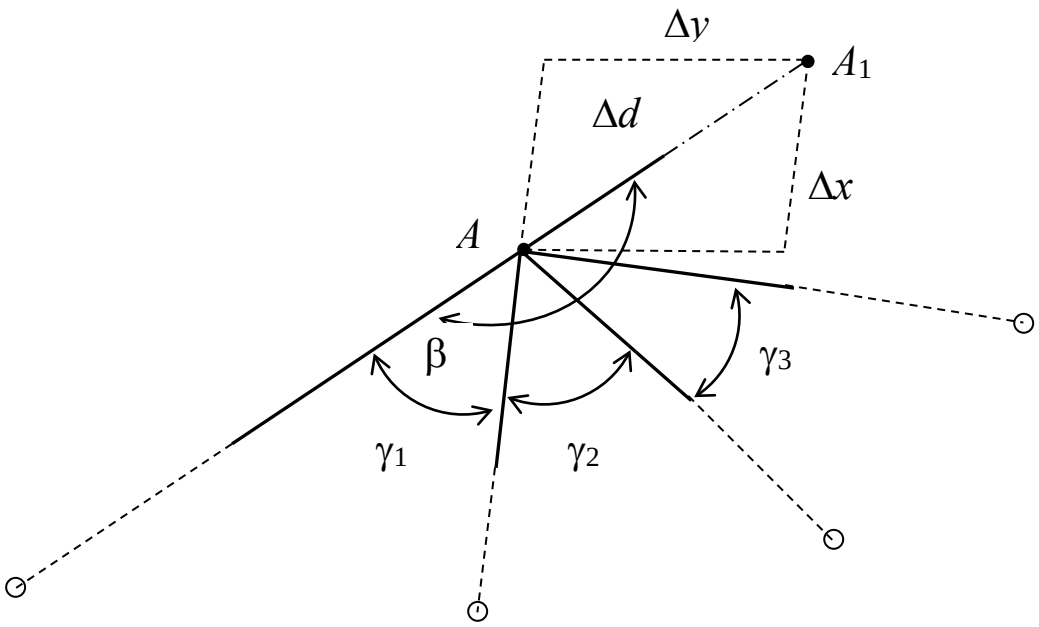


Рис. 4.11. Способ обратной угловой засечки (способ редуцирования)

Устанавливают теодолит и с требуемой точностью измеряют горизонтальные углы не менее чем на три исходных пункта

съемочного обоснования. По измеренным углам (γ) решают обратную геодезическую засечку и вычисляют координаты приближенно установленной точки. Полученные координаты сравнивают с проектными и по разности координат вычисляют величину смещения (редукции) точки в проектное положение. Отложив угол (β) и длину (Δ*d*), фиксируют проектное положение выносимой точки (A_1).

Способ линейной засечки. Положение выносимой точки (*A*) на местности находят путем пересечения двух проектных длин линий (d_1 d_2), отложенных от исходных пунктов съемочного обоснования (P_1P_2) (рис. 4.12).

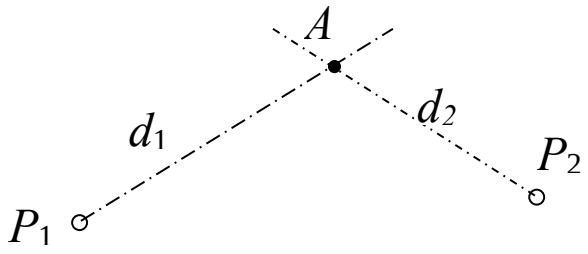


Рис. 4.12. Способ линейной засечки

Разбивку производят при помощи двух мерных приборов (рулетка, мерная лента). Расстояние от исходных точек до выносимой точки не должно превышать длины мерного прибора.

Способ перпендикуляров. Положение выносимой точки (*A*) на местности определяют путем отложения проектной длины (d_1) от створа исходных точек (P_1P_2) (рис. 4.13).

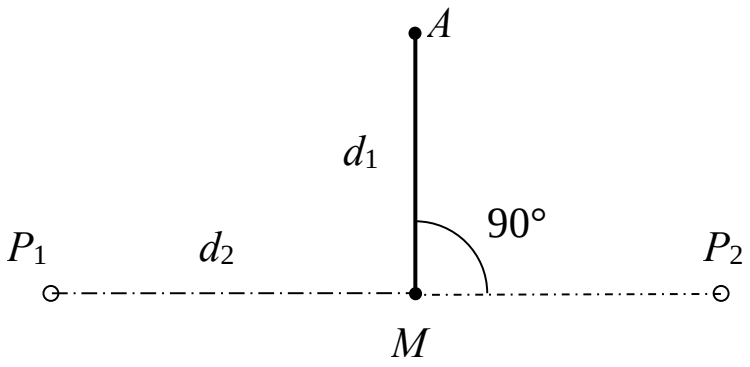


Рис. 4.13. Способ перпендикуляров

От одной из известных точек в створе линии откладывают проектную длину (d_2), устанавливают в точке (*M*) теодолит, от-

кладывают прямой угол от створа (P_1P_2) и выносят на расстояние (d_1) точку (A).

Целесообразно выбирать большее расстояние – по створу исходной стороны, а меньшее – по перпендикуляру. Для контроля положения выносимой точки измерения можно повторить от другого пункта.

4.7.3. *Вынос центра и оси шахтного ствола в натуру*

Для приобретения практических навыков по вопросам маркшейдерского обеспечения горно-строительных работ в программе учебной практики предусмотрено решение задачи по выносу с проекта в натуру центра и осей вертикального шахтного ствола.

Данную работу выполняет каждая бригада по исходным данным, полученным из результатов расчета координат пунктов полигона и проектных данных (координат центра ствола и дирекционного угла оси ствола).

Исходные данные: рис. 4.14, табл.4.9.

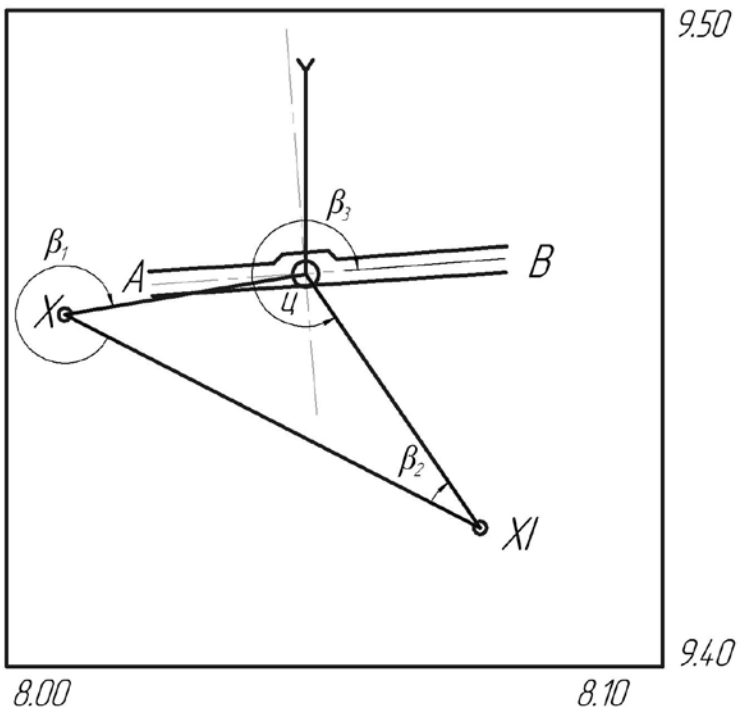


Рис. 4.14. Схема разбивки центра (ц. с.) и строительной оси ствола:
X, XI – пункты опорной маркшейдерской сети;
$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – разбивочные горизонтальные углы; AB – строительная ось ствола

Пункты опорной сети и их координаты бригада выбирает из закрепленного за ними полигона. Координаты центра ствола и дирекционный угол оси ствола выдаются преподавателем.

Таблица 4.9

Исходные данные

Номера точек	Координаты, м			Направления	Дирекционный угол
	X	*Y*	*Z*		
X	9453,755	8008,870	263,092		
XI	9421,131	8071,764	265,784	*AB*	86°00'00"
ц. с.	9460,000	8045,000	264,000		

Пример решения задачи. Для вычисления разбивочных углов β_1, β_2, (см. рис. 4.14) необходимо знать значения дирекционных углов $\alpha_{X\ -\ ц.с}$ и $\alpha_{XI\ -\ ц.с}$. Дирекционные углы указанных направлений определяют решением обратной геодезической задачи:

$$\alpha'_{X-ц.с}\text{arctg}\left(\frac{Y_{ц.с}-Y_X}{X_{ц.с}-X_X}\right);$$

$$\alpha'_{X-ц.с}=\text{arctg}\left(\frac{8045{,}000-8008{,}870}{9460{,}000-9453{,}755}\right)=80^o11'36''\ (\text{I четверть});$$

$$\alpha_{X-ц.с}=80^o11'36'';$$

$$\alpha'_{XI-ц.с.}=\text{arctg}\left(\frac{Y_{ц.с}-Y_{XI}}{X_{ц.с}-X_{XI}}\right);$$

$$\alpha'_{XI-ц.с}=\text{arctg}\left(\frac{8045{,}000-8071{,}764}{9460{,}000-9421{,}131}\right)=34^o33'00''\ (\text{IV четверть});$$

$$\alpha_{XI-ц.с}=360^o-34^o33'00''=325^o27'00'';$$

$$\alpha_{ц.с-XI}=\alpha_{XI-ц.с}-180^o=325^o27'00''-180^o=145^o27'00'';$$

$$\alpha'_{XI-X}=\text{arctg}\left(\frac{Y_X-Y_{XI}}{X_X-X_{XI}}\right);$$

$$\alpha'_{XI-X}=\text{arctg}\left(\frac{8008{,}870-8071{,}764}{9453{,}755-9421{,}131}\right)=62^o35'01''\ (\text{IV четверть});$$

$$\alpha_{XI-X} = 360^{o} - 62^{o}35'01'' = 297^{o}24'59'';$$
$$\alpha_{X-XI} = \alpha_{XI-X} - 180^{o} = 297^{o}24'59'' - 180^{o} = 117^{o}24'59''.$$

Разбивочные углы β_1, β_2 вычисляют по разности дирекционных углов направлений, составляющих искомый угол:

$$\beta_1 = \alpha_{X-ц.с} - \alpha_{X-XI};\ \ \beta_1 = 80^{o}11'36'' + 360^{o} - 117^{o}24'59'' = 322^{o}46'37'';$$

$$\beta_2 = \alpha_{XI-ц.с} - \alpha_{XI-X};\ \ \beta_2 = 325^{o}27'00'' - 297^{o}24'59'' = 28^{o}02'01'';$$

$$\beta_3 = \alpha_{A-B} - \alpha_{ц.с-XI};\ \ \beta_3 = 86^{o}00'00'' + 360^{o} - 145^{o}27'00'' = 300^{o}33'00''$$

Горизонтальное проложение $d_{XI-ц.с}$ вычисляется по следующей формуле:

$$d_{XI\text{-}ц.с} = \frac{\Delta Y_{XI-ц.с}}{\sin\alpha_{XI-ц.с}} = \frac{\Delta X_{XI-ц.с}}{\cos\alpha_{XI-ц.с}};$$

$$d_{XI\text{-}ц.с} = \frac{-26{,}764}{\sin 325^{o}27'00''} = 47{,}192 \quad м;$$

$$d_{XI\text{-}ц.с} = \frac{38{,}869}{\cos 325^{o}27'00''} = 47{,}192 \quad м;$$

$$d_{XI\text{-}ц.с.} = 47{,}192 \quad м.$$

Наклонная длина $l_{XI\text{-}ц.с}$ вычисляется по формуле

$$l_{XI-ц.с} = \sqrt{d^{2}{}_{XI\text{-}ц.с} + \left(Z_{XI} - Z_{ц.с}\right)^{2}};$$

$$l_{XI-ц.с} = \sqrt{(47{,}192)^{2} + (265{,}784 - 264{,}000)^{2}} = 47{,}226 \quad м;$$

$$d_{X\text{-}ц.с} = \frac{\Delta Y_{X-ц.с}}{\sin\alpha_{X-ц.с}} = \frac{\Delta X_{X-ц.с}}{\cos\alpha_{X-ц.с}};$$

$$d_{X\text{-}ц.с} = \frac{36{,}130}{\sin 80^{o}11'36''} = 36{,}666 \ \ м;$$

$$d_{\text{X-ц.с}} = \frac{6{,}245}{\cos 80^{\circ}11'36''} = 36{,}666 \text{ м};$$

$$\text{d}_{\text{X-Ц.С}} = 36{,}666 \text{ м};$$

$$l_{\text{X}-\text{ц.с}} = \sqrt{d^{2}_{\text{X-ц.с.}} + \left(Z_{\text{X}} - Z_{\text{ц.с.}}\right)^{2}};$$

$$l_{\text{X}-\text{ц.с}} = \sqrt{(36{,}666)^{2} + \left(263{,}092 - 264{,}000\right)^{2}} = 36{,}677 \text{ м}.$$

На точке XI с помощью теодолита от направления XI – X откладывают угол β_2 (см. рис. 4.14) при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП). В результате (при наличии в приборе коллимационной ошибки) с точки XI откладывают два направления, каждое их которых закрепляют двумя вешками. Вешки 1, 2, 3, 4 устанавливают приблизительно в районе центра ствола (с точностью до 10 м) (рис. 4.15).

Среднее направление с точки XI на точку ц.с закрепляют вешками 5 и 6 в серединах отрезков 1-3 и 2-4 соответственно. По среднему направлению от точки XI откладывают длину $l_{\text{XI-ц.с}}$. Центр ствола закрепляют колышком.

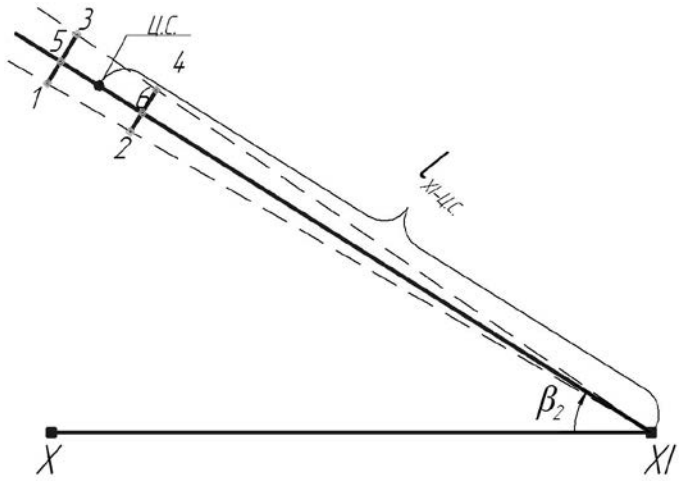


Рис. 4.15. Схема выноса центра ствола в натуру

Направление главной оси ствола АВ определяют отложением разбивочного угла β_3 от направления ц.с – XI (см. рис. 4.14). Вспомогательную ось разбивают под углом 90° к главной оси. Направления осей закрепляют постоянными центрами (на учебной практике кольями).

5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В ШАХТЕ

5.1. Создание подземной маркшейдерской опорной сети

Подземные маркшейдерские опорные сети являются геометрической основой для выполнения съемок горных выработок и решения горно-геометрических задач, связанных с обеспечением правильной и безопасной разработки месторождений полезных ископаемых.

Подземные опорные сети состоят из полигонометрических ходов, прокладываемых, как правило, по вскрывающим и подготовительным выработкам.

Программой учебной маркшейдерской практики предусматривается прокладка полигонометрического хода, являющегося одновременно соединительным ходом между шахтными стволами при ориентировании маркшейдерской сети через два вертикальных ствола.

Высоты пунктов определяют геометрическим нивелированием.

5.1.1. *Рекогносцировка и закрепление пунктов подземной полигонометрии*

Перед прокладкой подземного полигонометрического хода в намеченном участке проводят рекогносцировку с целью выбора места расположения пунктов. При этом учитывают безопасность производства съемки, удобство установки инструмента при измерении углов и длин и сохранность пунктов.

Пункты подземных маркшейдерских опорных сетей в зависимости от срока их существования и способа закрепления разделяют на постоянные и временные. Постоянные пункты закладывают в устойчивых коренных породах подошвы и кровли выработки, а также в бетонной крепи или фундаментах стационарных установок.

Центры временных знаков закрепляются в верхняках дверных окладов, на болтах или деревянных клиньях, пробках, забитых в шпуры.

Все пункты должны быть пронумерованы. Порядок нумерации определяет руководитель практики, на производстве – главный маркшейдер.

При выборе расстояний между пунктами необходимо стремиться к тому, чтобы стороны хода были примерно равными и по возможности не менее 20 м.

Для облегчения отыскания пунктов на стенке выработки указывают их номера масляной краской.

5.1.2. *Измерение углов*

Углы в подземных полигонометрических ходах измеряют теодолитами, обеспечивающими среднюю квадратическую погрешность не более 20". Способ и точность центрирования теодолита и сигналов зависят от длины сторон:

Автоматическое центрирование, м	5 – 10
Оптическое или двукратное центрирование отвесом (с измерением угла при каждом центрировании), м	10 – 20
Однократное центрирование теодолита шнуровым отвесом, м	> 20

В случае применения шнурового отвеса для центрирования должны быть приняты меры по ограждению отвеса от влияния воздушной струи.

Углы (левые по ходу) в полигонометрических ходах измеряют двумя приемами. Расхождение углов между приемами не должно превышать $1{,}5t$ инструмента (теодолита), но $\leq 45''$, где t – точность инструмента (теодолита).

На узловых точках измерение углов производят способом круговых приемов.

Результаты измерений записывают в журнал угловых и линейных измерений.

5.1.3. *Измерение длин сторон*

Длины сторон в полигонометрических ходах измеряют стальными компарированными рулетками, электронными тахеометрами. Линейные измерения выполняют, как правило, одновременно с угловыми.

При измерении линий рулетками стороны разбивают на интервалы, несколько меньшие, чем длина рулетки. Отклонение концов интервалов от створа при минимальной их длине 10 м не должно превышать 10 см. Длины измеряют «на весу» с постоянным натяжением рулетки, равным натяжению при компарировании (10 кгс), которое фиксируется динамометром. С целью непосредственного измерения горизонтальных длин на отвесах, размечающих створ линии, с помощью теодолита или нивелира отмечают горизонт инструмента. Отсчеты по рулетке берут на уровне горизонта инструмента. Производят измерение температуры воздуха в горной выработке.

Стороны измеряют в прямом и обратном направлениях. Разрешается измерить линии в одном направлении со смещением промежуточных отвесов.

При измерении длин линий электронными тахеометрами используют трехштативную систему (с переменой мест отражателя и тахеометра). Длину измеряют двумя приемами.

Расхождение между двумя измерениями линий не должно превышать 1:3000 длины стороны [1].

Результаты измерений записывают в журнал угловых и линейных измерений.

5.1.4. *Съемка подробностей*

Одновременно с измерением длин производится съемка подробностей, включающая съемку контуров горных выработок, геологических нарушений, элементов крепи, характерных объектов и т. п. Съемка ведется ординатным способом с точностью до ±5 см. На точках стояния теодолита и в характерных точках горной выработки измеряют расстояния до стенок выработки и ее высоту.

5.1.5. *Камеральная обработка результатов измерений подземных маркшейдерских опорных сетей*

Камеральную обработку начинают с предварительной обработки результатов измерений, в которую входят: контроль вычислений в журналах угловых и линейных измерений; вычис-

ление длин линий и поправок к ним; вычисление угловых и линейных невязок и уравнивание (распределение невязок).

Угловая невязка в опорных сетях не должна превышать величин:

$f_\beta = 2m_\beta\sqrt{n} = 40''\sqrt{n}$ – в замкнутых полигонах;

$f_\beta = 2m_\beta\sqrt{n_1 + n_2} = 40''\sqrt{n_1 + n_2}$ – в висячих полигонах, пройденных дважды (в прямом и обратном направлениях);

$f_\beta = 2\sqrt{2m_\alpha^2 + nm_\beta^2}$ – в полигонах, проложенных между гиросторонами,

где $m_\beta = 20''$ – средняя квадратическая погрешность измерения углов, m_α – средняя квадратическая погрешность определения дирекционных углов гиросторон; n – число углов полигонометрического хода; $(n_1 + n_2)$ – число углов в прямом и обратном направлениях соответственно.

Если угловая невязка хода в пределах допустимой, она распределяется с обратным знаком поровну на все углы. После исправления углов приступают к вычислению дирекционных углов сторон хода, решая прямую геодезическую задачу.

В измеренные металлической рулеткой длины линий вводят поправки за компарирование, температуру, провес и наклон линии.

Поправки за приведение к поверхности референц-эллипсоида вводят при высотных отметках более + 200 м, а поправки за приведение на плоскость проекции Гаусса вводят при удалении от осевого меридиана более 50 км. Поправки выбирают из специальных таблиц [1] или вычисляют по формулам [2].

По вычисленным дирекционным углам сторон полигонометрического хода и обработанным длинам вычисляют приращения координат.

Линейная относительная невязка (невязка в приращениях координат) в замкнутых полигонах не должна превышать 1:3000 длины хода, в разомкнутых и дважды пройденных – 1:2000.

Допустимые линейные невязки распределяют в приращения координат пропорционально длине каждой линии с обратным знаком. По исправленным приращениям вычисляют координаты пунктов полигонометрического хода. Пример вычисления координат пунктов подземного хода приводится в главе «Ориентирно-соединительная съемка подземной маркшейдерской опорной сети».

5.2. Ориентирно-соединительная съемка подземных маркшейдерских опорных сетей

5.2.1. *Общие положения*

Ориентирно-соединительная съемка является чисто маркшейдерской задачей, в результате которой должны быть найдены плановые координаты (X и Y) первого пункта (центрирование сетей) и дирекционный угол (α) первой стороны (ориентирование сети) подземных маркшейдерских опорных сетей в системе координат, принятой на земной поверхности.

Практическое значение ориентировки весьма велико. Без надлежащей ориентировки не может быть безопасного и технически правильного ведения горных работ. Ориентировка, как это принято называть у маркшейдеров-производственников, является основой решения ответственных задач практической маркшейдерии.

В маркшейдерии на всех этапах ее развития уделялось особое внимание вопросам ориентирования, поскольку составление планов земной поверхности горного предприятия и планов подземных горных работ в единой системе координат обеспечивает взаимное совмещение как всей съемки в целом, так и отдельных ее частей. Такое совмещение позволяет определить местоположение любого участка подземных горных работ относительно земной поверхности. Точность определения положения подземных выработок зависит от точности способов ориентирования.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения различают три основных вида ориентировки: через один вертикальный ствол; через два вертикальных ствола, соединенных между собой горными выработками на ориентируемом горизонте; через наклонный ствол или штольню.

Последний вид ориентировки не требует особых комментариев и выполняется известными методами геодезии – прокладка разомкнутых теодолитных ходов. Особое внимание заслуживает ориентировка через вертикальные стволы.

Современная маркшейдерия поставленные задачи решает двумя способами: геометрическим и гироскопическим ориентированием [1].

Учитывая ответственность указанных видов работ, в Инструкции [1] предусматривают двукратное независимое ориентирование, выполненное одним или разными методами.

Расхождение в результатах ориентирования одной и той же стороны не должно превышать 3'. За окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух результатов.

Гироскопический способ ориентирования рекомендуется применять во всех случаях. В этом случае среднеквадратическая погрешность не должна превышать ±30″.

Геометрическое ориентирование применяют при глубине шахтного ствола не более 500 м.

Центрирование сети, передача плановых координат в шахту через вертикальный ствол выполняют как при гироскопическом, так и при геометрическом ориентировании с помощью отвесов.

Координаты отвесов на земной поверхности определяют от опорных геодезических сетей проложением подходного полигона. Количество сторон от исходных пунктов до отвесов – не более трех.

Расхождение в положении пункта подземной опорной сети между двумя независимыми передачами не должно превышать 5 см при $H < 500$ м и величины $0{,}01H$, см, при $H > 500$ м, где H – глубина ствола, м. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух передач.

В программе учебной практики предусмотрено ориентирование через один и два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса.

5.2.2. *Ориентирование через один вертикальный шахтный ствол с использованием гирокомпаса*

При ориентировании данным способом задачи центрирования (передача координат) и ориентирования (определение дирекционного угла) подземной опорной сети решаются раздельно.

Передача координат в шахту осуществляется с помощью одного отвеса, а определение дирекционного угла одной из сторон в шахте – гироскопическим ориентированием.

Выполнение работ производится в следующей последовательности:

1) проектирование точки с поверхности в шахту с помощью отвеса;

2) примыкание к отвесу на поверхности и в шахте;

3) гироскопическое ориентирование стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте;

4) вычисление координат первых двух пунктов подземного теодолитного хода (подземной маркшейдерской опорной сети).

Перед началом ориентировки руководитель производит осмотр шахтного ствола, намечает места расположения отвеса, оборудования, инструментов и распределяет обязанности между студентами.

Перед опусканием отвеса и установкой оборудования производят перекрытие ствола. Перекрытие ствола начинают с нулевой площадки копра. В это время всех людей на ориентируемом горизонте удаляют от ствола. Перекрытие должно быть прочным и сплошным, чтобы в процессе работы не могли провалиться вниз мелкие инструменты, камни, сор и т. д.

В перекрытии прорубается одно небольшое отверстие для пропуска отвеса. После этого наверху людей удаляют от ствола, и они устанавливают оборудование. В это время производится перекрытие ствола на ориентируемом горизонте. При установке перекрытия в стволе работают только в специальных предохранительных поясах при самой строгой страховке. Между поверхностью и ориентируемым горизонтом заранее условливаются о сигнализации по спуску и подъему отвеса, о начале и окончании работ. Обычно сохраняется система сигнализации, принятая для шахтного подъема, и постоянная телефонная связь.

Для спуска и закрепления отвесов применяют следующее оборудование: ручные лебедки с намотанной на барабаны проволокой необходимой длины; блоки; центрировочные пластины; комплекты грузов; сосуды для успокоителя отвеса.

После установки всего оборудования приступают к спуску отвеса. Для этого к концу проволоки подвешивают небольшой груз весом 2-3 кг и медленно спускают в ствол. Во время спуска отвеса людей на ориентируемом горизонте следует удалить от ствола. Ответственный за ориентировку на поверхности при спуске отвеса пропускает проволоку «через руку» с целью обнаружения ее изгибов (барашков). Спуск проволоки производится со скоростью 1 м/с с периодическими остановками для предот-

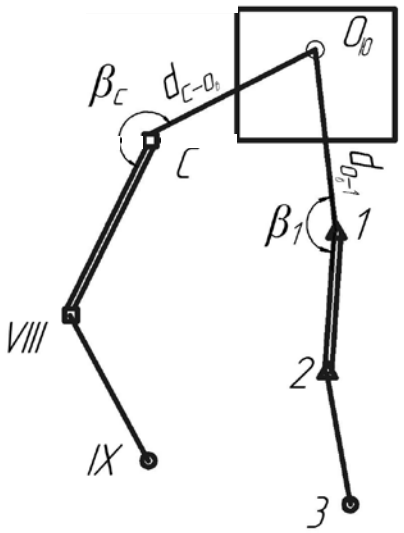
вращения сильного раскачивания отвеса. Когда груз опустится до ориентируемого горизонта, малый груз осторожно снимают, удерживая руками проволоку в натянутом состоянии, и навешивают подставку (грузодержатель), на которую устанавливают рабочий груз. Для более быстрого успокоения качаний отвес погружают в бак-успокоитель, не касаясь дна (бак, наполненный водой с древесными опилками).

После успокоения отвеса проверяют, не касается ли он стенок ствола или оборудования, расположенного в стволе. Проверка осуществляется посылкой «почты» с поверхности в шахту.

Для этого на проволоку отвеса на поверхности надевают кольцо диаметром 2 – 3 см, изготовленное из мягкой проволоки, и опускают его по проволоке отвеса в шахту. Если кольцо, не задерживаясь, доходит до груза, предполагают, что отвес висит в стволе свободно. Для надежного контроля по каждому отвесу спускают два – три кольца.

Проверка отвесов является ответственным моментом проектирования, поэтому ее производят обязательно.

На рис. 5.1 показана схема ориентировки через один ствол «Вспомогательной» шахты «Южная» Березовского РУ подземных маркшейдерских опорных сетей гор. 262 м, и далее приведены порядок, методика измерений и пример вычислений координат пунктов первой стороны.



ств. «Вспомогательный»

Рис. 5.1. Схема ориентировки через один вертикальный ствол с использованием гирокомпаса

Исходные данные:

$X_{\text{VIII}} = 9736{,}892$; $Y_{\text{VIII}} = 47338{,}549$; $\alpha_{\text{VIII}-C} = 289^\circ 46' 04''$.

Координаты точки VIII и дирекционный угол стороны $\alpha_{\text{VIII}-C}$ берутся из ведомости расчета координат полигона на поверхности (см. табл. 4.3).

Дирекционный угол первой стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте (гироскопическое ориентирование)

$$\alpha_{2-1} = 270^\circ 31' 35'' + N^\circ + N' + N'' ,$$

где N – номер варианта для индивидуального расчета.

Методика и порядок измерений:

В точке примыкания C на земной поверхности и в точке 1 на ориентируемом горизонте поочередно, вначале в шахте, а затем на поверхности, измеряют:

на земной поверхности – горизонтальный угол β_C, горизонтальные расстояния $d_{\text{VIII}-C}, d_{C-\text{ОВ}}$;

на ориентируемом горизонте – горизонтальный угол β_1, горизонтальное расстояние $d_{\text{ОВ}-1}$.

Измерение углов теодолитом типа Т5 производят тремя приемами. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из приемов.

Измерение длин производится металлической рулеткой пять раз с точностью отсчета 1 мм. Расхождения между результатами измерений не должны превышать 2 мм. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из пяти измерений. Углы и длины могут быть измерены.

Вычисление координат пунктов 1 и 2 первой стороны подземных маркшейдерских опорных сетей (*табл. 5.1*):

1) вычислим координаты отвеса на поверхности:

$$X^{\text{п}}_{\text{О}_\text{в}} = X_{\text{VIII}} + d_{\text{VIII}-C} \cdot \cos\alpha_{\text{VIII}-C} + d_{\text{C}-\text{О}_\text{в}} \cdot \cos\alpha_{C-\text{О}_\text{в}};$$

$$Y^{\text{п}}_{\text{ОВ}} = Y_{\text{VIII}} + d_{\text{VIII}-C} \cdot \sin\alpha_{\text{VII}-C} + d_{C-\text{ОВ}} \cdot \sin\alpha_{C-\text{ОВ}},$$

где X_{VIII}, Y_{VIII}, $\alpha_{\text{VIII-}C}$ из табл. 4.3.

$$\alpha_{C-\text{ОВ}} = \alpha_{\text{VIII}-\text{С}} + \beta_C - 180^\circ;$$

2) вычислим координаты точки 1 в шахте:

Таблица 5.1

Вычисление ориентировки через один вертикальный ствол с использованием гироскопического ориентирования

Точки		Горизонтальное проложение, м	Горизонтальные углы	Дирекционные углы	Приращения, м		Координаты		Номер точки
стояния	наблюдения				ΔY	ΔX	Y	X	
VIII							47338,549	9736,892	VIII
	С	24,772		289°46′04″			47315,237	9745,270	С
С	VIII								
	Ов	6,658	196°40′15″	306°26′19″	-5,356	+3,954	47309,881	9750,940	Ов
2									
	1			270°31′35″					
1	2								
	Ов	8,623	172°06′34″	262°38′09″			47309,881	9749,224	Ов
Ов									
	1	8,623		82°38′09″	8,552	-0,105	47318,433	9750,329	1
1	Ов								
	2	43,244	187°53′26″	90°31′35″	43,242	-0,397	47361,675	9749,932	2

$$X_1 = X^{ш}_{ОВ} + d_{ОВ-1} \cdot \cos\alpha_{ОВ-1};$$

$$Y_1 = Y^{ш}_{ОВ} + d_{ОВ-1} \cdot \sin\alpha_{ОВ-1},$$

где $X^{ш}_{ОВ} = X^{п}_{ОВ}$; $Y^{ш}_{ОВ} = Y^{п}_{ОВ}$;

$\alpha_{ОВ-1} = \alpha_{1-ОВ} + 180°$;

$\alpha_{1-ОВ} = \alpha_{2-1} + \beta_1 - 180°$;

$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} + 180°$;

α_{1-2} определяют гироскопическим ориентированием;

3) вычислим координаты точки 2 в шахте:

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \cos\alpha_{1-2};$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \sin\alpha_{1-2}.$$

Результаты вычисления приведены в табл. 5.1.

Для контроля выполняют сдвиг отвеса $П_В$, вторичное примыкание к отвесу и повторный расчет координат точек 1 и 2.

5.2.3. *Ориентирование через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса*

При ориентировке через два вертикальных ствола геометрическую связь между съемками на земной поверхности и в шахте осуществляют с помощью двух отвесов. В каждый из стволов опускают по одному отвесу.

Ориентирно-соединительная съемка через два вертикальных ствола состоит из следующих операций: 1) проектирования точек с поверхности на ориентируемый горизонт горных работ; 2) примыкания к отвесам на поверхности и в шахте; 3) вычисления координат пунктов подземного теодолитного хода (опорных сетей).

На рис. 5.2 приведена схема ориентировки через стволы «Южный» и «Вспомогательный» шахты «Южная» Березовского РУ.

Подготовительные работы, включающие перекрытие ствола, расположение отвесов в стволе, место установки оборудования и инструментов, аналогичны в случае ориентировки через один вертикальный ствол.

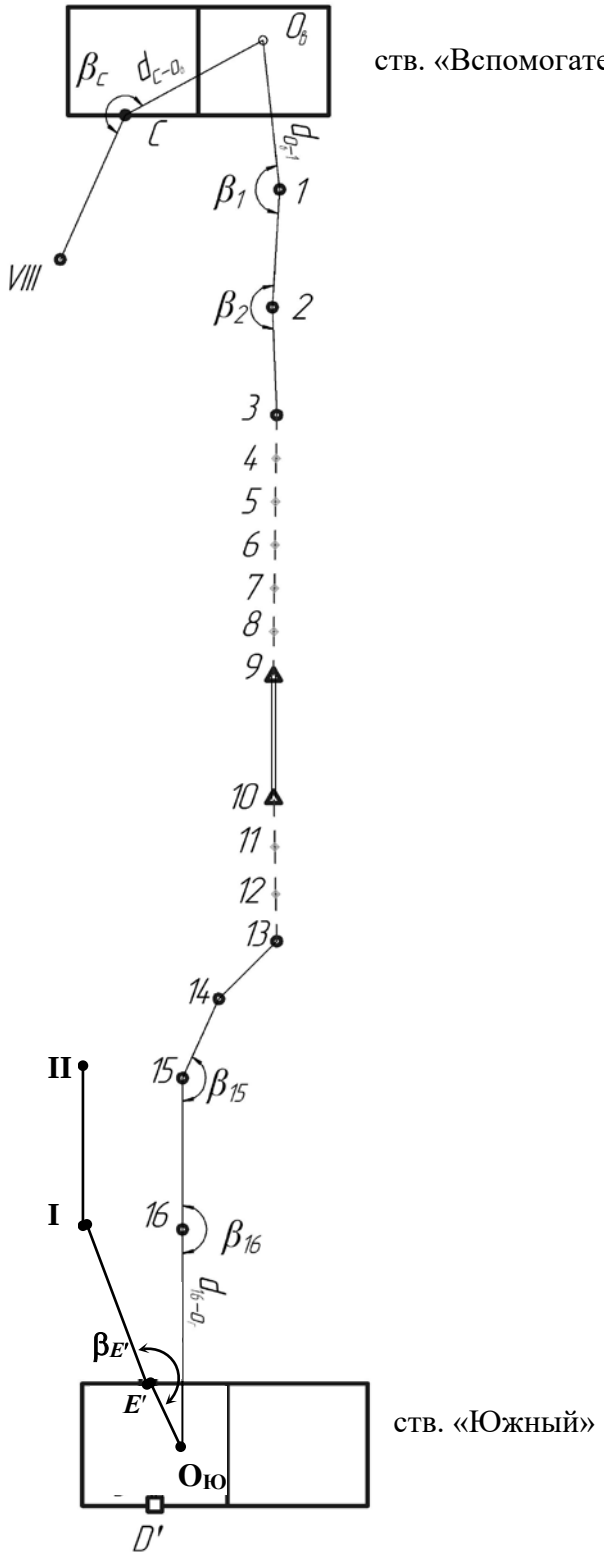


Рис. 5.2. Схема ориентировки через два вертикальных ствола
с использованием гирокомпаса

Проектирование координат с земной поверхности на ориентируемый горизонт (центрирование сети) производят с помощью отвесов через каждый ствол поочередно.

На земной поверхности от пунктов опорной сети с известными координатами $X_{E'}$, $Y_{E'}$, X_{VIII}, Y_{VIII} (см. табл. 4.3) измеряют углы и расстояния для определения координат отвесов $\text{О}_\text{В}, \text{О}_\text{Ю}$.

В шахте на ориентируемом горизонте проходится соединительный теодолитный ход между стволами. На примычных точках 1 и 16 измеряются углы и длины до отвесов $\text{О}_\text{В}; \text{О}_\text{Ю}$.

Углы измеряют теодолитом или тахеометром тремя приемами. За окончательный результат принимают среднее арифметическое.

Длины измеряют металлической рулеткой пять раз с точностью отсчета 1 мм. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение, длина может быть измерена электронными приборами с относительной погрешностью 1:3000.

Исходные данные: $X_{\text{ОВ}} = 9749{,}224; Y_{\text{ОВ}} = 47309{,}881$ (берутся из ориентировки через один ствол), (см. табл. 5.1).

$X_{E'} = 9704{,}249; \quad Y_{E'} = 48050{,}952; \quad d_{E'-O_\text{Ю}} = 8{,}930$ м;

$\alpha_{I-E'} = 88^0 13' 23''$ (см. табл. 4.3); $\quad \alpha_{10-9} = 272^0 53' 35'' + N^0 + N' + N''$,

где N – номер варианта для индивидуального расчета;

α_{10-9} - дирекционный угол стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте (гироскопическое ориентирование).

Требуется определить: координаты пунктов соединительного теодолитного хода в шахте (опорные сети). Расчет дирекционных углов в шахте ведется от стороны, дирекционный угол которой определен гироскопическим ориентированием (α_{10-9}) в сторону отвеса $\text{О}_\text{В}$ и в сторону отвеса $\text{О}_\text{Ю}$. Приведем расчет координат от отвеса $\text{О}_\text{В}$, приняв значение его координат, полученных на поверхности.

Решение:

1. Координаты отвеса на поверхности:

$$X^{\text{п}}_{\text{ОЮ}} = X_{D'} + d_{\text{ОГ}-D'} \cdot \cos\alpha_{\text{ОЮ}-D'};$$

$$Y^{\text{п}}_{\text{ОЮ}} = Y_{D'} + d_{\text{ОГ}-D'} \cdot \sin\alpha_{\text{ОЮ}-D'}.$$

2. Вычисление дирекционных углов соединительного теодолитного хода в шахте от стороны 10-9 (α_{10-9}):

$$\alpha_{9-8} = \alpha_{10-9} + \beta_9 - 180^0; ...; \alpha_{1-\text{ОВ}} = \alpha_{2-1} + \beta_1 - 180^0;$$

$$\alpha_{10-11} = \alpha_{9-10} - \beta_{10} + 180^0; ...; \alpha_{16-\text{ОГ}} = \alpha_{15-16} + \beta_{16} - 180^0.$$

3. Координаты пунктов хода в шахте от отвеса $\text{О}_\text{В}$, в том числе $\text{О}_\text{Ю}$:

$$X_1 = X_{\text{О}_\text{В}} + d_{\text{О}_\text{В}-1} \cdot \cos\alpha_{\text{О}_\text{В}-1};$$
$$Y_1 = Y_{\text{О}_\text{В}} + d_{\text{О}_\text{В}-1} \cdot \sin\alpha_{\text{О}_\text{В}-1};$$
$$X^{\text{ш}}_{\text{О}_\text{Ю}} = X_{16} + d_{16-\text{О}_\text{Г}} \cdot \cos\alpha_{16-\text{О}_\text{Г}};$$
$$Y^{\text{ш}}_{\text{О}_\text{Ю}} = Y_{16} + d_{16-\text{О}_\text{Г}} \cdot \sin\alpha_{16-\text{О}_\text{Г}}.$$

4. Линейная невязка определяется сравнением координат отвеса $\text{О}_\text{Ю}$ на поверхности и в шахте:

$$X^{\text{п}}_{\text{О}_\text{Ю}} - X^{\text{ш}}_{\text{О}_\text{Ю}} = \Delta X;$$
$$Y^{\text{п}}_{\text{О}_\text{Ю}} - Y^{\text{ш}}_{\text{О}_\text{Ю}} = \Delta Y.$$

Уравнивание:

$$\frac{\Delta X}{P} \cdot d_i; \ \frac{\Delta Y}{P} \cdot d_i; \quad \text{где} \quad P = \Sigma d_i.$$

Результаты вычислений приведены в табл. 5.2.

Для контроля отвес $\text{О}_\text{Ю}$ сдвигается и выполняется повторное примыкание и повторный расчет координат точек 1, 2, 3,…, 16.

Таблица 5.2

Вычисление ориентировки через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы	Дирекционные углы	Приращения, м		Координаты, м		Номер точки
стояния	наблюдения				ΔY	ΔX	Y	X	
I									
	E'			88°13′23″			48050,952	9704,279	E'
E'	I								
	$О_{ю}$	8,930	178°57′28″	87°10′51″	8,919	0,439	48059,871	9704,718	$О_{ю}$
10									
	9	60,937		272°53′35″			47750,907	9732,300	9
9	10								
	8	61,888	180°03′00″	272°56′35″	-61,806	3,178	47689,100	9735,478	8
8	9								
	7	53,136	180°30′00″	273°26′35″	-53,040	3,191	47636,060	9738,669	7
7	8								
	6	62,835	179°24′52″	272°51′27″	-62,757	3,132	47573,303	9741,801	6
6	7								
	5	79,676	180°37′45″	273°29′12″	-79,529	4,846	47493,775	9746,647	5
5	6								
	4	54,053	179°57′00″	273°26′12″	-53,956	3,240	47439,819	9749,887	4
4	5								
	3	50,444	175°47′38″	269°13′50″	-50,439	-0,677	47389,380	9749,210	3
3	4								
	2	27,714	182°15′45″	271°29′35″	-27,705	0,722	47361,675	9749,932	2
2	3								
	1	43,244	179°02′00″	270°31′35″	-43,242	0,397	47318,433	9750,329	1
1	2								
	$О_{В}$	8,623	172°06′34″	262°38′09″	-8,852	-1,105	47309,881	9749,224	$О_{В}$

Продолжение таблицы 5.2

Точки		Горизонтальные проложения, м	Горизонтальные углы	Дирекционные углы	Приращения, м		Координаты, м		Номер точки
стояния	наблюдения				ΔY	ΔX	Y	X	
9									
	10	60,937		92°53′35″	60,859	-3,076	47811,766	9729,225	10
10	9								
	11	65,885	180°21′45″	93°15′20″	65,779	-3,742	47877,545	9725,483	11
11	10								
	12	50,275	177°04′00″	90°19′20″	50,274	-0,283	47927,819	9725,200	12
12	11								
	13	52,442	177°31′53″	87°51′13″	52,405	1,964	47980,224	9727,164	13
13	12								
	14	24,158	240°46′30″	148°37′43″	12,576	-20,626	47992,800	9706,538	14
14	13								
	15	26,450	125°17′15″	93°54′58″	26,388	-1,806	48019,188	9704,732	15
15	14								
	16	34,886	177°58′18″	91°53′16″	34,867	-1,149	48054,055	97,03583	16
16	15								
	$O_ю$	5,640	166°19′18″	78°12′34″	5,521	1,152	48059,576	9704,735	$O_ю$

$\sum d_i = 762{,}286$ $f_Y = 0{,}295;\ f_X = 0{,}017$

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0{,}09 + 0{,}003} \approx 0{,}3$$

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{\sum d_i} = \frac{0{,}3}{762{,}286} \le \frac{1}{3000}.$$

5.2.4. Анализ результатов ориентировок

По результатам выполненных ориентировок через один и два вертикальных шахтных ствола проводят сравнительный анализ результатов расчета координат пунктов подземных маркшейдерских опорных сетей.

Каждый студент анализирует результаты своих расчетов, должен изложить свою точку зрения на качество выполненных работ и, руководствуясь Инструкцией [1], сделать выводы о целесообразности применения того или иного способа ориентирования в условиях, имеющих место на учебной практике.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ПУНКТОВ ПОДЗЕМНОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ

6.1. Общие положения

Вертикальная съемка – совокупность измерений и вычислений, в результате которых определяются высотные отметки (координата Z) отдельных точек. Исходными данными для построения высотной сети на поверхности шахты являются реперы государственного нивелирования не ниже IV класса.

Определение высотных отметок пунктов подземной маркшейдерской сети состоит из следующих этапов: а) геометрическое нивелирование на поверхности от реперов III или IV класса до устья ствола; б) передача высотной отметки в шахту; в) техническое нивелирование в горных выработках.

Программой учебной маркшейдерской практики предусмотрено выполнение следующих видов работ: а) передача высотной отметки через вертикальный ствол шахты длиномером (глубиномером) ДА-2 и шахтной лентой; б) техническое нивелирование пунктов маркшейдерской опорной сети в шахте; в) нивелирование транспортных путей.

Передачу высот в горные выработки производят независимо дважды. Допустимые расхождения между двумя независимыми передачами высот по вертикальным выработкам определим по формуле [1], м

$$\Delta Z = 0{,}0003H,$$

где H – глубина шахтного ствола, м.

При допустимых расхождениях за окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух определений.

6.2. Передача высотной отметки в шахту длиномером (глубиномером) ДА-2

Передачу высотной отметки с земной поверхности в шахту длиномером ДА-2 выполняют в следующей последовательности:

1. На верхней приемной площадке вблизи шахтного ствола (рис. 6.1) устанавливают длиномер. Над стволом закрепляют направляющий блок.

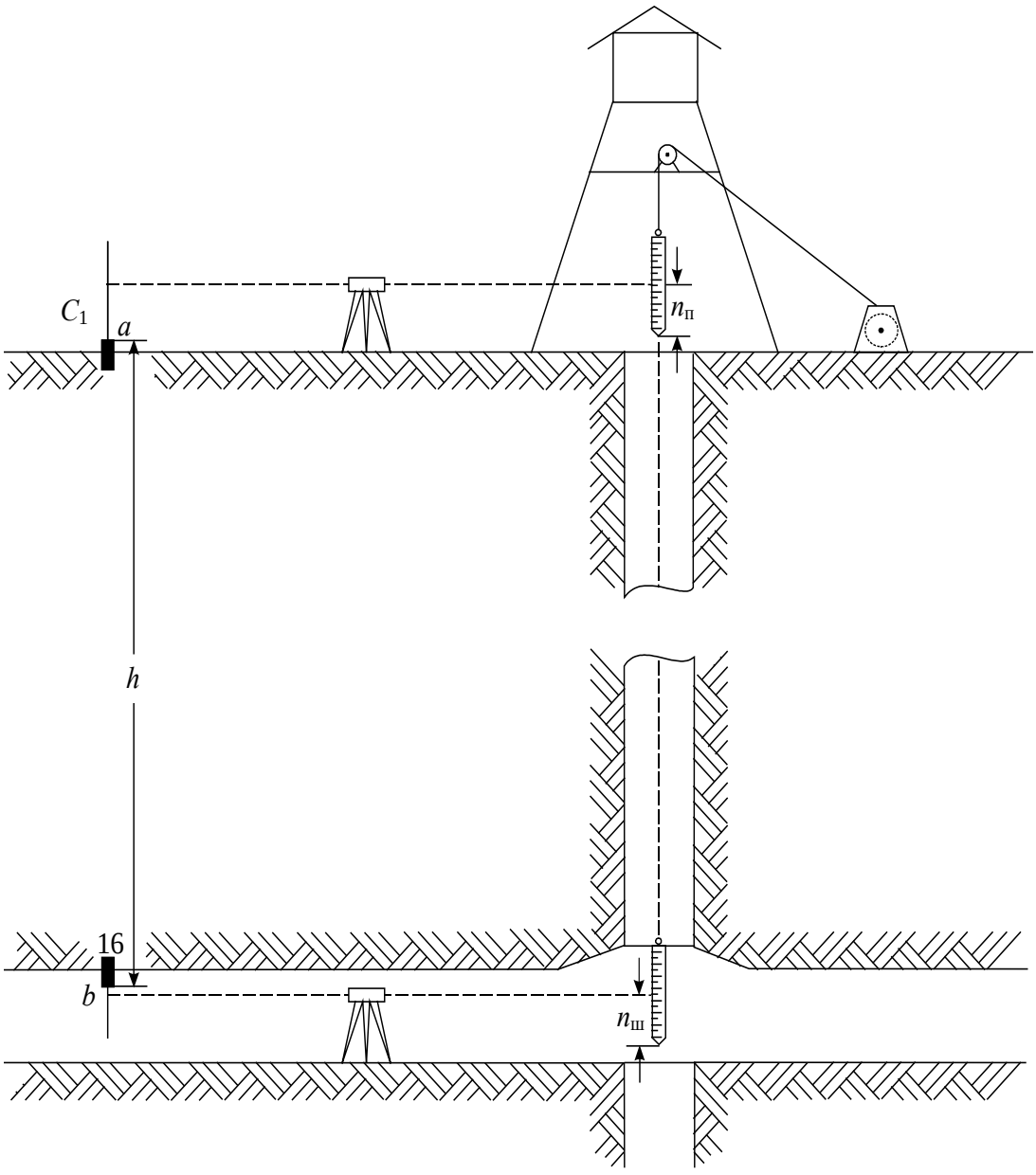


Рис. 6.1. Схема передачи высотной отметки в шахту длиномером (глубиномером) ДА-2

Длиномер ДА-2 представляет собой лебедку, на оси которой насажены барабан для наматывания проволоки и мерный диск, снабженный счетным механизмом.

2. На уровне визирного луча нивелира на конец проволоки крепят груз-рейку, на 1 м выше – контрольную рейку.

3. Нивелир устанавливают посередине между исходным репером, с известной координатой *Z,* и груз-рейкой.

4. Берут отсчеты:

$N_п$ – по счетчику оборотов на шкале мерного диска, м (отсчет, соответствующий положению груз-рейки или контрольной рейки на уровне визирного луча нивелира на поверхности);

$n_п$ – по шкале груз-рейки (или контрольной рейки) на поверхности, мм;

a – по нивелирной рейке, установленной на репере *C* с известной высотной отметкой на поверхности, мм.

5. Груз-рейка и контрольная рейка опускаются в ствол шахты до уровня визирного луча трубы нивелира, установленного на ориентируемом горизонте. Нивелир устанавливают посередине между репером в шахте и груз-рейкой. По сигналу из шахты спуск проволоки прекращают и берут следующие отсчеты:

$N_ш$ – по счетчику оборотов на шкале мерного диска, м;

$n_ш$ – по шкале груз-рейки (или контрольной рейки), мм;

b – по нивелирной рейке, установленной на пункте 16 в околоствольном дворе. Пример передачи высотной отметки приведен в табл. 6.1.

Повторно производят передачу высотной отметки при подъеме проволоки, для чего предварительно изменяют положение груз-рейки (контрольной рейки) по высоте или изменяют горизонты нивелиров на земной поверхности и в шахте. Отсчеты по нивелирным рейкам, груз-рейкам и контрольной рейке берут до миллиметра.

Расхождение между двумя результатами или двумя превышениями не должно быть более 4 мм, за результат принимают среднее арифметическое. Расчет превышения и определение отметки репера, находящегося в шахте, производят в следующей последовательности:

$$L = N_ш - N_п + n_п - n_ш,$$
$$h = L - a - b$$

Таблица 6.1

Результаты передачи высотной отметки в шахту ствол «Южный» длиномером ДА-2

Операция	Рейки	Отсчеты						h, м	Поправки, мм				
		$N_п$, м	$n_п$, мм	a, мм	$N_ш$, м	$n_ш$, мм	b, мм		ΔL_d	ΔL_{t_1}	ΔL_{t_2}	$\Delta_к$	$\sum \Delta L$
Спуск	Груз-рейка	12,271	223	1149	274,439	375	1539	259,328	658,900	-20,351	10,093	-812,824	-164,181
	Контр-рейка	13,322	144	1149	275,298	105	1539	259,327	658,418	-20,336	10,086	-812,229	-164,061
Подъем	Груз-рейка												
	Контр-рейка												
								259,163	658,659	-20,343	10,090	-812,527	-164,121

$h_{ср}$ = 259,202

Паспортные данные ДА-2 № 82

Диаметр мерного диска 317,323 мм

Длина окружности диска 996,8996 мм

Температура компарирования мерного диска – $t_к$ = 23°

$Z_{16} = Z_I - h_{ср}$ = 258,734 – 259,163 = -0,429 м

Температура на поверхности $t_п$ = 29°, в шахте $t_ш$ = 9°, $t_{ср}$ = 19°

Коэффициент линейного расширения α = 0,000011

Вычислил:_____

Проверил:_____

или

$$h = N_{ш} - N_{п} - n_{ш} - a - b + n_{п},$$

с учетом поправок

$$h' = h + \Delta L_d + \Delta L_{t_1} + \Delta L_{t_2} + \Delta L_{к},$$

где ΔL_d – поправка за диаметр проволоки, мм; ΔL_{t_1} – поправка за разность температур проволоки на земной поверхности и в стволе шахты, мм; ΔL_{t_2} – поправка за разность температур мерного диска при измерениях и при компарировании, мм, $\Delta L_{к}$ – поправка за компарирование мерного диска, мм.

Поправки вычисляют по формулам:

$$\Delta L_d = 0{,}001 \cdot d \cdot \pi(N_{ш} - N_{п});$$

$$\Delta L_{t_1} = 0{,}001 \cdot \alpha_1(N_{ш} - N_{п})(t_{ср} - t_{п});$$

$$\Delta L_{t_2} = 0{,}001 \cdot \alpha_2(N_{ш} - N_{п})(t_{п} - t_{к});$$

$$\Delta L_{к} = 0{,}001(l - 1000)\,(N_{ш} - N_{п}),$$

где d – диаметр проволоки, равный по паспорту 0,8 мм; π – 3,1416; α_1 – температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена проволока (для стали α_1 = 0,0115); $t_{ср}$ – средняя температура воздуха в стволе шахты, принятая как среднее арифметическое значение из температур в околоствольном дворе и у устья шахты, град; $t_{п}$ – температура мерного диска при измерениях, т. е. температура воздуха на земной поверхности, град; α_2 – температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлен мерный диск (из паспорта длиномера α_2 = 0,011); l – длина окружности мерного диска (по паспорту завода); $(N_{ш} - N_{п})$ – разность отсчетов по счетчику оборотов и мерному диску при положении груза-рейки (контрольной рейки) в околоствольном дворе и на земной поверхности, мм.

Поправки вводят в $h_{ср}$, полученное из двух независимых передач высотной отметки.

Пример камеральной обработки результатов передачи высотной отметки при помощи длиномера ДА-2 приведен в табл. 6.1.

6.3. Передача высотной отметки в шахту шахтной лентой

Производство работ при передаче высотной отметки с земной поверхности в шахту шахтной лентой аналогично предыдущему методу и заключается в следующем.

Перед началом работы шахтная лента должна быть прокомпарирована. Барабан с лентой прочно укрепляется над стволом шахты (рис. 6.2). На конец ленты подвешивается небольшой груз, после чего лента осторожно разматывается и опускается в ствол шахты. После спуска ленты барабан фиксируют, а внизу на ленту подвешивают рабочий груз, равный натяжению ленты при компарировании.

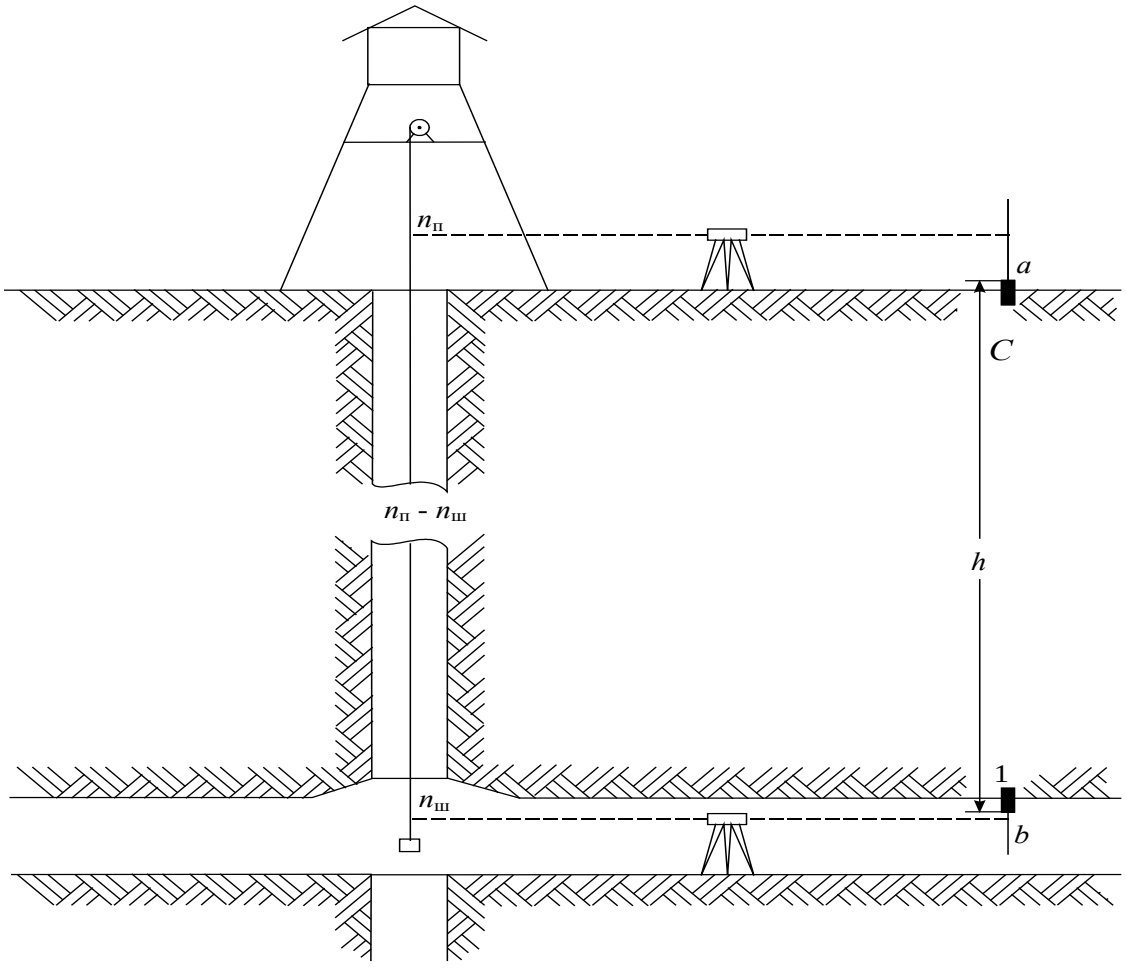


Рис. 6.2. Схема передачи высотной отметки в шахту шахтной лентой

На земной поверхности и на ориентируемом горизонте нивелиры устанавливают так, чтобы в трубу каждого нивелира были видны лента и рейка, установленная на репере. Расстояния от нивелира до ленты и рейки должны быть по возможности одина-

ковыми, чтобы в процессе работы исключить перефокусировку трубы нивелира.

По команде руководителя поочередно на поверхности, затем в шахте берутся отсчеты по ленте $n_{\text{п}}$ и $n_{\text{ш}}$ и по рейкам, установленным на реперах на поверхности a и в шахте b. Затем лента передвигается (подтягивается вверх или опускается) и серия отсчетов повторяется, т. е. производится новая независимая передача высотной отметки.

Высотная отметка должна быть передана в шахту не менее двух раз.

Превышение h вычисляют по формуле

$$h = n_{\text{п}} - n_{\text{ш}} - a - b.$$

Если все значения h из нескольких независимых передач высотной отметки удовлетворяют допуску, то вычисляется среднее арифметическое значение превышения $h_{\text{ср}}$. В эту величину необходимо ввести следующие поправки:

$\Delta l_{\text{к}}$ – за компарирование шахтной ленты, эта поправка берется из ведомости обработки результатов компарирования ленты с соответствующим знаком;

Δl_t – за разность температур шахтной ленты при измерениях и при компарировании, мм:

$$\Delta l_t = 1000 \cdot \alpha \cdot l(t - t_{\text{к}}),$$

знак поправки определяется знаком разности температур $(t - t_{\text{к}})$;

Δl_g – за растяжение шахтной ленты от собственного веса, мм:

$$\Delta l_g = \frac{100\gamma \cdot l^2}{2E},$$

где α – коэффициент линейного расширения стали, равный 0,000015; l – длина ленты, опущенной на глубину ствола, м; t – температура ленты в момент измерения, т. е. средняя температура воздуха в стволе, которая получается как среднее арифметическое значение температур, измеренных на поверхности у устья ствола и в околоствольном дворе в шахте, град; $t_{\text{к}}$ – температура ленты при компарировании, град; γ – плотность стали (7,8 т/м^3); E – модуль упругости, равный для стали $2 \cdot 10^6$ кг/см^2.

Таблица 6.2

Результаты измерений и расчет передачи высотной отметки в шахту ств. «Вспомогательный» шахтной лентой

Положение ленты	Отсчеты на земной поверхности		Отсчеты в шахте		h, м	Поправки, мм				$h_{ср}$, м
	$n_п$, м	a, мм	$n_ш$, м	b, мм		$\Delta L_к$	ΔL_l	ΔL_g	$\sum\Delta L$	
1	69,372	1294	336,124	1330	264,128					
2	69,167	1294	335,918	1330	264,127					
3	69,142	1294	335,892	1330	264,126					
						+5,0	-1,3	+2,6	+6,3	264,133

$$h_{ср} = 264{,}133$$

$$Z_1 = Z_с - h_{ср} = 265{,}890 - 264{,}133 = 1{,}757 \text{ м}$$

Вычислил_____

Проверил_____

Если натяжения шахтной ленты при компарировании и при измерениях не равны, то вводится поправка за разность натяжений, мм:

$$\Delta l_Q = \frac{10 \cdot l(Q_{\text{и}} - Q_{\text{к}})}{E \cdot F},$$

где $Q_{\text{и}}$ – масса груза при измерении, кг; $Q_{\text{к}}$ – масса груза (или сила натяжения) при компарировании ленты, кг; F – площадь поперечного сечения ленты, см^2.

Знак поправки определяется знаком разности веса ($Q_{\text{и}} - Q_{\text{к}}$). Пример вычисления передачи высотной отметки при помощи длинной шахтной ленты приведен в табл. 6.2.

6.4. Геометрическое нивелирование в подземных горных выработках

Геометрическое нивелирование технического класса точности выполняют в выработках с углом наклона не более 5-8° с целью создания высотного обоснования для вертикальной съемки в шахте и решения различных маркшейдерских задач.

Для данного класса нивелирования применяют нивелиры типа Н-10, позволяющие обеспечить точность 10 мм на 1 км двойного хода.

Нивелирные ходы прокладывают замкнутые или разомкнутые, пройденные в прямом и обратном направлениях. Расстояние между нивелиром и рейками не должно превышать 50 м. Отсчеты по рейкам берут до миллиметра, расхождение в превышениях на станции, определенных по черным и красным сторонам реек или при двух горизонтах инструмента, не должно превышать 10 мм.

Невязки хода технического нивелирования не должны превышать 50 мм$\sqrt{L}$, где L – длина хода, км. Уравнивание нивелирных ходов выполняют распределением допустимой невязки, взятой с обратным знаком, пропорционально числу станций или длине сторон хода.

Методика выполнения геометрического нивелирования и камеральной обработки результатов известна студентам из курса геодезии и здесь не приводится.

6.5. Вертикальная съемка откаточных путей почвы и кровли выработки

Вертикальная съемка производится с целью определения уклонов рельсов, почвы и кровли выработки для составления продольного профиля [4]. Съемка выполняется по пикетам через 10 или 20 м техническим нивелированием по головке рельсов. Одновременно берут отсчеты по почве и кровле выработки на каждом пикете и в характерных местах резкого изменения почвы и кровли выработки.

Конечным результатом нивелирования является профиль откаточного пути, почвы и кровли выработки. Профиль вычерчивается на ватмане или на миллиметровой бумаге. На профиле указывают:

а) фактические отметки (черным цветом);

б) проектные отметки (красным цветом).

Уклоны пути между пикетами указывают с точностью до 1 мм/м, а отметки пикетов - до 0,001 м. В нижней части профиля вычерчивается план выработки, составленный по результатам съемки подробностей, выполненной при проложении теодолитного хода. На плане указывают контур выработки, пункты теодолитного хода, положение откаточных путей, пикеты и другие объекты.

Поскольку определение отметок пунктов плановой опорной сети и пикетов обеспечивается техническим нивелированием, то на учебной маркшейдерской практике рекомендуется совмещать работы по проведению геометрического нивелирования подземных горных выработок и вертикальной съемки откаточных путей.

Пример заполнения журнала технического нивелирования приведен в табл. 6.3.

В случае если используется односторонняя рейка, в прямом ходе на каждой стоянке производится смена горизонта нивелира. При каждом горизонте инструмента берут отсчеты по рейке, установленной на пикетах (на головке рельса), маркшейдерских точках, в почве и кровле выработки.

В обратном ходе при двух горизонтах инструмента берут отсчеты по рейке, установленной на маркшейдерских точках и пикетах.

Если используется двухсторонняя рейка, нивелирование выполняют при одном горизонте инструмента.

Таблица 6.3

Формуляр журнала технического нивелирования в шахте

Наблюдатель: Дата: Вычислитель: Дата:

Номера пикетов, реперов и промеж. точек	Отсчеты по рейке					Превышения		Отметки		Примечания
	задние	читанные		средние		+	–	условные	абсолютные	
		промеж.	передние	задние	передние					
МТ3	-1573								63,830	МТ 3 (ГК 1 +0,9)
1+20		1310					2883		60,947	
Кровля		-1310					0263		63,567	
1+40		1332					2905		60,925	
Кровля		-1479					0094		63,736	
МТ4		-1321					0252		63,578	МТ 4 (ГК 1 +54,4)
1+60		1440					3013		60,817	
Кровля		-1038					0535		63,295	
1+80		1440					3013		60,817	
Кровля		-1210					0363		63,467	
МТ5		-0980					0693		63,137	МТ 5 (ГК 1 +92,7)
2		+1512					3085		60,745	
Кровля		-1119					0454		63,376	
2+20		1561					3134		60,696	
Кровля		-1365					0208		63,622	
МТ6			-0925				0648		63,182	МТ 6 (ГК 1 +33,6)

7. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМ ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ

7.1. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости

Методика подготовки разбивочных данных для задания направления проходки выработки в горизонтальной плоскости аналогична методике подготовки данных для выноса центра ствола в натуру, описанной в главе 4 (раздел 4.7.3).

Различие заключается в том, что в натуру выносится направление, а не точка.

Выносимое проектное направление выработки следует фиксировать не менее чем тремя точками, закрепляемыми в кровле временными маркшейдерскими знаками на расстоянии 3...5 м друг от друга. Створом шнуровых отвесов, подвешенных к закрепленным точкам, проходчики могут пользоваться до удаления забоя от ближней к забою створной точки не более 50 м.

Если направление выработки задается параллельно ее оси, то необходимо указывать расстояния (скобы) от заданного направления до одной из стенок.

Данная работа выполняется с использованием в качестве исходных данных координат двух смежных точек подземной опорной сети и проектного дирекционного угла оси выработки.

Современными средствами закрепления проектного направления выработки, заменяющими шнуровые отвесы, являются световые и лазерные указатели направления ЛУН-17.

7.2. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости

Для задания направления горной выработке в вертикальной плоскости могут быть использованы отвесы, подвешенные к створным точкам, закрепляющим направление выработки в горизонтальной плоскости. В этом случае проектный угол задается теодолитом (при проектном уклоне более 0,1), установленным в створе отвесов, а отвесы вывешиваются по визирной оси таким образом, что их верхние площадки закрепляют в пространстве линию проектного уклона.

Квершлаг, соединяющий стволы «Вспомогательный» и «Южный», имеет минимальный уклон, необходимый для обеспечения стока шахтной воды в направлении ближайшего ствола. Контроль правильности проведения выработок с проектным уклоном менее 0,1 (6°) и укладки рельсовых путей по заданному уклону удобнее производить с помощью нивелира способом стенных реперов (рис. 7.1).

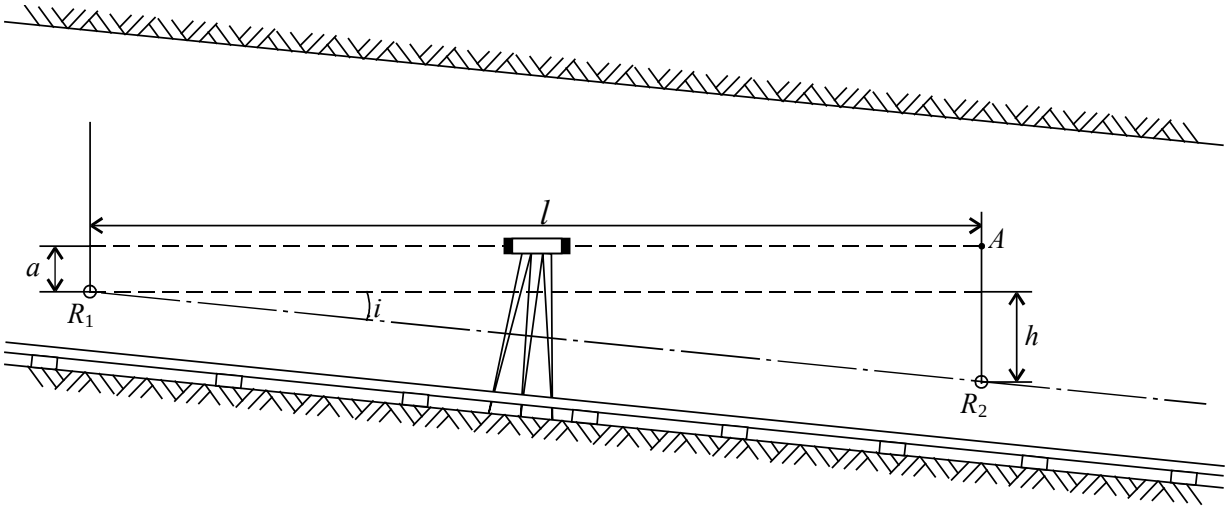


Рис. 7.1. Задание направления выработке в вертикальной плоскости стенными реперами с помощью нивелира

На высоте 0,5...0,7 м от головки рельсов в стенке выработки закрепляется репер R_1. На расстоянии 10...12 м от этого репера отмечают на той же стенке точку A, которая является проекцией визирного луча нивелира, а по рейке, установленной на репере R_1, берут отсчет a. Измерив расстояние l между нивелирной рейкой и точкой A, по заданному уклону i вычисляют превышение:

$$h = i \cdot l.$$

Отложив от точки A по вертикали размер, равный $a + h$, определяют положение репера R_2. Створ $R_1 - R_2$ указывает в натуре линию заданного уклона. Аналогично закладываются реперы на противоположной стенке выработки.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА О ПРАКТИКЕ

8.1. Общие положения

По окончании практики студент составляет индивидуальный отчет и представляет его на проверку руководителю практики с последующей защитой.

Все полевые измерения и вычисления оформляются в бригадных полевых журналах. На основании этих журналов, содержащих предварительно обработанные результаты измерений, каждый студент самостоятельно составляет окончательные расчеты по всем видам работ.

Отчеты составляются по окончании каждого вида работ с последующим предъявлением на проверку руководителю практики.

По завершении практики отчет брошюруется и сдается для окончательной оценки. При написании отчета следует пользоваться данным учебным пособием, но категорически запрещается переписывание текста пособия или учебников. Обложка отчета оформляется на листе ватмана. Образец оформления обложки показан на рис. 8.1.

Каждый раздел отчета должен сопровождаться схемами, зарисовками, выписками из полевых журналов с личными измерениями и записями. Схемы и рисунки должны выполняться тушью или черной пастой, отражать действительность, пояснять и дополнять текст отчета.

Нумерация страниц принимается сквозная (начиная с обложки) и включает страницы с рисунками и таблицами. Номера страниц проставляют в правом верхнем углу листа. Титульный лист и оглавление не нумеруют. Текст в рамку не заключается. Весь отчет, включая заголовки, выполняется одноцветной пастой. Разделы отчета нумеруются арабскими цифрами с точкой. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой, например, 1.1; 1.2; и т. д. Подразделы могут состоять из пунктов. Номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой, например, 1.1.1; 1.1.2. Переносы слов в заголовках не допускаются. Каждый раздел отчета начинается с новой страницы.

Уральский государственный горный университет

Кафедра маркшейдерского дела

О Т Ч Е Т

об учебной маркшейдерской практике

Студент
Группа
Бригада

Руководитель практики

Березовский, 20_ _ г.

Рис. 8.1. Образец оформления обложки отчета о практике

Отчет начинается с оглавления, введения и заканчивается заключением, списком использованной литературы и приложениями. Упомянутые разделы не нумеруются.

Формулы, если их более одной, нумеруют в пределах раздела. Номер формулы указывают справа в скобках. Допускается сквозная нумерация формул в пределах всего отчета.

Рисунки и таблицы следует располагать по тексту отчета (позже и возможно ближе к тексту, где имеется ссылка). Номер иллюстрации и таблицы состоит из номера раздела и номера иллюстрации или таблицы, разделенных точкой, например: Рис. 1.1, Таблица 1.1. Допускается сквозная нумерация таблиц и рисунков в пределах всего отчета.

Название рисунка помещается над рисунком, а номер – под рисунком.

Номер таблицы и ее название помещаются над таблицей.

Профиль откаточного пути и совмещенный план поверхности и подземных горных выработок целесообразно поместить в конце отчета в качестве приложений.

8.2. Содержание отчета

Пояснительная записка отчета должна включать следующие разделы:

оглавление (с названием разделов и подразделов с соответствующими номерами и указанием страницы);

введение (цели и задачи практики, 1-2 стр.).

1. Краткая геологическая и горнотехническая характеристики месторождения (1-2 стр.).

В этом разделе дается краткое описание геологических особенностей месторождения и шахтного поля, общие сведения о районе.

2. Подготовительные работы (1-2 стр.).

К подготовительным относятся все работы, выполняемые студентами для подготовки инструментов и оборудования к работе: определение стрелы провеса рулетки, поверки инструментов (теодолитов и нивелиров) и т. д. При описании поверок инструментов указывается тип инструмента, его номер и порядок проведения поверок. Обязательно следует описать, какие отклонения были получены, какие сделаны исправления и на каких

значениях после исправления остановились, формулируются выводы о готовности инструмента к работе.

3. Маркшейдерские работы на земной поверхности (15-20 стр.): прокладка полигонометрии 1-го разряда; нивелирование IV класса; съемка участка, оконтуренного полигонометрическими ходами, и составление плана снятого участка; тахеометрическая съемка складированной руды, составление плана и разрезов склада, подсчет его объема. В отчете должны быть описаны полевые работы (методика измерения углов и длин полигона с приведением выписок из полевых журналов), при этом следует сопоставлять фактические данные результатов измерений с требованиями инструкции.

Камеральная обработка выполняется каждым студентом самостоятельно. По окончании вычислительных работ должен быть сделан критический анализ работ, включающий сличение полученных результатов с требованиями инструкции, и личный вывод по качеству выполненных работ.

4. Ориентирование и центрирование подземной опорной сети (15-20 стр.).

В вводной части этого раздела следует кратко описать цель и назначение ориентирования и центрирования.

Ориентирование подземной опорной сети через один вертикальный ствол. Сначала приводится схема ориентировки, которая вычерчивается в определенном масштабе с расположением отвесов и подходных пунктов. На схеме показывают отделения ствола шахты и конфигурацию околоствольного двора. Приводится перечень оборудования и инструментов. Особое внимание следует обратить на подготовительные работы и вопросы техники безопасности при выполнении ориентировки. Затем описывается методика измерений с указанием необходимой точности их выполнения. Далее прилагаются результаты вычислений с необходимым контролем и личными выводами о точности произведенных работ.

Ориентирование подземной опорной сети через два вертикальных ствола. Вначале описывается и иллюстрируется схема ориентирования, перечисляются необходимые инструменты и оборудование. Затем следует описание методики измерения с приведением выписок из полевых журналов. После завершения

камеральных работ нужно дать оценку качества ориентировки и критические выводы по методике работ.

Аналогично предыдущим видам описываются методика и приводятся результаты ориентировок, выполненных с применением гирокомпаса. Далее производится сопоставление результатов всех видов ориентирования, выполненных во время практики.

По результатам съемок на поверхности и в шахте по квершлагу (подходной и соединительный полигоны) и съемке подробностей составляется совмещенный план поверхности и подземных горных выработок в масштабе 1:1000. При вычерчивании плана следует руководствоваться ГОСТ 2.850-75-2.857-75. Горная графическая документация [3]. План прилагается к отчету в виде копии с бригадного плана.

5. Передача высотной отметки с земной поверхности в шахту при помощи длиномера ДА-2 и шахтной ленты (5-7 стр.).

В вводной части следует описать цель и назначение передачи высотной отметки, а затем изложить сущность выполнения каждого способа, методику измерения и вычисления с оценкой точности работ.

6. Геометрическое нивелирование в горных выработках (5-7 стр.).

Излагается сущность вертикальной съемки горных выработок и нивелирования транспортных путей, дается описание инструментов и методики выполнения нивелировки обоих видов. При описании камеральной обработки дается оценка точности работ, а также излагается порядок вычерчивания профиля откаточных путей. Профиль прилагается к отчету в виде копии с бригадного чертежа.

7. Краткий отчет об экскурсиях, проведенных во время практики (3-5 стр.).

8. Заключение (1-2 стр.).

9. Список использованной литературы.

10. Приложение.

10.1. Совмещенный план поверхности и подземных горных выработок (формат А1).

10.2. Профиль откаточных путей (формат А1).

10.3. Бригадные материалы (для бригадира).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль*: Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15 / колл. авт. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. 120 с.

2. *Кортев Н. В., Леонтьев А. Т., Самарин А. В*. Маркшейдерская документация: учебное пособие. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 68 с.

3. *Голубко Б. П., Земских Г. В., Шевелев А. А.* Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 64 с.

4. *Маркшейдерское дело* / Д. Н. Оглоблин и др. М.: Недра, 1981. С. 13-234.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б. П., Земских Г. В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА, Ч.1

Программа и методические указания по прохождению практики

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ 5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК 6
2.1. Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения 6
2.1.1. Общие сведения о районе нахождения месторождения (предприятия) 6
2.1.2. Геологическая характеристика месторождения 7
2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия 8
2.2.1. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом 8
2.2.2. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом 9
2.2.3. Горные работы при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых 11
2.2.4. Горные работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа) 12
2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождений полезных ископаемых 13
2.3.1. Общие положения 13
2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности 13
2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений 14
2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и россыпных месторождений 15
2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа) 15
2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве горных производств 17
2.3.7. Документация, инструменты, оборудование и штаты маркшейдерских отделов 17
2.4. Выводы 18
2.5. Производственные экскурсии 18

3 УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ
И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ 18
3.1. Основные положения..... 18
3.2. Требования к оформлению отчета 20
3.2.1. Общие требования 20
3.2.2. Порядок брошюровки работы 21
3.2.3. Требования к оформлению титульного листа..... 21
3.2.4. Требования к оформлению реферата..... 21
3.2.5. Требования к оформлению содержания..... 23
3.2.6. Требования к оформлению введения..... 24
3.2.7. Требования к оформлению основных разделов
пояснительной записки 24
3.2.8. Изложение текста..... 25
3.2.9. Требования к оформлению формул 26
3.2.10. Требования к оформлению примечаний 29
3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций 29
3.2.12. Требования к оформлению таблиц 30
3.2.13. Требования к оформлению списка литература..... 31
3.2.14. Требования к оформлению приложений..... 32
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 34

ВВЕДЕНИЕ

Производственная практика является обязательной частью профессионального обучения студентов специальности «Маркшейдерское дело». В учебном плане подготовки маркшейдеров УГГУ предусматривается три производственные практики: производственная маркшейдерская – после четвертого курса обучения, производственная инженерная – после пятого и преддипломная – после шестого. Главная задача производственных практик – закрепить теоретические знания и научить студента применять эти знания при решении практических задач на производстве.

Изученный материал в период практики и выполненные студентом самостоятельно или при его участии работы излагаются в отчете по практике.

Материалы, изученные в период производственных практик, могут быть использованы студентом при выполнении курсового проектирования и подготовки ВКР специалиста.

С учетом специфики специальности студенту-маркшейдеру в течение двух производственных практик необходимо стремиться познакомиться с различными горными предприятиями, ведущими разработку месторождений полезных ископаемых как подземным, так и открытым способами.

За время прохождения практики студент знакомится и изучает: общие сведения о районе, где находится предприятие; геологическую характеристику месторождения; горнотехнические условия разработки; технико-экономические показатели предприятия; безопасность горного производства и его воздействие на окружающую среду; маркшейдерские работы; маркшейдерскую структуру предприятия и производство маркшейдерских работ.

Основные обязанности студента и последовательность решения организационных вопросов в период практики изложены в разделе 2.1 данных методических указаний.

1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Во время прохождения производственной практики студент специальности «Маркшейдерское дело» знакомится с горнотехнологическим процессом предприятия, принимает участие в его производстве и изучает следующие разделы:

1. Общие сведения о районе, где находится месторождение полезного ископаемого и горное предприятие.

2. Геологическая характеристика месторождения.

3. Горнотехнологическая характеристика горного предприятия, технология разработки и добычи полезного ископаемого.

4. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождения полезных ископаемых.

По окончании производственной практики студент пишет отчет. Содержание отчета и порядок изложения материала в отчете по практике должны соответствовать требованиям «Программы и методических указаний по прохождению производственных практик».

Программа производственной практики составлена в соответствии с учебным планом подготовки студентов специальности «Горное дело», специализация «Маркшейдерское дело».

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Перечень вопросов, подлежащих изучению, порядок изложения изученного материала в отчете по практике, указания по организации практики и требования к оформлению отчета по практике.

2.1. Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения

2.1.1. Общие сведения о районе нахождения месторождения (предприятия)

Географическое положение месторождения (республика, область, административный район), расстояние от железной дороги, водных путей, ближайших населенных пунктов и пути сообщения с ними. Климатические условия района (среднемесячные изменения температуры, осадки, господствующие направления ветров, глубина промерзания грунта).

Экономические сведения, транспортные связи, топливно-энергетическая база, условия водоснабжения, местные строительные материалы.

Объем раздела 2.1.1 – 1-2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.1:

– обзорная карта района в мелком масштабе, формат А4.

– фотографии.

2.1.2. Геологическая характеристика месторождения

Краткие сведения по стратиграфии, литологии и тектонике

Описание горных пород, слагающих месторождение, условия залегания, характеристика основных элементов тектоники, форма и размеры тел полезного ископаемого (мощность, длина по простиранию и падению), разделение рудных тел по петрографическому, минералогическому и химическому составу, структуре и текстуре, первичные и вторичные изменения вмещающих пород, содержание полезных и вредных компонентов, изменчивость содержания по простиранию и падению с глубиной.

Геологические условия образования (генезис) месторождения.

Объем раздела – до 10 стр.

Гидрогеологическая характеристика месторождения

Описание водоносных горизонтов, гидростатические напоры вод, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, взаимосвязь вод различных горизонтов, состав и качество подземных вод различных горизонтов и в целом по месторождению, приток воды (данные по водоотливу шахты, карьера). Использование подземных вод.

Объем раздела – до 2 стр.

Геологоразведочные работы и подсчет запасов

Методика и схема разведки месторождения, объем произведенных работ и степень разведанности месторождения, категория разведанности, принятые расстояния между разведочными выработками.

Опробование полезного ископаемого, методика отбора проб в горных выработках и скважинах, размеры проб, расстояния между ними, обработка проб, химический анализ. Кондиции. Коэффициент рудоносности. Эксплуатационная разведка.

Принятая методика подсчета запасов на месторождении. Обеспеченность предприятия запасами по категориям.

Объем раздела – до 8 стр.

Инженерно-геологические условия эксплуатации месторождения

Физико-механические свойства вмещающих пород и тел полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность).

Объем радела – до 2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.2:

– геологический план в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;

– продольный и поперечный геологические разрезы месторождения в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;

– иллюстрации, зарисовки наиболее характерных участков месторождения, схемы, диаграммы, таблицы и структурные колонки – формат А4.

Объем раздела 2.1.2 – до 25 стр.

2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия

2.2.1. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом

Основные параметры шахты

Размеры шахтного поля по простиранию и падению, глубина разработки, способ вскрытия, число стволов и места их заложения, годовая производительность. Элементы расчета основных параметров шахты. Технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-2 стр.

Подготовка шахтного поля к эксплуатации

Способ и порядок подготовки шахтного поля. Характеристика существующих горных работ. Система разработки. Сравнительный анализ схемы вскрытия и системы разработки, критерии их выбора. Механизация работ, перечень применяемого оборудования.

Объем раздела – до 10 стр.

Горнокапитальные, горно-подготовительные и очистные работы

Капитальные, подготовительные, нарезные и очистные горные выработки. Механизация работ. Крепление очистного забоя. Управление горным давлением и сдвижением горного массива для условий данной шахты. Паспорта крепления горных выработок.

Вентиляция. Водоотлив. Электроснабжение. Пневмохозяйство. Водоснабжение.

Объем раздела – до 10 стр.

Техника безопасности производства горных работ и мероприятия по охране окружающей среды

Техника безопасности. Мероприятия по производственной санитарии (борьба с пылью и шумом, освещение подземных выработок, питьевое водоснабжение, санитарно-бытовое и медицинское обслуживание). Горно- спасательное дело. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров горнокапитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных горных работ, системы вскрытия и системы разработки;

– расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого шахты или рудника.

Графический материал к разделу 2.2.1:

– план и схема вскрытия шахтного поля;

– система разработки и технология проходки горных выработок;

– графики и схемы решения горно-эксплуатационных задач;

– фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

Объем раздела 2.2.1 – до 30 стр.

2.2.2. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом

Основные параметры карьера (*разреза*)

Производительность карьера; распределение объемов добычи горной массы по технологическим направлениям; режим работы карьера и срок его существования. Элементы расчета основных параметров карьера (разреза). Технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Существующая схема вскрытия карьера. Система разработки: элементы системы разработки при горно-подготовительных и очистных работах; высота борта, средний угол откоса; длина блока; параметры рабочей площадки и т. д.

Технология ведения горных работ: буровзрывные работы; экскавация горной массы; транспортировка полезного ископаемого и вмещающих горных пород; отвалообразование; водоотлив; энергоснабжение. Перспективы дальнейшего развития карьера. Сравнительный анализ схемы вскрытия и систем разработки, отвалообразования.

Оползневые явления откосов, уступов и бортов карьера, противодеформационные методы борьбы с ними.

Объем раздела до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Борьба с пылью и вредными газами. Санитарно-бытовое медицинское обеспечение. Водоснабжение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Объем раздела 2.2.2 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров вскрытия въездной и разрезной траншей, буровзрывных работ, системы разработки, отвалообразования;

– расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого карьера (разреза).

Графический материал к разделу 2.2.2:

– план горных работ карьера (разреза) на данный период отработки;

– план поверхности с указанием: фактического и проектного контуров отработки карьера (разреза); положения отвалов; железнодорожных и автомобильных дорог, линий связи и ЛЭП промплощадки и др. объектов;

– технологические схемы системы разработки, вскрытия, отвалообразования;

– графики и схемы решения горнотехнологических задач;

– фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.3. Горные работы при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых

Основные параметры дражного (гидро) полигона

Производительность драги (гидромониторов); схема, режим работы и срок эксплуатации полигона. Элементы расчета основных параметров технологии добычи. Перспективы дальнейшего развития и технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – до 5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Схема подготовки полигона. Технология ведения горных работ. Параметры полигона, транспортировка горной массы, отвалообразование, водооборот, энергоснабжение. Учет добычи полезного ископаемого и горной массы.

Объем раздела – до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.3 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;

– расчет себестоимости добычи полезного ископаемого, драги (гидромонитора).

Графический материал к разделу 2.2.3:

– план земной поверхности с нанесением фактического и проектного контуров горных работ, транспортных путей, ЛЭП и других объектов;

– технологические схемы системы разработки, график работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.4. Горные работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Основные параметры горных работ

Технология разведки или доразведки месторождения. Основные параметры разведочных площадок, подземных хранилищ, отдельных участков месторождения. Их соответствие техническому проекту и программа работ. Технология разработки нового месторождения. Технология доработки месторождения действующего предприятия. Технология консервации или ликвидации месторождения.

Во всех случаях приводятся примеры решения:

- подсчета балансовых и промышленных запасов;
- расчета производительности и срока службы месторождения;
- вскрытия и подготовки к добыче месторождения;
- системы разработки и механизации добычи полезного ископаемого;
- организации работ при строительстве буровой вышки и ее ликвидации.

Техника безопасности производства работ и мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Водоснабжение, противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.4 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;

– расчет себестоимости добычи полезного ископаемого.

Графический материал к разделу 2.2.4:

– проект технологии горных работ;

– план земной поверхности с нанесением объектов горного производства, транспортных путей, линий связи, ЛЭП и других объектов;

– технологические схемы ведения горных работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождений полезных ископаемых

2.3.1. Общие положения

За время прохождения производственной практики студент знакомится с общей организацией и структурой маркшейдерской службы, ее ролью в производственном процессе на горном предприятии. Изучает методику полевых и камеральных маркшейдерских работ, проводимых маркшейдерской службой предприятия, знакомится с инструментарием, оборудованием и маркшейдерской документацией.

Для закрепления знаний, полученных при изучении теоретических курсов маркшейдерии и др. дисциплин, а также для получения практических навыков студенту необходимо принять непосредственное участие во всех видах маркшейдерских работ, выполняемых маркшейдерской службой предприятия. Особое внимание следует уделить производству работ, выполненных лично студентом. В случае невозможности личного участия в том или ином виде маркшейдерских работ студент должен подробно их изучить по материалам предприятия и сделать самостоятельный анализ изученных работ с учетом требований Инструкции [1].

Самостоятельная работа студента включает теоретическое обоснование методики, проводимых на предприятии маркшейдерских съемок, оценку их точности, выводы и предложения по их совершенствованию с учетом современных инструментов, методик и вычислительной техники.

2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности

Маркшейдерские опорные сети на территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Исходные данные для построения и реконструкции опорных сетей и сетей сгущения. Методы создания плановых и высотных сетей, плотность, класс точности, схема заложения пунктов, конструкция знаков, реперов (центров).

Выполнение съемок и обновление планов земной поверхности на территории предприятия, масштабы съемки, сечение рельефа. Съемка складов, отвалов хвостохранилищ, методы определения объемов.

Графический материал по разделу 2.3.2:

– ситуационный план земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия, границы земельных и горного отвода;

– план-схема маркшейдерской опорной геодезической сети.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений

Маркшейдерские работы на промплощадке. Ориентирование подземных съемок, передача высотных отметок в подземные выработки. Опорные и съемочные маркшейдерские подземные сети. Подземная съемка горизонтальных и наклонных выработок, подземное нивелирование горизонтальных и наклонных выработок. Оценка точности маркшейдерско-геодезического обоснования и ориентирно-соединительных съемок. Предрасчет точности сбоек горных выработок. Задание направления горным выработкам. Проверка геометрических элементов шахтного подъема. Профилировка шахтных стволов. Съемка нарезных и очистных выработок. Декадные и месячные маркшейдерские замеры горных работ. Определение остатков полезного ископаемого и составление отчетности.

Маркшейдерские работы при проведении буровзрывных работ.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 1.3.2:

– схема маркшейдерско-геодезического обоснования на поверхности и в шахте;

– схема ориентирно-соединительной съемки и передачи высотной отметки;

– схема задания направления горным выработкам;

– результаты маркшейдерской съемки подготовительных, нарезных и очистных горных выработок (выкопировки с планов с указанием пунктов съемочного обоснования).

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и россыпных месторождений

Съемочные (плановые и высотные) маркшейдерские сети на земной поверхности и в карьере. Виды съемочных сетей и точность их выполнения.

Маркшейдерская съемка, вынос в натуру и контроль технических параметров ведения горных работ. Виды маркшейдерских съемок, оценка точности и периодичность их выполнения, приборы и оборудование.

Маркшейдерские работы при ведении буровзрывных работ, съемка транспортных путей.

Контроль за погрузкой и распределением горной массы, нормирование и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Учет движения вскрытых, подготовленных к выемке запасов.

Маркшейдерские работы при проведении экскавации горной массы, отвалообразования.

Маркшейдерские съемки дражных и гидромониторных полигонов.

Проектирование и съемка внешних и внутренних отвалов вскрыши. Учет объемов складируемых руд.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.4:

– схема съемочного обоснования на земной поверхности и в карьере;

– схемы, рисунки (по тексту отчета) создания и развития съемочных сетей, задания направлений горных выработок, выноса в натуру элементов проекта, решения различных маркшейдерских задач.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Описание и анализ маркшейдерских работ при разработке нефти и газа включает комплекс маркшейдерских работ на месторождениях, подземных хранилищах сырья, разведочных площадях и отдельных участках.

Критериями оценки фактического производства работ является их сравнение с требованиями технического проекта или программой маркшейдерских работ, утвержденными руководством организации и согласованными в установленном порядке.

Согласно указанным документам необходимо представить:

– маркшейдерскую картографическую документацию, отображающую рельеф, гидрографию, населенные пункты, схему государственной геодезической и маркшейдерской сети, инженерные коммуникации, инженерные сооружения объектов по добыче, переработке и транспортированию нефти и газа;

– схему и методику создания опорных и съемочных сетей;

– маркшейдерско-геодезическую съемку с указанием погрешности определения положения на плане контуров снимаемых объектов относительно пунктов съемочного обоснования;

– подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру, решение задач переноса в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин и других сооружений;

– плановую и высотную привязку устьев скважин после монтажа буровой установки;

– анализ и оценку точности определения планового и высотного положения устьев скважин относительно пунктов съемочной сети;

– геомеханический мониторинг за осадками и деформациями земной поверхности и построенными на ней объектами. Количественную оценку геодинамических полигонов. Гидрогеологические и геокриологические исследования;

– приборы и оборудование и методику выполнения маркшейдерских работ, выполняемых на предприятии.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.5:

– топографический план месторождения или участка с нанесением гидрографии, населенных пунктов, государственной геодезической и маркшейдерской сети;

– маркшейдерско-геодезическая съемка объектов;

– подготовка исходных данных для выноса элементов проекта в натуру;

– схема и количественная оценка геомеханического мониторинга.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве горных производств

При строительстве горных производств маркшейдерские работы выполняются в строгом соответствии с проектной документацией и включают:

– проверку числовых значений и графической части проектных чертежей. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру с пунктов маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;

– детальные разбивочные работы при строительстве технологического комплекса на шахтной поверхности;

– работы при возведении зданий, сооружений и копров. Проверка правильности установки подъемных машин;

– работы при проходке вертикальных шахтных стволов, монтаж армировки;

– работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок, при проходке встречными забоями.

Согласно указанным документам, необходимо изучение всех видов маркшейдерских работ, обеспечивающих производство строительства горного производства в соответствии с проектной документацией.

Необходимо представить приборы, оборудование и методику маркшейдерской съемки. Анализ и оценку точности выполнения маркшейдерских работ в соответствии с требованиями ГОСТов и Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.6:

– схема маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;

– примеры детальных разбивочных работ при строительстве технологических комплексов.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.7. Документация, инструменты, оборудование и штаты маркшейдерских отделов

Основные требования, предъявляемые к документации. Обязательный комплект документации и ее содержание. Пополнение и размножение документации. Задачи, решаемые по маркшейдерским планам и графикам. Хранение

маркшейдерской документации. Структура маркшейдерской службы. Оборудование, инструменты, вычислительная техника и программное обеспечение.

Объем маркшейдерской части 20 – 25 стр.

2.4. Выводы

В заключение студент делает свои выводы по всем разделам отчета по практике, оценивая изученный и представленный им материал с известными ему лучшими достижениями в данной отрасли горного производства с учетом новых технологий, инструментов, методик.

2.5. Производственные экскурсии

Экскурсии проводятся с целью расширения технических знаний студентов и общего кругозора в области истории развития предприятия и его роли в общей технологии производства. Экскурсии могут быть организованы в отдельные цеха предприятия, а также на соседние родственные предприятия.

3. УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1. Основные положения

Перед выездом на практику студенты проходят инструктаж, получают направление–путевку с указанием места назначения на практику, сроков практики. Руководитель практики от кафедры выдает каждому студенту индивидуальное задание по вопросам маркшейдерского дела с учетом специфики предприятия, научно-исследовательской работы студента.

По прибытии на место прохождения практики студент обязан решить следующие организационные вопросы:

а) зарегистрироваться в отделе кадров предприятия, отметить свое прибытие;

б) представиться главному маркшейдеру предприятия и определиться с руководителем производственной практики от предприятия;

в) решить бытовые вопросы;

г) составить план прохождения практики.

С целью лучшего ознакомления с горным предприятием и получения необходимых производственных навыков студент должен стремиться устроиться на должность участкового маркшейдера, горного съемщика или рабочего

маркшейдерского отдела. Это значительно организует практиканта и вносит элемент ответственности. В крайнем случае, если нет возможности получить рабочее место, студент проходит практику в качестве дублера. Это не освобождает его от выполнения производственных обязанностей, которые он должен выполнять под руководством маркшейдера по режиму работы предприятия.

Рабочее время в период практики студент должен планировать по согласованию с руководителем практики от предприятия таким образом, чтобы была возможность практического выполнения основных маркшейдерских работ, проводимых на данном предприятии, знакомства с маркшейдерскими работами, проводившимися ранее, и индивидуальной работы по обработке собранного материала и написания отчета по практике.

При прохождении практики студент обязан вести записи о проделанной работе на предприятии. Записи должны служить основой для составления отчета. Имея в виду, что текстовый материал по геологической части является компилятивным, его следует во время практики систематизировать и изложить уже в таком виде, как это требуется по программе практики. То же самое относится к характеристике современного состояния горных работ и характеристике маркшейдерских работ горного предприятия. При анализе выполняемых работ студент должен пользоваться учебной, нормативной и справочной литературой [1, 2, 3, 4, 5]. Планы и графики, цифровой и справочный материал следует систематизировать и приложить к отчету по практике в виде таблиц, рисунков, приложений.

Для успешного проведения производственной практики большое значение имеет наличие хороших деловых взаимоотношений студента с местными организациями и отдельными работниками предприятия. Студент должен быть исполнительным, вежливым, соблюдать трудовую дисциплину и выполнять требования руководства предприятия.

В случае возникновения вопросов, требующих срочной консультации преподавателей кафедры, студент может ее получить по электронной почте на сайте кафедры.

В конце практики студент представляет отчет руководителю практики от предприятия, получает его отзыв с оценкой. К отчету прилагается заверенное администрацией предприятия направление-путевка студента.

Отчет по практике в готовом виде сдается на кафедру для проверки в течение двух недель после начала занятий.

При выставлении оценки по производственной практике обращается особое внимание на наличие полевых и камеральных работ, выполненных лично студентом.

Отсутствие отчета, несвоевременное его представление на кафедру или неудовлетворительная оценка отчета – все это лишает студента права быть аттестованным и обязывает его пройти производственную практику повторно.

Студентам, сократившим срок пребывания на практике без уважительных причин, практика не засчитывается.

3.2. Требования к оформлению отчета

3.2.1. Общие требования

Отчет оформляются согласно требованию межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 (2001) «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.850 (851-857)–75 «Горная графическая документация».

Отчет выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода с компьютера.

Текст отчета оформляется на листах белой писчей бумаги формата А4. Для данного формата следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

При наборе текста рекомендуется использовать основные системные гарнитуры шрифтов Times New Roman Cyr. Размер основного шрифта – кегль 14 (или 16), межстрочный интервал – 1,5 (или 1,0). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15 мм.

Текст набирается с соблюдением следующих правил:

– все слова внутри абзаца разделяются только одним пробелом;

– перед знаками препинания пробелы не ставятся, после знака препинания – один пробел;

– между последней цифрой числа и обозначением единицы измерения следует оставлять один пробел (352 МПа, 30 ºС, 10 % и т. д.). Нельзя отделять размерность от числа, в этом случае ставится непрерывный пробел Ctrl + Shift + + пробел;

– при наборе должны различаться тире (–) и дефисы (-);

– между инициалами, после инициалов (перед фамилией), перед сокращениями и между ними ставится неразрывный пробел: Ctrl + + Shift + пробел (1999 год, т. д., т. е., н. э., А. С. Пушкин и т. д.);

– выделения курсивом, полужирным, прописным обеспечиваются средствами Word.

Подчеркивания в качестве выделений не допускаются.

Нумерация страниц и приложений должна быть сквозная. Номера страниц проставляются внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

3.2.2. Порядок брошюровки работы

Отчет брошюруется в следующей последовательности:
– титульный лист;
– направление–путевка;
– реферат;
– содержание;
– введение;
– основные разделы;
– заключение;
– список литературы;
– приложения.

3.2.3. Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется. Пример титульного листа приведен ниже.

3.2.4. Требования к оформлению реферата

Слово «РЕФЕРАТ» записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример оформления реферата приведен ниже.

Пример оформления титульного листа отчета по практике

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
"Уральский государственный горный университет"

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой,
профессор, д-р техн. наук
_____ Гордеев В. А.
« __ » _____20__ г.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ПРАКТИКА НА ОАО «УРАЛАСБЕСТ»

Отчет

Исполнитель
Петров И. Л.
МД – 14 – 1

Руководитель
ФИО преподавателя

Екатеринбург – 2018

Пример оформления реферата отчета по практике

РЕФЕРАТ

Отчет по производственной маркшейдерской практике: 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГЕОЛОГИЯ, КАРЬЕР, ГОРНЫЕ РАБОТЫ, МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по геологии месторождений, технологии горных работ, методике выполнения маркшейдерских работ.

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов, сбор, обработку и анализ материалов горного предприятия.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

3.2.5. Требования к оформлению содержания отчета

Содержание отчета включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и страницы.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами.

Пример содержания приведен ниже.

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ 6

1.1. Общие сведения о районе месторождения 6

1.2. Геологическая характеристика месторождения 10

1.3. Гидрогеологические условия 14

2. ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ 17
2.1. Фактическое состояние горных работ 18
2.2. Проект доработки горизонта 260 м 24
3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ... 32
4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ 32
5. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА 46
6. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 69
7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОПОРНЫХ И СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ В ШАХТЕ..... 75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 106
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема опорной сети 107

3.2.6. Требования к оформлению введения

Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Раздел «ВВЕДЕНИЕ» не нумеруется.

3.2.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки

Текст пояснительной записки подразделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами.

Например: 1. Общие сведения

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. После номера подраздела ставится точка.

Например: 2.1. Фактическое состояние горных работ

Подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т. д.

Каждый пункт и подпункт записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы с точкой в конце, не подчеркивать. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервал, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

3.2.8. Изложение текста

Текст отчета должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «в случае» и т. п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например: «применяют», «указывают» и т. п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

Если необходимо применение специфической терминологии, то перед списком литературы должен быть глоссарий – перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Глоссарий включают в содержание документа.

В тексте не допускается:

– применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

– применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

– применять произвольные словообразования;

– применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами;

– сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры

1. Провести измерение пяти линий, каждая длиной около 5 м.
2. Измерить 15 горизонтальных углов полигона.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например, 10,50; 15,75; 20,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не ,).

3.2.9. Требования к оформлению формул

Формулы набираются в редакторе формул, гарнитуры шрифтов: Times New Roman, Symbol. При наборе формул рекомендуется использовать следую-

щие размеры шрифтов (для формата А4): основной – кегль 16 (или 14), крупный индекс – кегль 12 (или 11); мелкий индекс – кегль 10 (или 8).

Латинские обозначения, кроме устойчивых сочетаний типа max, min, cos, sin, tg, log, exp, det и т. д., набираются курсивом; русские, греческие обозначения и цифры – прямым шрифтом.

Математические символы в формулах набирают курсивом, греческие и готические – прямым, химические символы (Cu, Mn и т. д.) – прямым, сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (м, кВт, МПа и т. д.) – прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Перенос в формулах допускается делать на знаках соотношений (±, ≤, ≥, ..., ≈), на отточии (...), на знаках (+) и (–), (×) с дублированием знака на другой строке.

Например: $f(x_1, x_2, \ldots x_n) =$

$= b_0 + b_y + \ldots + b_n.$

Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые приводятся ссылки в тексте. В зависимости от объема используется сквозная и индексационная нумерация формул, таблиц, рисунков. Индексационная нумерация используется, как правило, при делении текста на главы и параграфы.

В индексационном номере сначала арабскими цифрами указывают номер раздела, затем (после точки) ставят порядковый номер формулы в данном разделе. Номер формулы заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю печатного листа.

Например:

$$\lambda \approx \frac{2\pi}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{\pi}{f\mu\gamma}}; \qquad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1}{b}. \qquad (3.2)$$

Последовательность расшифровки буквенных обозначений (экспликация) должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле. После формулы перед экспликацией ставят запятую, пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример

Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг; V – объём образца, м^3.

Расшифровка дроби: сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

В формулах допускается использовать все виды скобок: (), [], {}. Высота скобок должна быть достаточной, чтобы охватывать находящееся в них выражение.

Основным знаком умножения является точка на средней линии.

Она ставится:

а) между числовыми сомножителями: 20·75;

б) для выделения какого-либо сомножителя: 2·2*xy*·*z*;

в) для записи скалярного произведения векторов: *a*·*b*;

г) между аргументом тригонометрической функции и буквенным обозначением: *a* cos *x*·*b* cos *y*;

д) между знаком радикала и сомножителем: $\sqrt{y \cdot \alpha \sin x}$.

Т*очка как знак умножения не ставится*:

а) между числом и буквенным символом: 5*ab*;

б) перед скобками и после них: (*b*+*c*)(*a*-*d*);

в) перед дробными выражениями и после них: $\alpha \frac{\cos \alpha}{b} \frac{2}{\alpha}$;

г) перед знаком интеграла, радикала, логарифма: $2a \int \sin x \, dx$;

д) перед аргументом тригонометрической функции: arccos ω*t*.

Косой крест в качестве знака умножения ставят:

а) при указании размеров: 4,5×3 м;

б) при записи векторного произведения *a*×*b*;

в) при переносе формулы на знаке умножения:

$y = (x + 2) \times$

$\times (x + 4)^2$.

Расположение формул в тексте

Наиболее важные и все нумерованные, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения, интегрирования, располагают на отдельных строках. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, выделенных из текста, можно помещать на одной строке, а не одну под другой. Небольшие и несложные формулы, не имеющие самостоятельного значения, размещают внутри строк текста.

На все нумерованные формулы обязательно должны быть ссылки. Они оформляются в той же графической форме, что и после формулы, т. е. арабскими цифрами в круглых скобках.

Например: в формуле (3.7); из уравнения (5.4) вытекает... и т. д.

Следует знать и правила пунктуации в тексте с формулами. Формулы включаются в предложение как его равноправный элемент, поэтому в конце формулы и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулами ставят:

а) после обобщающего слова;

б) если этого требует построение текста, предшествующего формуле.

Многоточие применяется при пропуске членов в ряду суммирования, вычитания или равенства. При этом знаки операции ставятся и перед многоточием и после него:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1 + b_2 + \dots + b_n.$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (П. 1).

3.2.10. Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце текста. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 1 – Схема полигона».

Подписи к иллюстрациям рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основного текста.

Экспликацию и легенду рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основной подписи. Экспликация обычно пишется с новой строки. Перед экспликацией ставится двоеточие, между элементами экспликации – точка с запятой.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например Рисунок А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать: «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» – при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования – в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например, «Рисунок 1 – Схема полигона».

3.2.12. Требования к оформлению таблиц

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на один - два интервала.

***Например*:**

«Таблица 1 – Сводные данные».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Текст таблицы и выводы печатаются более мелким шрифтом, чем основной текст. Так, если:

Основной текст – кг 16 (14)
Текст таблицы – кг 14 (12)
Текст головки таблицы – кг 13 (11)
Примечания к таблице – кг 13 (11).

В одноярусной головке таблицы все заголовки пишутся с прописной буквы, в двух- и многоярусной головке заголовки верхнего яруса пишутся с прописной буквы, а заголовки последующих ярусов – с прописной, если они грамматически не подчинены стоящему над ними заголовку верхнего яруса, и со строчной, если грамматически подчинены стоящему над ними заголовку.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

***Например*:**

Химический состав стали должен соответствовать нормам табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав, %

Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Медь	Никель	Сера	Фосфор
			не более				
0,12 – 0,18	0,5 – 1,7	0,4 – 0,7	0,05 – 0,1	0,3	0,3	0,04	0,035

3.2.13. Требования к оформлению списка литературы

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т. д., материал которых использован при составлении пояснительной записки. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

– заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

– основного заглавия - название издания (книги, статьи и т. п.);

– места издания – название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М., Ленинград – Л., Санкт-Петербург – СПб.;

– издательства – наименование издательства приводят, как правило, в сокращенной форме – Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

– года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографического описания

Издание одного автора

Булычёв, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Издание с количеством авторов более трех

Сидоров, А. В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / А. В. Сидоров [и др.]. – Уфа: УГАТУ, 2000. – 80 с.

Методические указания

Давление и сдвижение горных пород и охрана сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 «Маркшейдерское дело» / сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Издание под заглавием

Глубинное строение и геодинамика литосферы / под ред. А. А. Смыслова. – Л.: Недра, 1983. – 276 с.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и в необходимых случаях – страницы, например:

[18, т. I, с.75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И. Н., 1965]

3.2.14. Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст отчета, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы

большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке появления ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. Серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. – М.: ГУП «НТЦ БП», 2003. – 117 с.

2. *Оглоблин, Д. Н.* Маркшейдерское дело: учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

3. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учеб. пос. / Б. П. Голубко, В. А. Гордеев, В. И. Яковлев; УГГУ. – Екатеринбург, 2010. – 212 с.

4. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко; УГГУ. – Екатеринбург, 2015. – 73 с.

5. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений подземным способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко, Г. В. Земских, О. С. Раева; УГГУ. – Екатеринбург, 2017. – 98 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б. П., Земских Г. В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА, Ч.2

Программа и методические указания
по прохождению производственной практики

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное
дело специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ 5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК 6
2.1. Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения 6
2.1.1. Общие сведения о районе нахождения месторождения (предприятия) 6
2.1.2. Геологическая характеристика месторождения 7
2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия 8
2.2.1. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом 8
2.2.2. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом 9
2.2.3. Горные работы при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых 11
2.2.4. Горные работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа) 12
2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождений полезных ископаемых 13
2.3.1. Общие положения 13
2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности 13
2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений 14
2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и россыпных месторождений 15
2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа) 15
2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве горных производств 17
2.3.7. Документация, инструменты, оборудование и штаты маркшейдерских отделов 17
2.4. Выводы 18
2.5. Производственные экскурсии 18

3 УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ
И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ 18
3.1. Основные положения..... 18
3.2. Требования к оформлению отчета 20
3.2.1. Общие требования 20
3.2.2. Порядок брошюровки работы 21
3.2.3. Требования к оформлению титульного листа..... 21
3.2.4. Требования к оформлению реферата..... 21
3.2.5. Требования к оформлению содержания..... 23
3.2.6. Требования к оформлению введения..... 24
3.2.7. Требования к оформлению основных разделов
пояснительной записки 24
3.2.8. Изложение текста..... 25
3.2.9. Требования к оформлению формул 26
3.2.10. Требования к оформлению примечаний 29
3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций 29
3.2.12. Требования к оформлению таблиц 30
3.2.13. Требования к оформлению списка литература..... 31
3.2.14. Требования к оформлению приложений..... 32
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 34

ВВЕДЕНИЕ

Производственная практика является обязательной частью профессионального обучения студентов специальности «Маркшейдерское дело». В учебном плане подготовки маркшейдеров УГГУ предусматривается три производственные практики: производственная маркшейдерская – после четвертого курса обучения, производственная инженерная – после пятого и преддипломная – после шестого. Главная задача производственных практик – закрепить теоретические знания и научить студента применять эти знания при решении практических задач на производстве.

Изученный материал в период практики и выполненные студентом самостоятельно или при его участии работы излагаются в отчете по практике.

Материалы, изученные в период производственных практик, могут быть использованы студентом при выполнении курсового проектирования и подготовки ВКР специалиста.

С учетом специфики специальности студенту-маркшейдеру в течение двух производственных практик необходимо стремиться познакомиться с различными горными предприятиями, ведущими разработку месторождений полезных ископаемых как подземным, так и открытым способами.

За время прохождения практики студент знакомится и изучает: общие сведения о районе, где находится предприятие; геологическую характеристику месторождения; горнотехнические условия разработки; технико-экономические показатели предприятия; безопасность горного производства и его воздействие на окружающую среду; маркшейдерские работы; маркшейдерскую структуру предприятия и производство маркшейдерских работ.

Основные обязанности студента и последовательность решения организационных вопросов в период практики изложены в разделе 2.1 данных методических указаний.

1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Во время прохождения производственной практики студент специальности «Маркшейдерское дело» знакомится с горнотехнологическим процессом предприятия, принимает участие в его производстве и изучает следующие разделы:

1. Общие сведения о районе, где находится месторождение полезного ископаемого и горное предприятие.

2. Геологическая характеристика месторождения.

3. Горнотехнологическая характеристика горного предприятия, технология разработки и добычи полезного ископаемого.

4. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождения полезных ископаемых.

По окончании производственной практики студент пишет отчет. Содержание отчета и порядок изложения материала в отчете по практике должны соответствовать требованиям «Программы и методических указаний по прохождению производственных практик».

Программа производственной практики составлена в соответствии с учебным планом подготовки студентов специальности «Горное дело», специализация «Маркшейдерское дело».

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Перечень вопросов, подлежащих изучению, порядок изложения изученного материала в отчете по практике, указания по организации практики и требования к оформлению отчета по практике.

2.1. Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения

2.1.1. Общие сведения о районе нахождения месторождения (предприятия)

Географическое положение месторождения (республика, область, административный район), расстояние от железной дороги, водных путей, ближайших населенных пунктов и пути сообщения с ними. Климатические условия района (среднемесячные изменения температуры, осадки, господствующие направления ветров, глубина промерзания грунта).

Экономические сведения, транспортные связи, топливно-энергетическая база, условия водоснабжения, местные строительные материалы.

Объем раздела 2.1.1 – 1-2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.1:

– обзорная карта района в мелком масштабе, формат А4.

– фотографии.

2.1.2. Геологическая характеристика месторождения

Краткие сведения по стратиграфии, литологии и тектонике

Описание горных пород, слагающих месторождение, условия залегания, характеристика основных элементов тектоники, форма и размеры тел полезного ископаемого (мощность, длина по простиранию и падению), разделение рудных тел по петрографическому, минералогическому и химическому составу, структуре и текстуре, первичные и вторичные изменения вмещающих пород, содержание полезных и вредных компонентов, изменчивость содержания по простиранию и падению с глубиной.

Геологические условия образования (генезис) месторождения.

Объем раздела – до 10 стр.

Гидрогеологическая характеристика месторождения

Описание водоносных горизонтов, гидростатические напоры вод, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, взаимосвязь вод различных горизонтов, состав и качество подземных вод различных горизонтов и в целом по месторождению, приток воды (данные по водоотливу шахты, карьера). Использование подземных вод.

Объем раздела – до 2 стр.

Геологоразведочные работы и подсчет запасов

Методика и схема разведки месторождения, объем произведенных работ и степень разведанности месторождения, категория разведанности, принятые расстояния между разведочными выработками.

Опробование полезного ископаемого, методика отбора проб в горных выработках и скважинах, размеры проб, расстояния между ними, обработка проб, химический анализ. Кондиции. Коэффициент рудоносности. Эксплуатационная разведка.

Принятая методика подсчета запасов на месторождении. Обеспеченность предприятия запасами по категориям.

Объем раздела – до 8 стр.

Инженерно-геологические условия эксплуатации месторождения

Физико-механические свойства вмещающих пород и тел полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность).

Объем радела – до 2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.2:

– геологический план в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;

– продольный и поперечный геологические разрезы месторождения в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;

– иллюстрации, зарисовки наиболее характерных участков месторождения, схемы, диаграммы, таблицы и структурные колонки – формат А4.

Объем раздела 2.1.2 – до 25 стр.

2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия

2.2.1. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом

Основные параметры шахты

Размеры шахтного поля по простиранию и падению, глубина разработки, способ вскрытия, число стволов и места их заложения, годовая производительность. Элементы расчета основных параметров шахты. Технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-2 стр.

Подготовка шахтного поля к эксплуатации

Способ и порядок подготовки шахтного поля. Характеристика существующих горных работ. Система разработки. Сравнительный анализ схемы вскрытия и системы разработки, критерии их выбора. Механизация работ, перечень применяемого оборудования.

Объем раздела – до 10 стр.

Горнокапитальные, горно-подготовительные и очистные работы

Капитальные, подготовительные, нарезные и очистные горные выработки. Механизация работ. Крепление очистного забоя. Управление горным давлением и сдвижением горного массива для условий данной шахты. Паспорта крепления горных выработок.

Вентиляция. Водоотлив. Электроснабжение. Пневмохозяйство. Водоснабжение.

Объем раздела – до 10 стр.

Техника безопасности производства горных работ и мероприятия по охране окружающей среды

Техника безопасности. Мероприятия по производственной санитарии (борьба с пылью и шумом, освещение подземных выработок, питьевое водоснабжение, санитарно-бытовое и медицинское обслуживание). Горно- спасательное дело. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров горнокапитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных горных работ, системы вскрытия и системы разработки;

– расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого шахты или рудника.

Графический материал к разделу 2.2.1:

– план и схема вскрытия шахтного поля;

– система разработки и технология проходки горных выработок;

– графики и схемы решения горно-эксплуатационных задач;

– фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

Объем раздела 2.2.1 – до 30 стр.

2.2.2. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом

Основные параметры карьера (*разреза*)

Производительность карьера; распределение объемов добычи горной массы по технологическим направлениям; режим работы карьера и срок его существования. Элементы расчета основных параметров карьера (разреза). Технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Существующая схема вскрытия карьера. Система разработки: элементы системы разработки при горно-подготовительных и очистных работах; высота борта, средний угол откоса; длина блока; параметры рабочей площадки и т. д.

Технология ведения горных работ: буровзрывные работы; экскавация горной массы; транспортировка полезного ископаемого и вмещающих горных пород; отвалообразование; водоотлив; энергоснабжение. Перспективы дальнейшего развития карьера. Сравнительный анализ схемы вскрытия и систем разработки, отвалообразования.

Оползневые явления откосов, уступов и бортов карьера, противодеформационные методы борьбы с ними.

Объем раздела до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Борьба с пылью и вредными газами. Санитарно-бытовое медицинское обеспечение. Водоснабжение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Объем раздела 2.2.2 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров вскрытия въездной и разрезной траншей, буровзрывных работ, системы разработки, отвалообразования;

– расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого карьера (разреза).

Графический материал к разделу 2.2.2:

– план горных работ карьера (разреза) на данный период отработки;

– план поверхности с указанием: фактического и проектного контуров отработки карьера (разреза); положения отвалов; железнодорожных и автомобильных дорог, линий связи и ЛЭП промплощадки и др. объектов;

– технологические схемы системы разработки, вскрытия, отвалообразования;

– графики и схемы решения горнотехнологических задач;

– фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.3. Горные работы при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых

Основные параметры дражного (гидро) полигона

Производительность драги (гидромониторов); схема, режим работы и срок эксплуатации полигона. Элементы расчета основных параметров технологии добычи. Перспективы дальнейшего развития и технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – до 5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Схема подготовки полигона. Технология ведения горных работ. Параметры полигона, транспортировка горной массы, отвалообразование, водооборот, энергоснабжение. Учет добычи полезного ископаемого и горной массы.

Объем раздела – до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.3 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;

– расчет себестоимости добычи полезного ископаемого, драги (гидромонитора).

Графический материал к разделу 2.2.3:

– план земной поверхности с нанесением фактического и проектного контуров горных работ, транспортных путей, ЛЭП и других объектов;

– технологические схемы системы разработки, график работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.4. Горные работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Основные параметры горных работ

Технология разведки или доразведки месторождения. Основные параметры разведочных площадок, подземных хранилищ, отдельных участков месторождения. Их соответствие техническому проекту и программа работ. Технология разработки нового месторождения. Технология доработки месторождения действующего предприятия. Технология консервации или ликвидации месторождения.

Во всех случаях приводятся примеры решения:

- подсчета балансовых и промышленных запасов;
- расчета производительности и срока службы месторождения;
- вскрытия и подготовки к добыче месторождения;
- системы разработки и механизации добычи полезного ископаемого;
- организации работ при строительстве буровой вышки и ее ликвидации.

Техника безопасности производства работ и мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Водоснабжение, противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.4 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;

– расчет себестоимости добычи полезного ископаемого.

Графический материал к разделу 2.2.4:

– проект технологии горных работ;

– план земной поверхности с нанесением объектов горного производства, транспортных путей, линий связи, ЛЭП и других объектов;

– технологические схемы ведения горных работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождений полезных ископаемых

2.3.1. Общие положения

За время прохождения производственной практики студент знакомится с общей организацией и структурой маркшейдерской службы, ее ролью в производственном процессе на горном предприятии. Изучает методику полевых и камеральных маркшейдерских работ, проводимых маркшейдерской службой предприятия, знакомится с инструментарием, оборудованием и маркшейдерской документацией.

Для закрепления знаний, полученных при изучении теоретических курсов маркшейдерии и др. дисциплин, а также для получения практических навыков студенту необходимо принять непосредственное участие во всех видах маркшейдерских работ, выполняемых маркшейдерской службой предприятия. Особое внимание следует уделить производству работ, выполненных лично студентом. В случае невозможности личного участия в том или ином виде маркшейдерских работ студент должен подробно их изучить по материалам предприятия и сделать самостоятельный анализ изученных работ с учетом требований Инструкции [1].

Самостоятельная работа студента включает теоретическое обоснование методики, проводимых на предприятии маркшейдерских съемок, оценку их точности, выводы и предложения по их совершенствованию с учетом современных инструментов, методик и вычислительной техники.

2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности

Маркшейдерские опорные сети на территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Исходные данные для построения и реконструкции опорных сетей и сетей сгущения. Методы создания плановых и высотных сетей, плотность, класс точности, схема заложения пунктов, конструкция знаков, реперов (центров).

Выполнение съемок и обновление планов земной поверхности на территории предприятия, масштабы съемки, сечение рельефа. Съемка складов, отвалов хвостохранилищ, методы определения объемов.

Графический материал по разделу 2.3.2:

– ситуационный план земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия, границы земельных и горного отвода;

– план-схема маркшейдерской опорной геодезической сети.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений

Маркшейдерские работы на промплощадке. Ориентирование подземных съемок, передача высотных отметок в подземные выработки. Опорные и съемочные маркшейдерские подземные сети. Подземная съемка горизонтальных и наклонных выработок, подземное нивелирование горизонтальных и наклонных выработок. Оценка точности маркшейдерско-геодезического обоснования и ориентирно-соединительных съемок. Предрасчет точности сбоек горных выработок. Задание направления горным выработкам. Проверка геометрических элементов шахтного подъема. Профилировка шахтных стволов. Съемка нарезных и очистных выработок. Декадные и месячные маркшейдерские замеры горных работ. Определение остатков полезного ископаемого и составление отчетности.

Маркшейдерские работы при проведении буровзрывных работ.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 1.3.2:

– схема маркшейдерско-геодезического обоснования на поверхности и в шахте;

– схема ориентирно-соединительной съемки и передачи высотной отметки;

– схема задания направления горным выработкам;

– результаты маркшейдерской съемки подготовительных, нарезных и очистных горных выработок (выкопировки с планов с указанием пунктов съемочного обоснования).

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и россыпных месторождений

Съемочные (плановые и высотные) маркшейдерские сети на земной поверхности и в карьере. Виды съемочных сетей и точность их выполнения.

Маркшейдерская съемка, вынос в натуру и контроль технических параметров ведения горных работ. Виды маркшейдерских съемок, оценка точности и периодичность их выполнения, приборы и оборудование.

Маркшейдерские работы при ведении буровзрывных работ, съемка транспортных путей.

Контроль за погрузкой и распределением горной массы, нормирование и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Учет движения вскрытых, подготовленных к выемке запасов.

Маркшейдерские работы при проведении экскавации горной массы, отвалообразования.

Маркшейдерские съемки дражных и гидромониторных полигонов.

Проектирование и съемка внешних и внутренних отвалов вскрыши. Учет объемов складируемых руд.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.4:

– схема съемочного обоснования на земной поверхности и в карьере;

– схемы, рисунки (по тексту отчета) создания и развития съемочных сетей, задания направлений горных выработок, выноса в натуру элементов проекта, решения различных маркшейдерских задач.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Описание и анализ маркшейдерских работ при разработке нефти и газа включает комплекс маркшейдерских работ на месторождениях, подземных хранилищах сырья, разведочных площадях и отдельных участках.

Критериями оценки фактического производства работ является их сравнение с требованиями технического проекта или программой маркшейдерских работ, утвержденными руководством организации и согласованными в установленном порядке.

Согласно указанным документам необходимо представить:

– маркшейдерскую картографическую документацию, отображающую рельеф, гидрографию, населенные пункты, схему государственной геодезической и маркшейдерской сети, инженерные коммуникации, инженерные сооружения объектов по добыче, переработке и транспортированию нефти и газа;

– схему и методику создания опорных и съемочных сетей;

– маркшейдерско-геодезическую съемку с указанием погрешности определения положения на плане контуров снимаемых объектов относительно пунктов съемочного обоснования;

– подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру, решение задач переноса в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин и других сооружений;

– плановую и высотную привязку устьев скважин после монтажа буровой установки;

– анализ и оценку точности определения планового и высотного положения устьев скважин относительно пунктов съемочной сети;

– геомеханический мониторинг за осадками и деформациями земной поверхности и построенными на ней объектами. Количественную оценку геодинамических полигонов. Гидрогеологические и геокриологические исследования;

– приборы и оборудование и методику выполнения маркшейдерских работ, выполняемых на предприятии.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.5:

– топографический план месторождения или участка с нанесением гидрографии, населенных пунктов, государственной геодезической и маркшейдерской сети;

– маркшейдерско-геодезическая съемка объектов;

– подготовка исходных данных для выноса элементов проекта в натуру;

– схема и количественная оценка геомеханического мониторинга.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве горных производств

При строительстве горных производств маркшейдерские работы выполняются в строгом соответствии с проектной документацией и включают:

– проверку числовых значений и графической части проектных чертежей. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру с пунктов маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;

– детальные разбивочные работы при строительстве технологического комплекса на шахтной поверхности;

– работы при возведении зданий, сооружений и копров. Проверка правильности установки подъемных машин;

– работы при проходке вертикальных шахтных стволов, монтаж армировки;

– работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок, при проходке встречными забоями.

Согласно указанным документам, необходимо изучение всех видов маркшейдерских работ, обеспечивающих производство строительства горного производства в соответствии с проектной документацией.

Необходимо представить приборы, оборудование и методику маркшейдерской съемки. Анализ и оценку точности выполнения маркшейдерских работ в соответствии с требованиями ГОСТов и Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.6:

– схема маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;

– примеры детальных разбивочных работ при строительстве технологических комплексов.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.7. Документация, инструменты, оборудование и штаты маркшейдерских отделов

Основные требования, предъявляемые к документации. Обязательный комплект документации и ее содержание. Пополнение и размножение документации. Задачи, решаемые по маркшейдерским планам и графикам. Хранение

маркшейдерской документации. Структура маркшейдерской службы. Оборудование, инструменты, вычислительная техника и программное обеспечение.

Объем маркшейдерской части 20 – 25 стр.

2.4. Выводы

В заключение студент делает свои выводы по всем разделам отчета по практике, оценивая изученный и представленный им материал с известными ему лучшими достижениями в данной отрасли горного производства с учетом новых технологий, инструментов, методик.

2.5. Производственные экскурсии

Экскурсии проводятся с целью расширения технических знаний студентов и общего кругозора в области истории развития предприятия и его роли в общей технологии производства. Экскурсии могут быть организованы в отдельные цеха предприятия, а также на соседние родственные предприятия.

3. УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1. Основные положения

Перед выездом на практику студенты проходят инструктаж, получают направление–путевку с указанием места назначения на практику, сроков практики. Руководитель практики от кафедры выдает каждому студенту индивидуальное задание по вопросам маркшейдерского дела с учетом специфики предприятия, научно-исследовательской работы студента.

По прибытии на место прохождения практики студент обязан решить следующие организационные вопросы:

а) зарегистрироваться в отделе кадров предприятия, отметить свое прибытие;

б) представиться главному маркшейдеру предприятия и определиться с руководителем производственной практики от предприятия;

в) решить бытовые вопросы;

г) составить план прохождения практики.

С целью лучшего ознакомления с горным предприятием и получения необходимых производственных навыков студент должен стремиться устроиться на должность участкового маркшейдера, горного съемщика или рабочего

маркшейдерского отдела. Это значительно организует практиканта и вносит элемент ответственности. В крайнем случае, если нет возможности получить рабочее место, студент проходит практику в качестве дублера. Это не освобождает его от выполнения производственных обязанностей, которые он должен выполнять под руководством маркшейдера по режиму работы предприятия.

Рабочее время в период практики студент должен планировать по согласованию с руководителем практики от предприятия таким образом, чтобы была возможность практического выполнения основных маркшейдерских работ, проводимых на данном предприятии, знакомства с маркшейдерскими работами, проводившимися ранее, и индивидуальной работы по обработке собранного материала и написания отчета по практике.

При прохождении практики студент обязан вести записи о проделанной работе на предприятии. Записи должны служить основой для составления отчета. Имея в виду, что текстовый материал по геологической части является компилятивным, его следует во время практики систематизировать и изложить уже в таком виде, как это требуется по программе практики. То же самое относится к характеристике современного состояния горных работ и характеристике маркшейдерских работ горного предприятия. При анализе выполняемых работ студент должен пользоваться учебной, нормативной и справочной литературой [1, 2, 3, 4, 5]. Планы и графики, цифровой и справочный материал следует систематизировать и приложить к отчету по практике в виде таблиц, рисунков, приложений.

Для успешного проведения производственной практики большое значение имеет наличие хороших деловых взаимоотношений студента с местными организациями и отдельными работниками предприятия. Студент должен быть исполнительным, вежливым, соблюдать трудовую дисциплину и выполнять требования руководства предприятия.

В случае возникновения вопросов, требующих срочной консультации преподавателей кафедры, студент может ее получить по электронной почте на сайте кафедры.

В конце практики студент представляет отчет руководителю практики от предприятия, получает его отзыв с оценкой. К отчету прилагается заверенное администрацией предприятия направление-путевка студента.

Отчет по практике в готовом виде сдается на кафедру для проверки в течение двух недель после начала занятий.

При выставлении оценки по производственной практике обращается особое внимание на наличие полевых и камеральных работ, выполненных лично студентом.

Отсутствие отчета, несвоевременное его представление на кафедру или неудовлетворительная оценка отчета – все это лишает студента права быть аттестованным и обязывает его пройти производственную практику повторно.

Студентам, сократившим срок пребывания на практике без уважительных причин, практика не засчитывается.

3.2. Требования к оформлению отчета

3.2.1. Общие требования

Отчет оформляются согласно требованию межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 (2001) «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.850 (851-857)–75 «Горная графическая документация».

Отчет выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода с компьютера.

Текст отчета оформляется на листах белой писчей бумаги формата А4. Для данного формата следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

При наборе текста рекомендуется использовать основные системные гарнитуры шрифтов Times New Roman Cyr. Размер основного шрифта – кегль 14 (или 16), межстрочный интервал – 1,5 (или 1,0). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15 мм.

Текст набирается с соблюдением следующих правил:

– все слова внутри абзаца разделяются только одним пробелом;

– перед знаками препинания пробелы не ставятся, после знака препинания – один пробел;

– между последней цифрой числа и обозначением единицы измерения следует оставлять один пробел (352 МПа, 30 ºС, 10 % и т. д.). Нельзя отделять размерность от числа, в этом случае ставится непрерывный пробел Ctrl + Shift + + пробел;

– при наборе должны различаться тире (–) и дефисы (-);

– между инициалами, после инициалов (перед фамилией), перед сокращениями и между ними ставится неразрывный пробел: Ctrl + + Shift + пробел (1999 год, т. д., т. е., н. э., А. С. Пушкин и т. д.);

– выделения курсивом, полужирным, прописным обеспечиваются средствами Word.

Подчеркивания в качестве выделений не допускаются.

Нумерация страниц и приложений должна быть сквозная. Номера страниц проставляются внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

3.2.2. Порядок брошюровки работы

Отчет брошюруется в следующей последовательности:
– титульный лист;
– направление–путевка;
– реферат;
– содержание;
– введение;
– основные разделы;
– заключение;
– список литературы;
– приложения.

3.2.3. Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется. Пример титульного листа приведен ниже.

3.2.4. Требования к оформлению реферата

Слово «РЕФЕРАТ» записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример оформления реферата приведен ниже.

Пример оформления титульного листа отчета по практике

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
"Уральский государственный горный университет"

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой,
профессор, д-р техн. наук
_____ Гордеев В. А.
« __ » _____20__ г.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ПРАКТИКА НА ОАО «УРАЛАСБЕСТ»

Отчет

Исполнитель
Петров И. Л.
МД – 14 – 1

Руководитель
ФИО преподавателя

Екатеринбург – 2018

Пример оформления реферата отчета по практике

РЕФЕРАТ

Отчет по производственной маркшейдерской практике: 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГЕОЛОГИЯ, КАРЬЕР, ГОРНЫЕ РАБОТЫ, МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по геологии месторождений, технологии горных работ, методике выполнения маркшейдерских работ.

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов, сбор, обработку и анализ материалов горного предприятия.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

3.2.5. Требования к оформлению содержания отчета

Содержание отчета включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и страницы.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами.

Пример содержания приведен ниже.

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ 6

1.1. Общие сведения о районе месторождения 6

1.2. Геологическая характеристика месторождения 10

1.3. Гидрогеологические условия 14

2. ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ 17
2.1. Фактическое состояние горных работ 18
2.2. Проект доработки горизонта 260 м 24
3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ... 32
4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ 32
5. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА 46
6. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 69
7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОПОРНЫХ И СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ В ШАХТЕ..... 75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 106
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема опорной сети 107

3.2.6. Требования к оформлению введения

Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Раздел «ВВЕДЕНИЕ» не нумеруется.

3.2.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки

Текст пояснительной записки подразделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами.

Например: 1. Общие сведения

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. После номера подраздела ставится точка.

Например: 2.1. Фактическое состояние горных работ

Подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т. д.

Каждый пункт и подпункт записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы с точкой в конце, не подчеркивать. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервал, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

3.2.8. Изложение текста

Текст отчета должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «в случае» и т. п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например: «применяют», «указывают» и т. п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

Если необходимо применение специфической терминологии, то перед списком литературы должен быть глоссарий – перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Глоссарий включают в содержание документа.

В тексте не допускается:

– применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

– применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

– применять произвольные словообразования;

– применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами;

– сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры

1. Провести измерение пяти линий, каждая длиной около 5 м.
2. Измерить 15 горизонтальных углов полигона.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например, 10,50; 15,75; 20,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не ,).

3.2.9. Требования к оформлению формул

Формулы набираются в редакторе формул, гарнитуры шрифтов: Times New Roman, Symbol. При наборе формул рекомендуется использовать следую-

щие размеры шрифтов (для формата А4): основной – кегль 16 (или 14), крупный индекс – кегль 12 (или 11); мелкий индекс – кегль 10 (или 8).

Латинские обозначения, кроме устойчивых сочетаний типа max, min, cos, sin, tg, log, exp, det и т. д., набираются курсивом; русские, греческие обозначения и цифры – прямым шрифтом.

Математические символы в формулах набирают курсивом, греческие и готические – прямым, химические символы (Cu, Mn и т. д.) – прямым, сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (м, кВт, МПа и т. д.) – прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Перенос в формулах допускается делать на знаках соотношений (±, ≤, ≥, ..., ≈), на отточии (...), на знаках (+) и (–), (×) с дублированием знака на другой строке.

Например: $f(x_1, x_2, \ldots x_n) =$

$= b_0 + b_y + \ldots + b_n.$

Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые приводятся ссылки в тексте. В зависимости от объема используется сквозная и индексационная нумерация формул, таблиц, рисунков. Индексационная нумерация используется, как правило, при делении текста на главы и параграфы.

В индексационном номере сначала арабскими цифрами указывают номер раздела, затем (после точки) ставят порядковый номер формулы в данном разделе. Номер формулы заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю печатного листа.

Например:

$$\lambda \approx \frac{2\pi}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{\pi}{f\mu\gamma}}; \qquad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1}{b}. \qquad (3.2)$$

Последовательность расшифровки буквенных обозначений (экспликация) должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле. После формулы перед экспликацией ставят запятую, пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример

Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг; V – объём образца, м^3.

Расшифровка дроби: сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

В формулах допускается использовать все виды скобок: (), [], {}. Высота скобок должна быть достаточной, чтобы охватывать находящееся в них выражение.

Основным знаком умножения является точка на средней линии.

Она ставится:

а) между числовыми сомножителями: 20·75;

б) для выделения какого-либо сомножителя: 2·2*xy*·*z*;

в) для записи скалярного произведения векторов: *a*·*b*;

г) между аргументом тригонометрической функции и буквенным обозначением: *a* cos *x*·*b* cos *y*;

д) между знаком радикала и сомножителем: $\sqrt{y \cdot \alpha \sin x}$.

Т*очка как знак умножения не ставится*:

а) между числом и буквенным символом: 5*ab*;

б) перед скобками и после них: (*b*+*c*)(*a*-*d*);

в) перед дробными выражениями и после них: $\alpha \frac{\cos \alpha}{b} \frac{2}{\alpha}$;

г) перед знаком интеграла, радикала, логарифма: $2a \int \sin x \, dx$;

д) перед аргументом тригонометрической функции: arccos ω*t*.

Косой крест в качестве знака умножения ставят:

а) при указании размеров: 4,5×3 м;

б) при записи векторного произведения *a*×*b*;

в) при переносе формулы на знаке умножения:

$y = (x + 2) \times$

$\times (x + 4)^2$.

Расположение формул в тексте

Наиболее важные и все нумерованные, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения, интегрирования, располагают на отдельных строках. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, выделенных из текста, можно помещать на одной строке, а не одну под другой. Небольшие и несложные формулы, не имеющие самостоятельного значения, размещают внутри строк текста.

На все нумерованные формулы обязательно должны быть ссылки. Они оформляются в той же графической форме, что и после формулы, т. е. арабскими цифрами в круглых скобках.

Например: в формуле (3.7); из уравнения (5.4) вытекает... и т. д.

Следует знать и правила пунктуации в тексте с формулами. Формулы включаются в предложение как его равноправный элемент, поэтому в конце формулы и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулами ставят:

а) после обобщающего слова;

б) если этого требует построение текста, предшествующего формуле.

Многоточие применяется при пропуске членов в ряду суммирования, вычитания или равенства. При этом знаки операции ставятся и перед многоточием и после него:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1 + b_2 + \dots + b_n.$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (П. 1).

3.2.10. Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце текста. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 1 – Схема полигона».

Подписи к иллюстрациям рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основного текста.

Экспликацию и легенду рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основной подписи. Экспликация обычно пишется с новой строки. Перед экспликацией ставится двоеточие, между элементами экспликации – точка с запятой.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например Рисунок А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать: «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» – при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования – в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например, «Рисунок 1 – Схема полигона».

3.2.12. Требования к оформлению таблиц

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на один - два интервала.

***Например*:**

«Таблица 1 – Сводные данные».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Текст таблицы и выводы печатаются более мелким шрифтом, чем основной текст. Так, если:

Основной текст – кг 16 (14)
Текст таблицы – кг 14 (12)
Текст головки таблицы – кг 13 (11)
Примечания к таблице – кг 13 (11).

В одноярусной головке таблицы все заголовки пишутся с прописной буквы, в двух- и многоярусной головке заголовки верхнего яруса пишутся с прописной буквы, а заголовки последующих ярусов – с прописной, если они грамматически не подчинены стоящему над ними заголовку верхнего яруса, и со строчной, если грамматически подчинены стоящему над ними заголовку.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

***Например*:**

Химический состав стали должен соответствовать нормам табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав, %

Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Медь	Никель	Сера	Фосфор
			не более				
0,12 – 0,18	0,5 – 1,7	0,4 – 0,7	0,05 – 0,1	0,3	0,3	0,04	0,035

3.2.13. Требования к оформлению списка литературы

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т. д., материал которых использован при составлении пояснительной записки. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

– заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

– основного заглавия - название издания (книги, статьи и т. п.);

– места издания – название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М., Ленинград – Л., Санкт-Петербург – СПб.;

– издательства – наименование издательства приводят, как правило, в сокращенной форме – Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

– года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографического описания

Издание одного автора

Булычёв, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Издание с количеством авторов более трех

Сидоров, А. В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / А. В. Сидоров [и др.]. – Уфа: УГАТУ, 2000. – 80 с.

Методические указания

Давление и сдвижение горных пород и охрана сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 «Маркшейдерское дело» / сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Издание под заглавием

Глубинное строение и геодинамика литосферы / под ред. А. А. Смыслова. – Л.: Недра, 1983. – 276 с.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и в необходимых случаях – страницы, например:

[18, т. I, с.75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И. Н., 1965]

3.2.14. Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст отчета, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы

большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке появления ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. Серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. – М.: ГУП «НТЦ БП», 2003. – 117 с.

2. *Оглоблин, Д. Н.* Маркшейдерское дело: учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

3. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учеб. пос. / Б. П. Голубко, В. А. Гордеев, В. И. Яковлев; УГГУ. – Екатеринбург, 2010. – 212 с.

4. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко; УГГУ. – Екатеринбург, 2015. – 73 с.

5. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений подземным способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко, Г. В. Земских, О. С. Раева; УГГУ. – Екатеринбург, 2017. – 98 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Гордеев В.А.

ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ ВКР

Методические указания

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА 9
1.1. ВВЕДЕНИЕ 9
1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА 9
1.2.1. Общие сведения о районе месторождения (предприятия) 9
1.2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ 10
1.2.2.1. Разведанность месторождения 10
1.2.2.2. Стратиграфия 10
1.2.2.3. Генезис месторождения 10
1.2.2.4. Гидрогеологическая характеристика месторождения 10
1.2.2.5. Геологоразведка и запасы месторождения 10
1.2.2.6. Инженерно-геологические условия 11
1.3. ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ 11
1.3.1. Фактическое состояние горных работ 11
1.3.2. Проектирование горных работ 11
1.3.2.1. Подземная разработка пластовых месторождений 12
1.3.2.2. Подземная разработка рудных месторождений 14
1.3.2.3. Разработка месторождения открытым способом 16
1.3.2.4. Разработка россыпных месторождений 18
1.3.2.5. Разработка месторождений углеводородного сырья (нефти и газа) 19
1.4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА 19
1.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ 20
1.6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 22
1.7. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ 22
1.7.1. Маркшейдерские работы на земной поверхности 23
1.7.2. Маркшейдерские работы при подземной разработке пластовых и рудных месторождений 23
1.7.3. Маркшейдерские работы при открытой разработке пластовых, рудных и россыпных месторождений 24
1.7.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа) 24
1.7.5. Маркшейдерские работы при строительстве горного предприятия 25
1.7.6. Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений (тоннелей, станций метрополитенов, камер большого сечения 26
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ 27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 28

2. ОФОРМЛЕНИЕ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ 29
2.1. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ 29
2.1.1. Общие требования 29
2.1.2. Порядок брошюровки работы 30
2.1.3. Требования к оформлению титульного листа 30
2.1.4. Требования к оформлению реферата 30
2.1.5. Требования к оформлению содержания 32
2.1.6. Требования к оформлению введения 32
2.1.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки 33
2.1.8. Изложение текста 33
2.1.9. Требования к оформлению формул 35
2.1.10. Требования к оформлению примечаний 38
2.1.11. Требования к оформлению иллюстраций 38
2.1.12. Требования к оформлению таблиц 39
2.1.13. Требования к оформлению списка литературы 41
2.1.14. Требования к оформлению приложений 42
2.2. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 43
2.2.1. Общие требования 43
2.2.2. Требования к оформлению демонстрационных материалов в электронном виде 43
2.2.2.1. Требования к файлу презентации 43
2.2.2.2. Требования к носителю информации 44
2.2.3. Требования к оформлению демонстрационных чертежей 44

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проектирования является комплексная оценка соответствия уровня подготовки студента требованиям Государственного образовательного стандарта по программам профессионального образования квалификация горный инженер (специалист). Дипломное проектирование является завершающим этапом учебного процесса. Студент должен показать уровень знаний, соответствующий требованиям в области специальных и инженерно-экономических дисциплин, и готовность к самостоятельному решению инженерно-технических задач по разработке месторождений полезных ископаемых и производству маркшейдерских работ.

При дипломном проектировании студент руководствуется законодательством, инструкциями и нормативными документами об охране недр и окружающей природной среды. Дипломный проект должен отвечать современным требованиям и отражать новейшие достижения науки и техники.

Каждому студенту назначается руководитель дипломного проекта из числа преподавателей кафедры маркшейдерского дела. Содержание и объем дипломного проекта устанавливаются руководителем в соответствии с заданием. Задание к выпускной квалификационной работе (ВКР) специалиста оформляется на специальном бланке в течение первой недели 11-го семестра. Пример заполнения задания приведен на с. 6.

По решению кафедры отдельные студенты могут выполнять **дипломную работу**, которая носит исследовательский характер, и результаты ее используются в дальнейшем на предприятии или в научно-исследовательской работе.

Дипломный проект (работа) подготавливается к защите в течение 11-го семестра.

Дипломный проект (работа) состоит из пояснительной записки и демонстрационных материалов, которые могут быть представлены в виде демонстрационных листов или мультимедийной презентации.

Состав и ориентировочный объем разделов дипломного проекта (работы) приведены в табл. 1 и 2.

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Горнотехнологический, Заочного обучения **«УТВЕРЖДАЮ»**
(ненужное зачеркнуть)

Кафедра **маркшейдерского дела** **Заведующий кафедрой**
Специализация **«Маркшейдерское дело»** **проф., д-р техн. наук**
_____В. А. Гордеев
«___»_____20 ___ г.

ЗАДАНИЕ
ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА

Студент гр. МД

_____
_____
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема дипломного проекта (работы)
_____
_____
_____

2. Содержание пояснительной записки:
2.1. Общие сведения о предприятии и геологическая характеристика месторождения.
2.2. Технология горных работ.
2.3. Мероприятия по обеспечению безопасности производства.
2.4. Технико-экономические показатели предприятия (участка).
2.5. Мероприятия по сохранности окружающей среды.
2.6. Маркшейдерские работы на предприятии (фактическое состояние и анализ).
2.7. Специальная часть ВКР.

3. Демонстрационный материал (графическая документация, рисунки, фотографии и др.) – мультимидийная презентация в программном продукте Power Point 2003 (MS Office 2003).

4. Консультанты по разделам (ФИО, кафедра, раздел**)**
_____
_____

Руководитель ВКР **_____** **_____**
(кафедра, ФИО) **(подпись)**

Задание по ВКР получил студент **_____** **_____**
(ФИО) **(подпись)**

Дата выдачи задания «_____»_____ 20___ г.

Дата сдачи студентом ВКР «___»_____ 20___ г.

Таблица 1

Состав и ориентировочный объем дипломного проекта

Номер раздела	Наименование раздела	Кол-во страниц	Демонстрационный материал, кол-во слайдов
	Введение	1 – 2	–
1	Общие сведения о районе месторождения (предприятия) и его геологическая характеристика		
1.1	Общие сведения о районе месторождения	3 – 4	1 – 2
1.2	Геологическая характеристика месторождения	9 – 10	1 – 2
2	Горнотехнологическая характеристика горного предприятия		
2.1	Фактическое состояние горных работ	10 – 12	1 – 2
2.2	Проектирование горных работ	8 – 10	1 - 2
3	Экономические показатели деятельности предприятия	2 – 3	1
4	Безопасность производства	7 – 10	–
5	Воздействие горного производства на окружающую среду	8 – 10	1
6	Маркшейдерские работы на предприятии	10 – 15	2 – 5
7	Специальная часть дипломного проекта	25 – 30	3 – 4
	Заключение	1 – 2	1
	Список литературы	1 – 2	–
	Всего	85 – 100	5 – 11

Таблица 2

Ориентировочный состав и объем дипломной работы

Номер раздела	Наименование раздела	Кол-во страниц	Кол-во слайдов
	Введение	1 – 2	–
1	Цель, задачи и актуальность исследований	2 – 5	1
2	Анализ методов и способов решения поставленных задач (обзор источников литературы)	15 – 20	3 – 5
3	Методика решения поставленных задач и последовательность их выполнения	20 – 30	3 – 5
4	Оценка эффективности полученных решений	3 - 5	1

Окончание таблицы 2

Номер раздела	Наименование раздела	Кол-во страниц	Кол-во слайдов
	Заключение	3 – 7	–
	Список литературы	1	–
Всего		45 – 70	7 – 12

Публичная защита дипломного проекта (работы) проводится на заседании Государственной аттестационной комиссии при наличии внутривузовских и внешней рецензий, отзыва руководителя дипломного проекта (работы).

Внутривузовские рецензии студент получает у назначенных консультантов, список которых вывешивается на доске объявлений кафедры.

Внешнюю рецензию на дипломный проект (работу) студент получает по направлению заведующего кафедрой у специалиста, который утверждается рецензентом приказом ректора университета.

Руководитель дипломного проекта (работы) в своем отзыве отмечает:

– соответствие содержания дипломного проекта (работы) дипломному заданию и наличие необходимых разделов;

– правильность принятых инженерных решений и соответствие их современному уровню развития науки и техники;

– выполнение требований, предъявляемых к оформлению пояснительной записки и графического материала дипломного проекта (работы);

– степень самостоятельности студента при решении поставленных задач, творческий характер работы.

В заключении руководитель дает общую оценку дипломного проекта (работы) в баллах.

Темой дипломного проекта (его специальной частью) может быть выбрана инженерно-техническая задача по решению актуальных вопросов маркшейдерских работ при различных стадиях производства: разведке месторождений, строительстве, эксплуатации, консервации, ликвидации горных предприятий и различных способах добычи: подземном, открытом, дражном, гидравлическом, разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа).

Темой дипломной работы может быть та же задача, но имеющая научно-исследовательское направление и в которой студент принимал непосредственное участие.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1.1. ВВЕДЕНИЕ

Во введении излагаются задачи горнодобывающей отрасли или отдельных ее направлений на примере региона, где находится предприятие, рассматриваемое в дипломном проекте. Дается степень освоения и перспективы развития предприятия и региона. Обосновывается актуальность и специфические особенности решения задач, поставленных в специальной части дипломного проекта.

Указывается на основании каких материалов выполняется дипломный проект (по материалам, полученным на предприятии в период производственных практик или по результатам исследовательской работы, включая курсовые работы и проекты, выполненные студентом ранее).

1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.2.1. Общие сведения о районе месторождения (предприятия)

В разделе приводятся: сведения о географическом и административном положении месторождения (предприятия); промышленная освоенность района, пути сообщения, ближайшие железнодорожные станции, пристани, порты и топливно-энергетическая база; наличие местных строительных материалов, бытовое и техническое водоснабжение; климатические условия района (продолжительность зимнего периода, минимальные и максимальные температуры, среднегодовые, сезонные и месячные температуры воздуха, господствующие ветры и их направление, количество осадков по сезонам и месяцам; мощность и температура сезонной мерзлоты, продолжительность стояния снежного покрова и сезонной мерзлоты); характер рельефа и гидрографическая сеть района, влияние природных факторов на условия отработки месторождения, технико-экономические показателя региона.

1.2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.2.2.1. Разведанность месторождения

История открытия и разведки месторождения. Состав, форма и размеры по простиранию и падению, количество залежей, их форма, мощность и углы падения полезного ископаемого.

1.2.2.2. Стратиграфия

Состав и стратиграфия полезного ископаемого и вмещающих пород. Тектоника месторождения, наличие складчатых и разрывных нарушений и их элементы залегания.

1.2.2.3. Генезис месторождения

Гипотеза образования залежи, минералогический состав полезного ископаемого и его качественная характеристика.

1.2.2.4. Гидрогеологическая характеристика месторождения

Общие сведения об открытых водостоках на поверхности. Характеристика водоносных горизонтов, их количество и распределение, коэффициенты фильтрации пород. Возможные притоки подземных вод в горные выработки. Состав и количество подземных вод различных горизонтов и в целом по месторождению.

1.2.2.5. Геологоразведка и запасы месторождения

Методика разведки, объем произведенных работ и степень разведанности месторождения, сетка разведочных скважин. Методика подсчета запасов и их количество по категориям. Методы опробования, кондиции, предъявляемые к качеству полезного ископаемого со стороны потребителей. Эксплуатационная разведка.

1.2.2.6. Инженерно-геологические условия

Физико-механические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород. Устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, кусковатость, влажность, газоносность.

Графика к разделу 1.2

1. Обзорная карта района.
2. Геологический план или план поверхности с выходом пластов под наносы с разведочными линиями и скважинами М 1:10000, 1:5000, 1:2000.
3. Продольные и поперечные геологические разрезы в масштабе плана.
4. Стратиграфическая и структурные колонки в удобном для восприятия масштабе, иллюстрации, зарисовки, схемы, диаграммы, выполненные на листах формата А4 по тексту пояснительной записки.

1.3. ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

1.3.1. Фактическое состояние горных работ

В описательной части даются краткие сведения о состоянии горных работ на предприятии: производительность (шахты, рудника, карьера), способ вскрытия месторождения, проходка капитальных подготовительных, нарезных и очистных горных выработок, применяемые системы отработки и их характеристика, транспортировка горной массы, вентиляция и водоотлив, энергоснабжение, фактические и проектные технико-экономические показатели и др.

Графика к разделу 1.3.1

План и разрезы фактического состояния горных работ на 1 января текущего года М 1:5000, 1:2000, 1:1000.

1.3.2. Проектирование горных работ

При подготовке выпускной квалификационной работы (дипломного проекта или дипломной работы) могут быть включены вопросы проектирования горных работ. Данное решение принимается

по согласованию с руководителем ВКР при оформлении задания по ВКР специалиста.

Задание на проектирование горных работ студент получает от руководителя ВКР или преподавателя-консультанта по горной части.

При этом необходимо учесть способ разработки и стадию разработки на предприятии: строительство, эксплуатация, доработка.

Тематика и объем горной части в целом должны обеспечить необходимый и достаточный материал для выполнения разделов по специальной и экономической части проекта.

1.3.2.1. Подземная разработка пластовых месторождений

Проектирование горных работ при подземной разработке пластовых месторождений *может вестись в двух вариантах*:

1. Разработка нового шахтного поля.

2. Доработка шахтного поля действующей шахты.

В обоих случаях должны быть решены следующие вопросы:

– подсчет балансовых и промышленных запасов (если этот вопрос не рассматривается в других частях проекта);

– производительность (обоснование и расчет) и срок службы шахты;

– вскрытие и подготовка шахтного поля;

– системы разработки, механизация очистных работ;

– технология и механизация проведения подготовительных и нарезных выработок.

Подсчет балансовых запасов должен быть произведен в соответствии с требованиями действующих инструкций. При этом *рассматриваются следующие вопросы*:

– выбор метода подсчета (обоснование);

– подсчет балансовых запасов в шахтном поле (на нижних горизонтах или на участке);

– построение предохранительных целиков под промплощадку, здания, сооружения, около геологических нарушений и т. д.;

– подсчет промышленных запасов шахтного поля (нижних горизонтов или участка).

При определении производительности шахты рассматривают два вопроса:

1. Обоснование и расчет производительности шахты.

2. Расчет срока службы шахты в целом и (или) отдельных горизонтов.

Вскрытие и подготовка шахтного поля включает:

– выбор способа подготовки шахтного поля (этажный, панельный, погоризонтный, комбинированный) и установление его параметров;

– обоснование способа подготовки пластов (индивидуальный или групповой);

– выбор способа вскрытия шахтного поля.

При определении системы разработки и механизации очистных работ должны быть рассмотрены следующие вопросы:

– выбор и обоснование системы разработки для всех пластов свиты;

– установление параметров системы разработки для пласта, указанного в задании;

– установление поперечного сечения всех подготовительных выработок выемочного поля по условию размещения транспортного оборудования;

– выбор механизации для выемки и транспортировки горной массы и материалов в пределах выемочного поля;

– выбор типа механизированной или индивидуальной призабойной и посадочной крепи и способа управления кровлей;

– расчет суточной добычи, объемов отдельных видов работ, штата рабочих в очистном забое и производительности труда забойного рабочего;

– составление планограммы работ и графика выхода рабочих в очистном забое;

– подсчет плановых потерь по системе разработки;

– расчет себестоимости 1 т угля по очистному забою по элементам затрат: заработная плата, материалы, электроэнергия и амортизация оборудования (это может быть произведено в разделе «Экономические расчеты»).

В конце раздела приводится сводная таблица технико-экономических показателей: мощность и угол падения пласта, подвигание очистного забоя (суточная и годовая), добыча угля (суточная и годовая), потери угля по системе разработки; расход материалов на 1000 т добычи, производительность труда рабочего очистного забоя на выход, себестоимость 1 т угля по очистному забою.

Технология и механизация проведения подготовительных выработок включает:

– определение объема подготовительных выработок в пределах выемочного поля (панели) и их характеристика;

– выбор способа проведения подготовительных выработок, расположенных в пределах выемочного поля (панели);

– выбор механизации проведения подготовительных выработок;

– выбор типа ВВ и СВ для буровзрывных работ;

– проект проведения выработки (по заданию консультанта).

Графика к разделу 1.3.2.1

Проект вскрытия и подготовки шахтного поля. Проект системы разработки и ее основные элементы. Проект проведения выработки. М 1:1000; 1:2000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.3.2.2. Подземная разработка рудных месторождений

Производительность проектируемого предприятия должна определяться с учетом горно-геологических условий по годовому понижению горных работ или по скорости подвигания очистных забоев (при горизонтальном или пологом залегании рудного тела).

Срок службы рудника устанавливается с учетом развития и затухания горных работ. Полученные значения проверяются по нормативным документам. При обосновании режима работы предприятия устанавливается: количество рабочих дней в году, количество смен в сутки, продолжительность рабочей недели, смены, общая организация подземных работ и работ на поверхности.

Система разработки выбирается путем технико-экономических расчетов с учетом постоянных и переменных факторов, влияющих на способ отработки. При этом определяются основные параметры: высота блока (этажа), его длина и ширина, показатели извлечения и др.

При проектировании вскрытия вновь разрабатываемого месторождения определяется: тип подъемных сосудов и размеры рудоподъемного ствола; разрабатывается схема размещения оборудования в стволе; определяется количество, параметры и расположение вентиляционно-вспомогательных шахтных стволов; разрабатывается схема околоствольного двора; организация подземного дробильного комплекса; разрабатывается схема подготовки горизонтов; рассчиты-

вается и обосновывается высота этажа; определяется число этажей в шахтном поле; обосновывается целесообразность строительства концентрационных горизонтов и число этажей, объединяемых основным концентрационным горизонтом.

На основе проведенных расчетов конструируется несколько конкурентоспособных вариантов вскрытия, из которых путем технико-экономического сравнения выбирается лучший.

При проектировании вскрытия глубоких горизонтов действующего предприятия учитываются существующие вскрывающие выработки. При этом проводится проверка главных выработок вскрытия при отработке глубоких горизонтов по производительности подъема, вентиляции и рассматривается их сохранность при сдвижении горных пород. Если хотя бы одному из указанных условий вскрывающие выработки не удовлетворяют, то рассматривается вопрос об их реконструкции или строительстве новых.

Схема подготовки одного из горизонтов разрабатывается на основе горно-геологических условий, годовой производительности, принятой системы разработки и вида транспорта. Поперечные размеры горизонтальных подготовительных выработок определяются в зависимости от типа (параметров) транспортных средств и возможного вида крепления, а размеры восстающих выработок – в зависимости от их назначения и способа проходки.

Проект проведения подготовительной выработки включает в себя: определение сечения выработки в проходке, расчет параметров буровзрывных работ, уборку горной массы, крепление и вентиляцию, устройство путей, расход материалов и энергии, продолжительность цикла и скорость продвигания выработки.

Параметры выемочного блока определяются по горно-техническим условиям месторождения и параметрам систем разработки. При этом определяются: параметры и запасы элементов блока (камера, междукамерный целик, потолочина, днище); схема подготовки и нарезки блока; параметры подготовительных и нарезных выработок; объем подготовительно-нарезных работ по руде и породе; запасы блока (с разбивкой по элементам); основные производственные процессы по каждому элементу блока и схема их механизации; схема вентиляции блока; основные вопросы безопасности труда при отработке блока.

Графика к разделу 1.3.2.2

Схема вскрытия месторождения. План основного откаточного горизонта. Сечения основных вскрывающих выработок. План очистной выемки с разрезами вкрест простирания. План (планы) рабочего горизонта М 1:1000; 1:2000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.3.2.3. Разработка месторождения открытым способом

Проектирование горных работ может вестись по двум направлениям:

1. Технология и комплексная механизация разработки нового месторождения.
2. Технология и комплексная механизация разработки при доработке месторождения.

При определении границ карьерного поля, запасов полезного ископаемого и объемов вскрыши, производственной мощности карьера должны быть рассчитаны:

– углы погашения бортов карьера;

– глубина и проектный контур карьера;

– запасы полезного ископаемого и объемы вскрыши;

– производственная мощность и срок отработки карьера;

– режим работы карьера и организация работ.

Вскрытие месторождения проектируется на три этапа: год сдачи в эксплуатацию, год наибольшего развития работ (по указанию консультанта) и на конец отработки месторождения (или очереди). Способ вскрытия устанавливается в зависимости от рельефа местности, принятого вида транспорта, производственной мощности и системы разработки.

Выполняются расчеты капитальных и разрезных траншей, устанавливается место размещения капитальных траншей, выбирается способ подготовки новых горизонтов.

Выбор и обоснование системы разработки производятся во взаимосвязи с принятым способом вскрытия, выбранной схемой комплексной механизации и принятыми моделями и типоразмерами основного горно-транспортного оборудования. При этом рассчитываются элементы системы разработки: высота породных и добычных уступов, ширина экскаваторной заходки, длина и количество экскаваторных блоков на уступах, параметры рабочей зоны карьера.

Механизация горных работ включает расчеты схем комплексной механизации (классификация В. В. Ржевского) и выбор способа подготовки пород к выемке и выемочно-погрузочного оборудования, обоснование вида карьерного транспорта и способа отвалообразования вскрышных пород. Одновременно выбирают: технологию производства вспомогательных станций, зарядку и забойку скважин, разделку негабарита, перекладку железнодорожных путей в забоях, планировку площадок, устройство временных автодорог, профилактику подвижного состава против примерзания и прилипания транспортируемых грузов. Здесь же рассчитывают производительность и парк оборудования по основным технологическим процессам, определяют техническую и эксплуатационную производительность (сменная и годовая) буровых станков, выемочно-погрузочного оборудования, транспортных и отвальных машин, определяют парк горно-транспортного оборудования (рабочий и списочный), приводятся сведения о схеме управления карьером, охране природы и рекультивации площадей, нарушенных горными работами.

В заключении раздела приводят результаты принятых проектных решений, анализ основных технико-экономических показателей по сравнению с фактическими (достигнутыми на действующем карьере) и лучшими в данной отрасли промышленности. Делают вывод о технической и экономической (с привлечением результатов экономической части) целесообразности разработки (доработки) месторождения открытым способом.

Графика к разделу 1.3.2.3

План карьера на момент сдачи в эксплуатацию (на момент наибольшего развития горных работ или на конец отработки) М 1:5000, 1:2000, 1: 1000. Характерный разрез по плану карьера (обычно в масштабе плана), конструкция зарядов скважин М 1:50, 1:25, взрывные блоки на уступах и при проходке траншей со схемой коммутации зарядов М 1:500, 1:1000. План и поперечный разрез капитальной или разрезной траншеи с оборудованием М 1:500, 1:200. План и поперечный разрез отвального забоя с размещением оборудования М 1:500, 1:200.

При выполнении темы по доработке месторождения вместо планов на момент сдачи (наибольшего развития работ) выполняется план фактического состояния горных работ на карьере М 1:5000,

1:2000, 1:1000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.3.2.4. Разработка россыпных месторождений

В проектной части рассматриваются следующие вопросы:

– вскрытие россыпи при дражном способе, основание и размеры котлована;

– вскрытие россыпи при гидравлическом способе разработки, горнокапитальные работы, расположение канав по осушению и обводнению долины россыпи;

– расчет конструкции плотин, способ их сооружения, объем и стоимость земляных плотин;

– способы проходки канав и котлованов при гидравлическом способе разработки, их размеры и стоимость проходок;

– подготовительные работы, методы очистки полигона от леса и вскрыши торфов;

– система дренажных разработок, ширина котлована и угол маневрирования, способ отработки уступа, углы откосов галечных и эфельных отвалов;

– рабочие размеры драги, списочный состав на драге, расход электроэнергии, топлива, материалов и т. д., число рабочих дней в году, начало и конец сезона, ремонтные дни;

– система разработки гидравлическим способом, расположение гидромониторов в забое, ширина забоя, приходящаяся на один гидромонитор, расположение песковых колодцев и почвенных канав, частота передвижки гидромониторов и песковых колодцев, размеры и уклоны почвенных канав, способы их проходки;

– схема обогащения, тип и размеры применяемой обогатительной аппаратуры, обслуживающий штат, организация промывки и сполоска, график сполоска, контроль процесса промывки, коэффициент извлечения, расход рабочей силы и материалов;

– транспортирование песков на гидравлических разработках, расстояние транспортировки песков и высота подъема, тип землесоса, мощность и тип элеватора, способ отвалообразования и его организация;

– охрана речной системы от загрязнения и рекультивация отработанных площадей;

– общая организация работ (штат предприятия, структура себестоимости добычи 1 м^3 горной массы и др.).

Графика к разделу 1.3.2.4

План месторождения с нанесением элементов системы разработки и основных гидротехнических сооружений, два-три поперечных разреза (по разведочным линиям). Чертеж по проверке соответствия конструктивных параметров драги размерам россыпи. Иллюстрации, рисунки, схемы, фотографии по тексту пояснительной записки.

1.3.2.5. Разработка месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Задание на проектирование технологии добычи углеводородного сырья студент получает от руководителя дипломного проекта. Исходным материалом для выполнения данного раздела является материал, полученный в период производственной практики студента.

Проектирование технологических работ может вестись в следующих направлениях:

1. Технология разведки или доразведки месторождения.
2. Технология разработки нового месторождения.
3. Технология доработки месторождения действующего предприятия.
4. Технология консервации или ликвидации месторождения.

Во всех случаях должны быть решены следующие вопросы:

– подсчет балансовых и промышленных запасов;

– расчет производительности и срока службы предприятия;

– вскрытие и подготовка к добыче месторождения;

– система разработки и механизация добычи полезного ископаемого;

– организация работ при строительстве буровой вышки.

Графика к разделу 1.3.2.5

Проект разведки (доразведки) месторождения. Проект разработки месторождения. М 1:25000 – 1:2000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Задание по данному разделу дипломного проекта выдается руководителем ВКР или консультантом-преподавателем кафедры без-

опасности горного производства. Обязательным условием допуска студента к защите дипломного проекта является детальная проработка вопросов техники безопасности, промсанитарии и противопожарной безопасности на всех этапах проектирования. Все технические и технологические решения, принимаемые в дипломном проекте, должны решаться в строгом соответствии с требованиями ГОСТ, ППБ, ПБ и другой нормативной и директивной документации. Решения по охране труда, принятые применительно к частным техническим и технологическим задачам дипломного проекта, излагаются в соответствующих главах его пояснительной записки: «Вскрытие месторождения», «Система разработки», «Маркшейдерские работы» и т. п. Раздел «Безопасность производства» является синтезирующим, который включает сводку (перечень) конкретных обобщенных материалов по охране труда, принятых в отдельных разделах проекта, а также основные общешахтные или карьерные мероприятия по охране труда, решаемые применительно к условиям проектируемой шахты, карьера, нефтегазодобывающего предприятия.

В целом раздел должен содержать разработанные или принятые дипломантом *мероприятия по охране труда в следующей последовательности*: общая характеристика условий и охраны труда и общие требования безопасности, мероприятия по технике безопасности, мероприятия по производственной санитарии, мероприятия по противопожарной защите, профилактике и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Руководством для выполнения каждой части данного раздела являются методические разработки кафедры безопасности горного производства.

Демонстрационных чертежей по разделу обычно не выполняется. Необходимые иллюстрации приводятся на чертежах других разделов или в пояснительной записке.

1.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью данного раздела является определение производственной себестоимости и затрат маркшейдерской службы на одну тонну добычи. Основой для составления являются горно-геологические условия шахты, рудника или карьера (годовая производительность предприятия или участка, выбранные в проекте способ вскрытия

и системы разработки, режим работы, структура управления, применяемая техника, приборы и оборудование). Экономические расчеты выполняются после горной части дипломного проекта, так как составляемый при этом техпромфинплан основывается на годовой производительности, определенной в разделе 1.3.

Задание по данному разделу студент получает у преподавателя-консультанта кафедры экономики и менеджмента.

В техпромфинплан входят: сметы на приобретение и монтаж оборудования, таблицы по расчету штата и фонда зарплаты трудящихся, расход материалов, энергии и амортизации оборудования, содержание цехового персонала. По данным таблиц составляется калькуляция себестоимости добычи и определяются основные технико-экономические показатели.

В разделе рассматриваются следующие вопросы:

– смета на приобретение и монтаж оборудования;

– расчет штата и фонда заработной платы рабочих;

– расчет расхода материалов, электроэнергии и сжатого воздуха;

– расчет амортизации оборудования;

– расчет штата и фонда заработной платы участкового персонала;

– основные технико-экономические показатели (годовая производительность, списочный штат рабочих, производительность труда рабочего, годовой и удельный расходы электроэнергии, среднемесячная заработная плата, себестоимость 1 т полезного ископаемого);

– расчет стоимости маркшейдерского обслуживания на 1 т добычи полезного ископаемого.

Затраты на маркшейдерское обслуживание складываются из следующих элементов: основная заработная плата инженерно-технических работников и рабочих маркшейдерского отдела с учетом районного коэффициента; начисления на заработную плату; расход материалов; погашения износа малоценного быстроизнашивающегося инвентаря, приборов и инструментов; амортизация основных средств и прочие расходы. По перечисленным элементам составляется калькуляция себестоимости.

Порядок выполнения указанных расчетов изложен в методической разработке по выполнению экономической части дипломного проекта, составленной кафедрой экономики и организации производства.

1.6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Раздел состоит из пояснительной записки с расчетами, рисунков и демонстрационных чертежей. В пояснительной записке приводятся: исходные данные; определение основных направлений воздействия горного предприятия на окружающую природную среду; выбор и обоснование природоохранных мер; расчет технико-экономических показателей природоохранных работ и ущерба от нарушения окружающей природной среды. В разделе рассматриваются законодательные и нормативные требования к состоянию водной и воздушной среды, к рекультивации нарушенных промышленными предприятиями земель применительно к условиям данного предприятия.

Конкретное задание на выполнение раздела дается руководителем дипломного проектирования. Наличие и количество демонстрационных чертежей по разделу определяется в процессе выполнения заданий.

Руководством для выполнения каждой части раздела являются методические разработки кафедры инженерной экологии.

1.7. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В разделе дается описание и анализ фактического состояния маркшейдерско-геодезических работ на предприятии в зависимости от вида добычи (подземной, открытой, нефти и газа) и стадии развития горных работ (разведка, доразведка, строительство, эксплуатация, консервация, ликвидация).

Основным критерием оценки фактического состояния маркшейдерских работ на предприятии является сравнительный анализ их соответствия требованиям Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Описание и анализ маркшейдерских работ выполняется в следующей последовательности:

– маркшейдерские работы на земной поверхности;

– маркшейдерские съемочные сети;

– маркшейдерские съемочные работы;

– ведение горно-графической документации;

– организация маркшейдерских работ.

Ниже приводится краткое содержание подразделов при различных видах добычи.

1.7.1. Маркшейдерские работы на земной поверхности

На земной поверхности горного предприятия независимо от вида добычи и стадии его развития выполняется определенный комплекс маркшейдерско-геодезических работ, обеспечивающий эффективную и безопасную работу предприятия. *Перечень основных видов работ*:

– создание и реконструкция маркшейдерских опорных сетей на поверхности (схема сети, кем и когда создана, соответствие современным требованиям по точности и надежности), необходимость дополнительного развития для обеспечения работы шахты (карьера) в настоящее время и в будущем;

– топографическая съемка земной поверхности и предъявляемые к ней требования. Способы съемки, точность и полнота содержания топографических планов земной поверхности;

– съемка складов полезных ископаемых, отвалов пород, хвосто- и шламохранилищ. Методы определения объемов складов и отвалов;

– маркшейдерские работы при рекультивации земель, нарушенных горными работами.

1.7.2. Маркшейдерские работы при подземной разработке пластовых и рудных месторождений

Описание и анализ маркшейдерских работ в шахте:

– подземные маркшейдерские опорные сети как главная полигонометрическая основа для выполнения всех видов съемки в шахте. Ориентирование и центрирование опорных сетей, угловые и линейные измерения, обработка подземных опорных сетей. Определение высот пунктов опорной сети;

– подземные маркшейдерские съемочные сети – основа для съемки горных выработок. Теодолитные, угломерные и буссольные ходы. Угловые и линейные измерения. Вычисление координат пунктов съемочных сетей. Определение высот пунктов съемочных сетей;

– маркшейдерские подземные съемочные работы, их основные виды и методика выполнения. Съемка подготовительных, нарезных выработок, взрывных скважин. Вертикальная съемка откаточных (рельсовых) и других транспортных путей. Съемка очистных забоев, камер и пустот;

– задание направления горным выработкам и контроль их проходки.

1.7.3. Маркшейдерские работы при открытой разработке пластовых, рудных и россыпных месторождений

Описание и анализ маркшейдерских работ в карьере (разрезе, дражном или гидравлическом полигоне):

– съемочные сети: способы, схемы, методика измерений и вычисление плановых координат пунктов съемочных сетей. Определение высот пунктов съемочных сетей;

– способы маркшейдерской съемки, периодичность ее выполнения, применяемые приборы и оборудование, комплекс полевых и камеральных работ, проводимых для определения положения горных выработок в плане и по высоте;

– маркшейдерские работы при проходке траншей, разбивке и съемке транспортных путей, при проведении буровзрывных работ;

– съемка отвалов вскрышных пород и складов полезного ископаемого.

1.7.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Описание и анализ маркшейдерских работ при разработке нефти и газа включает комплекс маркшейдерских работ на месторождениях, подземных хранилищах сырья, разведочных площадях и отдельных участках.

Критериями оценки фактического производства работ является их сравнение с требованиями технического проекта или программой маркшейдерских работ, утвержденными руководством организации и согласованными в установленном порядке.

Согласно указанным документам, в *дипломном проекте необходимо представить*:

– маркшейдерскую картографическую документацию, отображающую рельеф, гидрографию, населенные пункты, схему государственной геодезической и маркшейдерской сети, инженерные коммуникации, инженерные сооружения объектов по добыче, переработке и транспортированию нефти и газа;

– схему и методику создания опорных и съемочных сетей;

– маркшейдерско-геодезическую съемку с указанием погрешности определения положения на плане контуров снимаемых объектов относительно пунктов съемочного обоснования;

– подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру, решение задач переноса в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин и других сооружений;

– плановую и высотную привязку устьев скважин после монтажа буровой установки;

– анализ и оценку точности определения планового и высотного положения устьев скважин относительно пунктов съемочной сети;

– геомеханический мониторинг за осадками и деформациями земной поверхности и построенными на ней объектами. Количественную оценку геодинамических полигонов. Гидрогеологические и геокриологические исследования.

1.7.5. Маркшейдерские работы при строительстве горного предприятия

При строительстве горных предприятий маркшейдерские работы выполняются в строгом соответствии с проектной документацией и *включают*:

– проверку числовых значений и графической части проектных чертежей. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру с пунктов маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;

– детальные разбивочные работы при строительстве технологического комплекса на шахтной поверхности;

– работы при возведении зданий, сооружений и копров. Проверка правильности установки подъемных машин;

– работы при проходке вертикальных шахтных стволов, монтаж армировки;

– работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок, при проходке встречными забоями.

1.7.6. Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений (тоннелей, станций метрополитенов, камер большого сечения)

При строительстве тоннелей, станций метрополитенов и других *подземных сооружений маркшейдерско-геодезические работы* проводят в соответствии с проектной документацией с соблюдением требований инструктивных документов и *включают*:

– развитие маркшейдерско-геодезического обоснования (триангуляция, трилатерация или заменяющая их полигонометрия) без последующего сгущения ходами основной полигонометрии или при последующем сгущении для тоннелей, сооружаемых через порталы и штольни, а также для тоннелей, сооруженных через шахтные стволы. Оценку точности планового и высотного положения пунктов;

– схемы и методику проложения подходной полигонометрии от пунктов основной полигонометрии или от пунктов сети высшего порядка к шахтным стволам или порталам и штольням для производства ориентировок и различных разбивочных работ на промышленной площадке;

– способы ориентирования подземных маркшейдерских съемок с разработкой специализированных методик;

– схемы и методику создания подземной полигонометрии, состоящей из подходной – от шахтного ствола до основной трассы тоннеля, и рабочей – по перегонному тоннелю для производства разбивочных работ и задания направления проходки тоннеля, основной оси для контроля отклонения проходки тоннеля;

– маркшейдерские работы при сооружении тоннеля горным, щитовым способами или с помощью проходческих комплексов;

– наблюдения за деформациями дневной поверхности и подземных сооружений в процессе их строительства и эксплуатации;

– производство исполнительной съемки сооружений и составление исполнительной документации.

Графика к разделу 1.7

Демонстрационный материал по данному разделу может быть выполнен отдельно или совмещен с демонстрационным материалом разделов 1.2 и 1.3, т. е. необходимая информация и иллюстрации указываются или на геологическом плане, или на плане фактического со-

стояния горных работ, или на том и другом. Основная часть иллюстраций приводится в пояснительной записке (формат А4).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основным материалом для выбора темы специальной части дипломного проекта являются задачи производства, решением которых дипломник занимался в период производственных и преддипломной практик. Частичное решение этих задач могло быть выполнено студентом в курсовых работах и проектах. Тема специальной части проекта выбирается студентом самостоятельно по согласованию с руководителем и указывается в задании на дипломное проектирование. Объем и порядок ее выполнения определяется руководителем проекта. Специальная часть составляет около 30 % объема пояснительной записки.

В специальной части проекта рассматриваются наиболее актуальные вопросы, требующие подробных проектных разработок.

Основными направлениями дипломных проектов могут быть:

– развитие и совершенствование методики маркшейдерских работ в свете научно-технического прогресса;

– проект маркшейдерского обеспечения сбойки горных выработок;

– геометризация месторождения и горно-геометрический анализ горного производства;

– разработка и исследование новых приборов и инструментов;

– учет движения запасов, добычи, потерь и разубоживания;

– сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок;

– устойчивость бортов карьеров и отвалов;

– горное давление, горные удары и меры борьбы с ними;

– планирование развития горных работ;

– мероприятия по охране природы и недр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе «Заключение» дипломного проекта (дипломной работы) приводятся основные результаты принятых проектных решений, технико-экономические показатели и оценка полученных результатов.

Дается оценка уровня полученных в проекте основных результатов по сравнению с фактическими, средним уровнем и лучшими достижениями данной отрасли горной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Приводится полный перечень фактически использованных литературных источников по общепринятой в технической и специальной литературе форме: автор, наименование источника, издательство и год издания.

В тексте пояснительной записки на каждый литературный источник в обязательном порядке делается ссылка.

2. ОФОРМЛЕНИЕ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

2.1. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

2.1.1. Общие требования

Дипломные проекты (работы) оформляются согласно требованию межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 (2001) «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.850 (851 - 857) –75 «Горная графическая документация».

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода компьютера.

Пояснительная записка оформляется на листах белой писчей бумаги формата А4. Для данного формата следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

При наборе текста рекомендуется использовать основные системные гарнитуры шрифта Times New Roman Cyr. Размер основного шрифта – кегль 14 (или 16), межстрочный интервал – 1,5 (или 1,0). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15 мм.

Текст набирается с соблюдением следующих правил:

– все слова внутри абзаца разделяются только одним пробелом;

– перед знаками препинания пробелы не ставятся, после знака препинания – один пробел;

– между последней цифрой числа и обозначением единицы измерения следует оставлять один пробел (352 МПа, 40 м, 10 % и т. д.);

– при наборе должны различаться тире (–) и дефисы (-);

– между инициалами, после инициалов (перед фамилией), перед сокращениями и между ними ставится пробел (1999 г., т. д., т. е., Д. Н. Оглоблин и т. д.);

– выделения курсивом, полужирным, прописные, надстрочные и подстрочные буквы и цифры обеспечиваются средствами Word.

Нумерация страниц и приложений должна быть сквозная. Номера страниц проставляются внизу справа.

2.1.2. Порядок брошюровки работы

Пояснительная записка брошюруется в следующей последовательности: титульный лист, задание по дипломному проектированию выпускной квалификационной работы, реферат, содержание, введение, основные разделы, заключение, список литературы, приложения.

2.1.3. Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом дипломного проекта (работы). Титульный лист выполняют на листах формата А4.

Пример оформления титульного листа приведен ниже (с. 30).

2.1.4. Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами по центру строки.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример оформления реферата.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа специалиста – 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ОПОРНОЕ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, КАРЬЕР, ПОЛИГОНОМЕТРИЯ, ТРИАНГУЛЯЦИЯ, ТРИЛАТЕРАЦИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ, ТОЧНОСТЬ.

Целью работы являлось проведение сравнительного анализа методов создания опорного маркшейдерско-геодезического обоснования на карьерах.

Работы включали изучение технической литературы, предрасчет точности создания опорного обоснования различными методами.

В результате работы проанализированы эргономические и точностные характеристики современных методов создания опорного маркшейдерско-геодезического обоснования на карьерах.

Пример оформления титульного листа.

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра маркшейдерского дела

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
профессор, д-р техн. наук
_____ Гордеев В. А.
« 14 » мая 2018 г.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ БАЖЕНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Выпускная квалификационная работа специалиста

Руководитель,
ФИО (подпись)

Исполнитель, студент,
группы МД-13-1,
ФИО (подпись)

Екатеринбург – 2018

2.1.5. Требования к оформлению содержания

Содержание включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и страницы.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами.

Пример содержания приведен ниже.

Пример оформления содержания.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1 Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения 6
1.1 Общие сведения о районе месторождении 6
1.2 Геологическая характеристика месторождения 10
1.3 Гидрогеологические условия 14
2 Горнотехническая характеристика разработки месторождения 17
2.1 Фактическое состояние горных работ 18
2.2 Проект доработки горизонта 260 м 24
3 Безопасность производства 32
4 Экономические расчеты 32
5 Оценка воздействия горного производства на окружающую среду 46
6 Маркшейдерские работы при разработке месторождения 69
7 Специальная часть. Реконструкция опорных и съемочных сетей в шахте 75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 106
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема опорной сети 107

2.1.6. Требования к оформлению введения

Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Раздел «ВВЕДЕНИЕ» не нумеруется.

2.1.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки

Текст пояснительной записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами.

Например: 1. Общие сведения

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Например: 2.1. Фактическое состояние горных работ

Подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 2.2.1.1., 2.2.1.2., 2.2.1.3. и т. д.

Каждый пункт и подпункт записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слова в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервал.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.1.8. Изложение текста

Текст пояснительной записки должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных

требований в тексте должны применяться слова: «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «в случае» и т. п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например «применяют», «указывают» и т. п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

Если необходимо применение специфической терминологии, то перед списком литературы должен быть глоссарий – перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Глоссарий включают в содержание документа.

В тексте не допускается:

– применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

– применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

– применять произвольные словообразования;

– применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими государственными стандартами;

– сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры.

1. Провести измерение пяти линий, каждая длиной около 5 м.
2. Измерить 15 горизонтальных углов полигона.

Недопустимо переносить на разные строки или страницы единицу физической величины от числового значения.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

2.1.9. Требования к оформлению формул

Формулы набираются в редакторе формул, гарнитуры шрифтов: Times New Roman. При наборе формул рекомендуется использовать следующие размеры шрифтов (для формата А4): основной – кегль 16 (или 14), крупный индекс – кегль 12 (или 11); мелкий индекс – кегль 10 (или 8).

Латинские обозначения, кроме устойчивых форм, наименований типа max, min, cos, sin, tg, log, exp, det и т. д. набирают курсивом, русские, греческие обозначения и цифры – прямым шрифтом.

Математические символы в формулах набирают светлым курсивом, греческие и готические – светлым прямым. Матрицы и векторы набирают полужирным прямым. Химические символы (Cu, Mn и т. д.) – светлым прямым, сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (м, кВт, МПа и т. д.) – светлым прямым без точек. Числа и дроби в формулах всегда должны быть набраны прямым шрифтом. Перенос в формулах допускается делать на знаках соотношений (±, ≤, ≥, ... ≈), на отточии (...), на знаках (+) и (–), (×) с дублированием знака на другой строке.

Например: $f(x_1, x_2, \ldots x_n) =$

$= b_0 + b_y + \ldots + b_n.$

Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые приводятся ссылки в тексте. В зависимости от объема используется сквозная и индексационная нумерация формул, таблиц, рисунков. Индексационная нумерация используется, как правило, при делении текста на главы и параграфы.

В индексационном номере сначала арабскими цифрами указывают номер раздела, затем (после точки) ставится порядковый номер формулы в данном разделе. Номер формулы заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю печатного листа.

Например:

$$\lambda \approx \frac{2\pi}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{\pi}{f\mu\gamma}}; \qquad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1}{b}. \qquad (3.2)$$

Последовательность расшифровки буквенных обозначений (экспликация) должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле. После формулы перед экспликацией ставят запятую, пояснения каждого символа следует давать с новой строки. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример.

Плотность каждого образца, кг/м^3, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м^3.

Расшифровка дроби: сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

В формулах допускается использовать все виды скобок: (), [], {}. Высота скобок должна быть достаточной, чтобы охватывать находящееся в них выражение.

Основным знаком умножения является точка на средней линии. *Она ставится*:

а) между числовыми сомножителями: 20·75;

б) для выделения какого-либо сомножителя: 2·2*xy*·*z*;

в) для записи скалярного произведения векторов: $\boldsymbol{a}\cdot\boldsymbol{b}$;

г) между аргументом тригонометрической функции и буквенным обозначением: $a \cos x \cdot b \cos y$;

д) между знаком радикала и сомножителем: $\sqrt{y \cdot \alpha \sin x}$.

Точка как знак умножения не ставится:

а) между числом и буквенным символом 5*ab*;

б) перед скобками и после них (*b*+*c*)(*a*-*d*);

в) перед дробными выражениями и после них $\alpha \dfrac{\cos\alpha}{b} \dfrac{2}{\alpha}$;

г) перед знаком интеграла, радикала, логарифма: $2a \int \sin x \, dx$;

д) перед аргументом тригонометрической функции: arccos ω*t*.

Косой крест в качестве знака умножения ставят:

а) при указании размеров: 4,5×3 м;

б) при записи векторного произведения $\boldsymbol{a}\times\boldsymbol{b}$;

в) при переносе формулы на знаке умножения:

$$y = (x + 2) \times$$
$$\times (x + 4)^2.$$

Расположение формул в тексте

Наиболее важные, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения, интегрирования, располагают на отдельных строках, так же и все нумерованные формулы. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, выделенных из текста, можно помещать на одной строке, а не одну под другой. Небольшие и несложные формулы, не имеющие самостоятельного значения, размещают внутри строк текста.

На все нумерованные формулы обязательно должны быть ссылки. Они оформляются в той же графической форме, что и после формулы, т. е. арабскими цифрами в круглых скобках.

Например: в формуле (3.7); из уравнения (5.4) вытекает... и т. д.

Следует знать и правила пунктуации в тексте с формулами. Формулы включаются в предложение как его равноправный элемент, поэтому в конце формулы и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулами ставят:

а) после обобщающего слова;

б) если этого требует построение текста, предшествующего формуле.

Многоточие применяется при пропуске членов в ряду суммирования, вычитания или равенства. При этом знаки операции ставятся и перед многоточием и после него:

$$f(x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n) = b_1 + b_2 + \ldots + b_n.$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (П.1).

2.1.10. Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового или графического материала или в таблице, к которой относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

2.1.11. Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 1 – Схема полигона».

Подписи к иллюстрациям рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основного текста.

Экспликацию и легенду рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основной подписи. Экспликация обычно пишется с новой строки. Перед экспликацией ставится двоеточие, между элементами экспликации – точка с запятой.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например: Рисунок А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например: Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» – при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования – в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например – «Рисунок 1 - Схема полигона».

2.1.12. Требования к оформлению таблиц

Название таблицы печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на один – два интервала.

Например:

Таблица 1 – Сводные данные.

При переносе части таблицы на другие страницы название не повторяют.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обо-

значена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Текст таблицы и выводы печатаются более мелким шрифтом, чем основной текст:

Основной текст – кегль 16 (14)
Текст таблицы – кегль 14 (12)
Текст головки таблицы – кегль 13 (11)
Примечания к таблице – кегль 13 (11).

В одноярусной головке таблицы все заголовки пишут с прописной буквы, в двух- и многоярусной головке заголовки верхнего яруса пишут с прописной буквы, а заголовки последующих ярусов – с прописной, если они грамматически не подчинены стоящему над ними заголовку верхнего яруса, и со строчной, если грамматически подчинены стоящему над ними заголовку.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Например:
Химический состав стали должен соответствовать нормам табл. 1.

Таблица 1 - Химический состав, %

Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Медь	Никель	Сера	Фосфор
			не более				
0,12 – 0,18	0,5 – 1,7	0,4 – 0,7	0,05 – 0,1	0,3	0,3	0,04	0,035

2.1.13. Требования к оформлению списка литературы

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т. д., материал которых использован при составлении пояснительной записки. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка включает следующие элементы:

– заголовок описания – фамилия, инициалы автора (авторов);

– основное заглавие – название издания (книги, статьи и т. п.);

– место издания – название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М., Ленинград – Л., Санкт-Петербург – СПб.;

– издательство – наименование издательства приводят, как правило, в сокращенной форме – Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

– год издания – обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографического описания

Издание одного автора

Булычёв, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Издание с количеством авторов более трех

Сидоров, А. В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / А. В. Сидоров [и др.]. – Уфа: УГАТУ, 2000. – 80 с.

Методические указания

Давление и сдвижение горных пород и охрана сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 «Маркшейдерское дело» / сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Издание под заглавием

Глубинное строение и геодинамика литосферы / под ред. А. А. Смыслова. – Л.: Недра, 1983. – 276 с.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него)

проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке, и, в необходимых случаях, – страницы, например:

[18, т. I, с.75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И. Н., 1965]

2.1.14. Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст пояснительной записки, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах форматов А3, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

2.2. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.2.1. Общие требования

Демонстрационные материалы выпускных квалификационных работ могут выполняться при необходимости в виде демонстрационных чертежей или в электронном виде (мультимедийная презентация) для демонстрации на экран с использованием мультимедийного проектора.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения результатов выполненной работы.

2.2.2. Требования к оформлению демонстрационных материалов в электронном виде

2.2.2.1. Требования к файлу презентации

Файл должен быть создан в формате Microsoft PowerPoint. Допускается внедрение объектов в формате Microsoft Office.

Файл может быть представлен в упакованном виде, позволяющем раскрывать его стандартными приложениями операционной системы Windows.

Видеосюжеты, внедренные в презентацию, должны воспроизводиться стандартным проигрывателем Windows Media, установленным в операционной системе Windows.

При создании файла презентации необходимо использовать стандартные шрифты Windows.

2.2.2.2. Требования к носителю информации

Презентация должна быть представлена на компакт-диске (CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW в формате ISO 9660, стандарт ISO CD-ROM) или на Flash Drive (USB), распознаваемом операционной системой Windows, без установки дополнительных драйверов.

Рекомендуется при защите дипломного проекта (работы) иметь резервную копию презентации на альтернативном носителе.

2.2.3. Требования к оформлению демонстрационных чертежей

Демонстрационные чертежи выполняются на листах формата А1 белой плотной бумаги (ватмана). Рамки на листах не проводятся.

Заголовок (название чертежа) располагают в верхней части листа по центру. Размер букв заголовка 30 – 40 мм. Толщина линий при написании букв 3 – 6 мм.

На одном листе при необходимости можно размещать несколько чертежей с отдельными заголовками. При размещении на демонстрационных материалах карт, планов, разрезов и других графических документов их следует выполнять с соблюдением требований стандарта «Горная графическая документация».



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. П. Жданова, Т. С. Озерова

КРАТНЫЕ, КРИВОЛИНЕЙНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

Методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех
специальностей очного обучения

Екатеринбург
2019

Ж 42

Рецензент: В. Я. Раевский, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории теоретической физики ИФМ.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры математики 16.10. 2018 г. (протокол № 134) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Жданова Н. П., Озерова Т. С.

Ж42 КРАТНЫЕ, КРИВОЛИНЕЙНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ: методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ. Н. П. Жданова, Т. С. Озерова; Уральский государственный горный университет. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 85 с.

В методических указаниях с единых позиций изложены понятия кратных криволинейных и поверхностных интегралов. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных работ. Кратко изложены элементы теории поля.

После изучения теории и решений типовых задач, студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ. Все задачи снабжены ответами.

Методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ предназначены студентам всех специальностей очного обучения для изучения темы: «Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……4

I. КРАТНЫЕ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ 5
1. Понятие интеграла от скалярной функции 5
2. Основные свойства интегралов. 10
3. Вычисление интегралов. 10
3.1 Определенный интеграл. 10
3.2 Криволинейный интеграл. 10
3.3 Двойной интеграл. 11
3.4 Поверхностный интеграл второго рода. 14
3.5 Тройной интеграл. 15

II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛОВ …16
1. Длина дуги кривой. 17
2. Площадь плоской области. 17
3. Площадь поверхности 17
4. Объем тела 17
5. Масса распределенная в заданной области. 18

III. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ 19
1. Понятие поля. 19
2. Векторные линии. 20
3. Работа силового поля. Криволинейный интеграл второго рода. Циркуляция вектора вдоль замкнутого контура. 20
4. Поток вектора через поверхность. 22
4.1 Вектор площадки. 22
4.2 Понятие потока вектора через поверхность 24
4.3 Гидродинамический смысл потока вектора через поверхность. Поток жидкости через поверхность. 24
4.4 Поток вектора через плоскую кривую L. 26
4.5 Свойства и вычисление потока вектора через поверхность. 26
5. Оператор Гамильтона «набла». 29
6. Дивергенция векторного поля. 29
7. Ротор (вихрь) векторного поля. 31
8. Потенциальное векторное поле. 32
8.1 Плоское потенциальное поле. 33

IV. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ 34
1. Вычисление и применение двойного интеграла. 34
2. Вычисление и применение тройного интеграла. 45
3. Вычисление и применение поверхностного интеграла первого рода. 48
4. Вычисление и применение криволинейного интеграла. 53

V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 60

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 90

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания по теме «Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы» предназначены для самостоятельной работы студентов. Методические указания удовлетворяют всем требованиям государственного образовательного стандарта по подготовке дипломированных специалистов .В методических указаниях с единых позиций изложены понятия кратных криволинейных и поверхностных интегралов. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных и самостоятельных работ. Кратко изложены элементы теории поля.

После изучения теории и решений типовых задач, студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ. Все задачи снабжены ответами.

I. КРАТНЫЕ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

1. Понятие интеграла от скалярной функции

Пусть Q – и замкнутая ограниченная часть пространства. Это может быть отрезок [*a, b*] оси *Ox*, дуга плоской или пространственной кривой, часть плоскости или кривой поверхности, трехмерная область. Пусть в каждой точке *M* области Q задана непрерывная функция *u=f(M)*.

1. Мысленно разобьем область Q на n элементарных частей $\Delta Q_i, i = \overline{1,n}$ и найдем геометрическую меру каждой из частей, обозначив ее тоже ΔQ_i (это длина элементарного отрезка Δx_i оси *Ox* или элементарной части дуги Δl_i кривой, площадь ΔS_i элементарной части плоской области или $\Delta\sigma_i$ - площадь элементарной части поверхности: Δv_i - объем элементарной части трехмерной области).

2. На каждой элементарной части ΔQ_i возьмем произвольную точку M_i и вычислим значения функции в выбранных точках $U_i=f(M_i)$.

3. Составим произведения ($U_i \cdot \Delta Q_i = F(M_i) \cdot \Delta Q_i$) и найдем сумму всех произведений:

$$f(M_1) \cdot \Delta Q_1 + f(M_2) \cdot \Delta Q_2 + ... + f(M_i) \cdot \Delta Q_i + ... + f(M_n) \cdot \Delta Q_n = \sum_{i=1}^{n} f(M_i) \cdot \Delta Q_i$$

– интегральная сумма функции $f(M)$ в области Q.

4. Назовем диаметром diam (ΔQ_i) элементарной области ΔQ_i наибольшее расстояние между точками ее границы. Из всех полученных диаметров $i = \overline{1,n}$ выберем максимальный и назовем его рангом λ данного разбиения:

$$\lambda = \max_i diam\,(\Delta Q_i)\,.$$

Уменьшая ранг, составим последовательность интегральных сумм.

Если область Q имеет геометрическую меру (длину, площадь, объем) и функция $U_i=f(M_i)$ непрерывна в области Q, то при $\lambda \to 0$ существует предел последовательности интегральных сумм $\lim\limits_{\lambda \to 0} \sum\limits_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i$, равный числу J, независимо от способа разбиения области Q на элементарные части и от выбора точек M_i на

каждой из частей. Число J называется интегралом от функции $f(M)$ по области Q и обозначается символом $\int\limits_Q f(M)dQ,$ т. е. $\lim\limits_{\lambda\to 0}\sum\limits_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i = \int\limits_Q f(M)dQ,$ Q называется областью интегрирования; $f(M)$ – подынтегральной функцией, dQ – элементом геометрической меры области Q; (dx – элемент длины отрезка $[a, b]$ оси Ox; dl – элемент длины дуги плоской или пространственной кривой; ds – элемент площади плоской области; $d\sigma$ – элемент площади поверхности; dv – элемент объема).

Тип интеграла различают по типу элемента dQ:

1. Если $Q=[a, b]$ – отрезок оси Ox, получим определенный интеграл $\int\limits_a^b f(x)dx$.

2. Если $Q = \breve{AB}$ - дуга плоской кривой, получим $\int\limits_L f(M)dl = \int\limits_L f(x,y)dl.$

Если $Q = \breve{AB} = L$ – дуга пространственной кривой, то $\int\limits_L f(M)dl = \int\limits_L f(x,y,z)dl$.

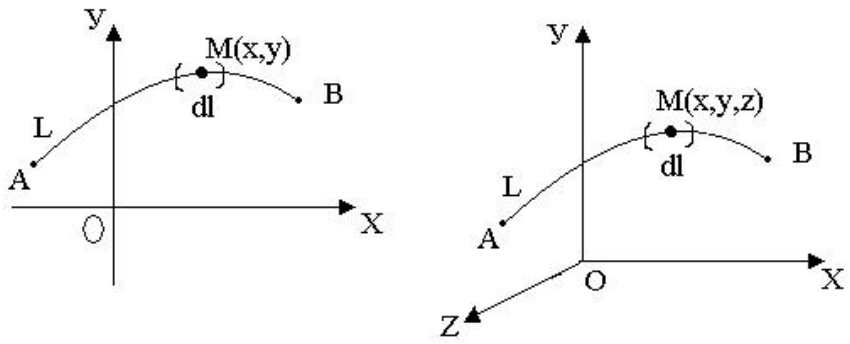


Рис. 1.1

Эти интегралы называются криволинейными интегралами первого рода или криволинейными интегралами по длине дуги кривой.

3. Q – область плоскости xOy.

$\int\limits_Q f(M)ds = \iint\limits_Q f(x,y)ds = \iint\limits_Q f(x,y)dxdy$ - двойной интеграл.

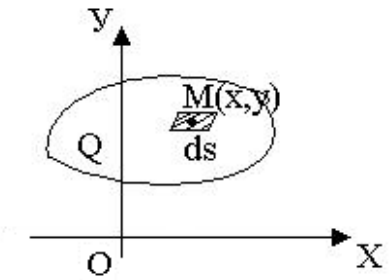


Рис. 1.2

4. Q – часть кривой поверхности

$\int\limits_{Q} f(M)d\sigma = \iint\limits_{Q} f(x,y,z)d\sigma$ - поверхностный интеграл первого рода (по площади поверхности).

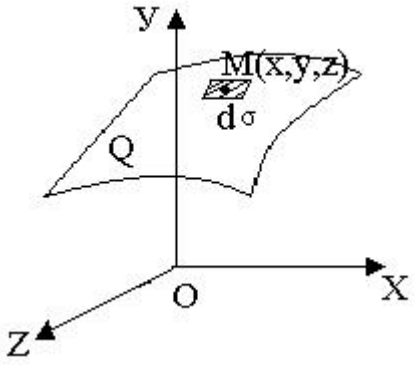


Рис. 1.3

5. Q – область в трехмерном пространстве (называется телом).

$\int\limits_{Q} f(M)dv = \iiint\limits_{Q} f(x,y,z)dv = \iiint\limits_{Q} f(x,y,z)dxdydz$ - тройной интеграл.

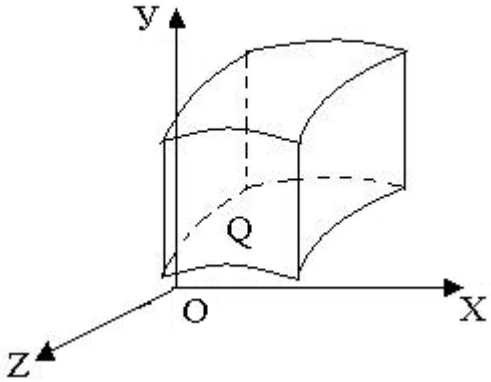


Рис. 1.4

В технических дисциплинах для обозначения интегралов используют все приведенные выше символы. Мы используем символы в правых частях равенств.

2. Основные свойства интегралов

1) $\int\limits_Q (U_1 \pm U_2)dQ = \int\limits_Q U_1 dQ \pm \int\limits_Q U_2 dQ$;

2) $\int\limits_Q AUdQ = A\int\limits_Q UdQ,$ если A=const;

3) Если Q разбить на части Q_1 и Q_2, то $\int\limits_Q UdQ = \int\limits_{Q_1} UdQ + \int\limits_{Q_2} UdQ$;

4) $\int\limits_Q dQ = Q$ - мера области Q (длина, площадь, объем).

5) Если $U_1 \le U_2$, то $\int\limits_Q U_1 dQ \le \int\limits_Q U_2 dQ$.

6) Оценка интеграла: $Q \cdot U_{\min} \le \int\limits_Q UdQ \le Q \cdot U_{\max}$, где Q – мера области Q; $U_{\min}$ и $U_{\max}$ – наименьшее и наибольшее значения функции $U=f(M)$ в области Q.

7) Средним значением функции $U=f(M)$ называют число $\overline{U} = \frac{1}{Q}\int\limits_Q UdQ$. Непрерывная функция $U=f(M)$ принимает значение $\overline{U}$ хотя бы в одной точке M_0 области Q. $U_{\min} \le \overline{U} \le U_{\max}$.

3. Вычисление интегралов

3.1. Определенный интеграл

$$\int\limits_a^b f(x)dx = F(x)\Big|_a^b = F(b) - F(a), \qquad (1)$$

где $F(x)$ – первообразная от функции $f(x)$, т. е. $F'(x) = f(x)$.

3.2. Криволинейный интеграл

Криволинейный интеграл $\int\limits_L f(x,y)dl$ или $\int\limits_L f(x,y,z)dl$ преобразуют в определенный интеграл. Для этого все переменные и дифференциалы в подынтегральном выражении заменяют из уравнений кривой через одну переменную и ее

дифференциал и вычисляют получившийся интеграл по интервалу изменения выбранной переменной на дуге L.

а) Если кривая задана параметрически $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \varphi(t), \alpha \le t \le \beta \end{cases}$,

то

$$\int_L f(x,y)dl = \int_a^b f(\varphi(t),\psi(t)) \cdot \sqrt{(\varphi'(t))^2 + (\psi'(t))^2}\, dt \qquad (2)$$

б) Если L – график функции $y=g(x)$ и $a \le x \le b,$ то

$$\int_L f(x,y)dl = \int_a^b f(x,g(x)) \cdot \sqrt{1 + (g'(x))^2}\, dx \quad . \qquad (3)$$

в) Если L: $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \varphi(t) \\ z = \theta(t), \alpha \le t \le \beta \end{cases}$, то

$$\int_L f(x,y,z)dl = \int_a^b f(\varphi(t),\psi(t),\theta(t)) \cdot \sqrt{(\varphi'(t))^2 + (\psi'(t))^2 + (\theta'(t))^2}\, dt. \qquad (4)$$

Замечание

В определенных интегралах нижний предел нужно брать меньше верхнего.

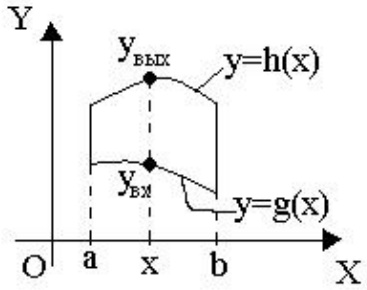
3.3. Двойной интеграл

$\iint_D f(x,y)\,ds$ приводим к двукратному интегралу.

1. Двойной интеграл в прямоугольных координатах.

Пусть область D ограничена прямыми $x=a;\ x=b;\ (a<b)$ и графиками функций $y=g(x);\ y=h(x)$, причем обе функции непрерывны на отрезке $[a;b]$ и, $g(x) \le h(x)$ тогда

$$\iint_D f(x,y)ds = \int_a^b \left(\int_{g(x)}^{h(x)} f(x,y)dy \right) dx. \qquad (5)$$



В правой части равенства двукратный интеграл. Очевидно, что сначала нужно вычислить «внутренний интеграл» $\int_{g(x)}^{h(x)} f(x,y)dy$. Рассматривая x как постоянную величину, получим функцию от x, затем эту функцию проинтегрировать по x в пределах от a до b. Если область D ограничена прямыми $y=a$; $y=b$ и графиками функций $x=g(y)$, $x=h(y)$, $g(y) \le h(y)$, то

$$\iint_D f(x,y)ds = \int_a^b \left(\int_{g(y)}^{h(y)} f(x,y)dx \right) dy. \qquad (6)$$

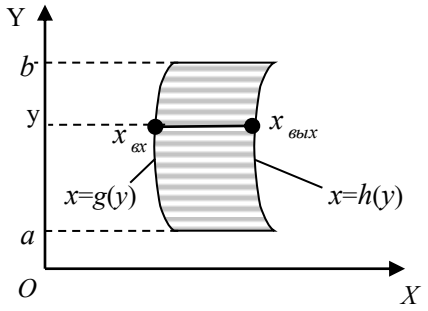


Рис. 3.2

При вычислении внутреннего интеграла в этом случае нужно считать y – постоянной величиной. Заметим, что границы «внешнего интеграла» всегда постоянны. Переход от формулы (5) к формуле (6) или от формулы (6) к формуле (5) называют изменением порядка интегрирования.

Если область D не удовлетворяет условиям формул (5) или (6), то ее разбивают на части.

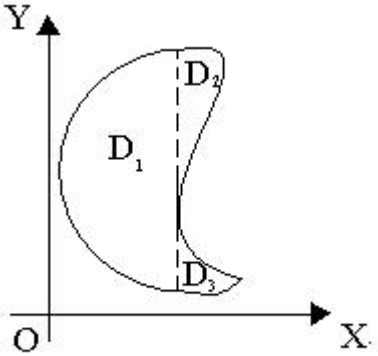


Рис. 3.3

2. Двойной интеграл в полярных координатах.

Чтобы в двойном интеграле перейти к полярным координатам нужно:

1) Совместить прямоугольную и полярную системы координат так, чтобы начало прямоугольных координат совпадало с полюсом *0*, а ось *Ox* с полярной осью *0ρ*.

2) Заменить в подынтегральном выражении *x, y* и *ds* по формулам: $x=\rho\cos\varphi$, $y=\rho\sin\varphi$, $ds=\rho d\varphi d\rho$ и получить:

$$\iint\limits_D f(x,y)ds=\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho. \qquad (7)$$

3) По этим же формулам заменить *x* и *y* на ρ и φ в уравнении каждой границы области *D*, потом уравнения решить относительно ρ, получив уравнение вида $\rho=g(\varphi)$. Если в уравнении границы нет *ρ*, решить уравнение относительно *φ*, получить $\varphi=\alpha$, $\varphi=\beta$.

4) Пусть область интегрирования *D* ограничена лучами $\varphi=\alpha$, $\varphi=\beta$, $(\alpha<\beta)$ и графиками функций $\rho=g(\varphi)$, $\rho=h(\varphi)$, $g(\varphi)\le h(\varphi)$.

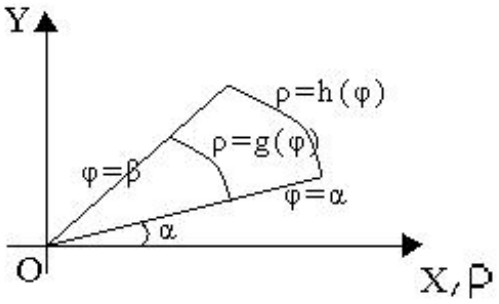


Рис. 3.4

Тогда

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho=\int\limits_\alpha^\beta\left(\int\limits_{g(\varphi)}^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\rho\right)d\varphi. \qquad (8)$$

При вычислении «внутреннего» интеграла переменная φ временно считается постоянной. В частности, если полюс принадлежит границе области, получим

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho=\int\limits_\alpha^\beta\left(\int\limits_0^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\rho\right)d\varphi. \qquad (8\ \text{а})$$

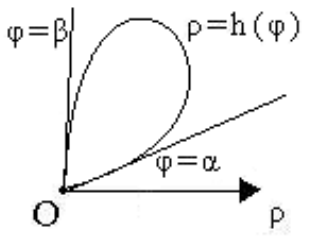


Рис. 3.5

Если полюс находится внутри области, получим:

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho = \int\limits_0^{2\pi}\left(\int\limits_0^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\rho\right)d\varphi \qquad (8\ б)$$

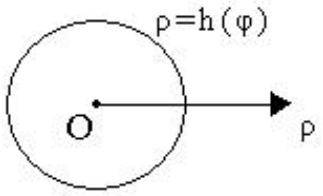


Рис. 3.6

3.4. Поверхностный интеграл первого рода

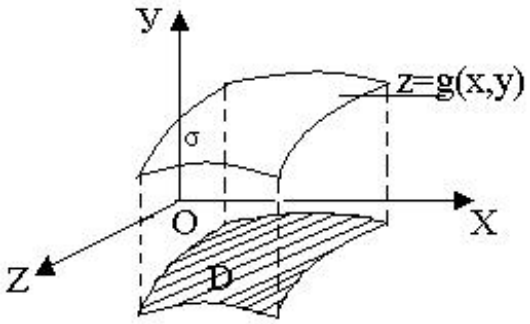


Рис. 3.7

Пусть поверхность σ задана уравнением $z=g(x,y)$. Чтобы вычислить поверхностный интеграл $\iint\limits_\sigma f(x,y,z)d\sigma$, нужно:

1) Найти проекцию поверхности σ на координатную плоскость *xOy*, получить область *D*.

2) Заменить в подынтегральном выражении z и $d\sigma$ по формулам: $z = g(x,y), d\sigma = \sqrt{1+\left(g'_x(x,y)\right)^2+\left(g'_y(x,y)\right)^2}\,ds,$ получить и вычислить двойной интеграл по области D (в плоскости xOy):

$$\iint\limits_{\sigma} f(x,y,z)d\sigma = \iint\limits_{D} f(x,y,g(x,y))\cdot\sqrt{1+\left(g'_x(x,y)\right)^2+\left(g'_y(x,y)\right)^2}\,ds\,. \qquad (9)$$

Если уравнение поверхности $x=g(y,z)$, то находят проекцию поверхности G на плоскость yOz. Если уравнение поверхности $y=g(x,z)$, то находят проекцию поверхности G на плоскость xOz.

3.5. Тройной интеграл

Вычисление тройного интеграла $\iiint\limits_{G} f(x,y,z)dv$ сводится к последовательному вычислению «внутреннего» определенного интеграла и «внешнего» двойного интеграла по области D – проекции области G на координатную плоскость.

Пусть в трехмерном пространстве $Oxyz$ область G ограничена сверху поверхностью $z=q(x,y)$, снизу – поверхностью $z=p(x,y)$, а с боков – цилиндрической поверхностью, образующие которой параллельны оси oz (эта граница может отсутствовать). Найдем D – проекцию области G на плоскость Oxy.

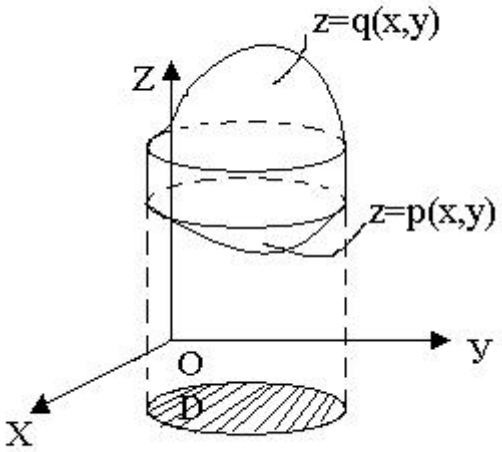


Рис. 3.8

$$\iiint_G f(x,y,z)dv = \iint_D \left(\int_{p(x,y)}^{q(x,y)} f(x,y,z)dz \right) ds \ . \qquad (10)$$

Сначала вычисляют внутренний интеграл $\int_{p(x,y)}^{q(x,y)} f(x,y,z)dz$, считая временно x и y постоянными величинами и получают функцию двух переменных x и y, потом от этой функции вычисляют «внешний» двойной интеграл, подобрав удобную для вычисления этого интеграла формулу. Иногда удобнее проецировать тело на плоскость Oxz или Oyz.

II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью интегралов можно найти величину T, связанную с некоторой областью Q и обладающую двумя свойствами:

1) При разбиении области Q на элементарные части ΔQ_i величина T тоже разбивается на элементарные части ΔT_i, причем $T = \sum_{i=1}^{n} \Delta T_i$. Такие величины называются аддитивными.

2) ΔT_i приблизительно пропорциональна мере ΔQ_i, т. е. $\Delta T_i \approx k \cdot \Delta Q_i$. Для каждого i коэффициент k постоянен и связан с ΔQ_i, т. е. $K=f(M_i)$, где $M_i \in \Delta Q_i$.

Тогда приближенные значения $T \approx \sum_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i$ и точное значение

$$T = \lim_{\lambda \to 0} \sum_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i = \int_Q f(M)dQ, \qquad \lambda = \max_i (diam\, \Delta Q_i).$$

Величину T, обладающую этими свойствами, можно найти проще, если взять элемент dQ области Q и найти формулу элемента dT величины T, т. е. получить $dT=f(M)dQ$, где $M \in dQ$. Тогда $T = \int_Q f(M)dQ$.

1. Длина дуги кривой

1) Если плоская кривая задана параметрически

$L:\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}, \alpha \le t \le \beta,$ то длина дуги

$$l = \int_L dl = \int_\alpha^\beta \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2}\, dt\,. \tag{11}$$

Для пространственной кривой $L:\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t), \\ z = z(t) \end{cases} \alpha \le t \le \beta,$

$$l = \int_L dl = \int_\alpha^\beta \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2 + (z'(t))^2}\, dt\,. \tag{11a}$$

2) Если плоская кривая – график функции $y=g(x)$, $a \le x \le b$, то

$$l = \int_L dl = \int_a^b \sqrt{1 + (g'(x))^2}\, dx\,. \tag{11$б$}$$

2. Площадь плоской области

$$S = \iint_D dS\,. \tag{12}$$

В прямоугольных координатах

$$S = \iint_D dxdy\,. \tag{12а}$$

В полярных координатах

$$S = \iint_D \rho d\varphi d\rho\,. \tag{12б}$$

3. Площадь поверхности

$$S = \iint_\sigma d\sigma = \iint_D \sqrt{1 + \left(g_x'(x,y)\right)^2 + \left(g_y'(x,y)\right)^2}\, ds, \text{ где } D = \underset{oxy}{up}\sigma\,. \tag{13}$$

4. Объем тела

1. $V = \iiint_G dV\,.$ (14)

2. Объем цилиндрического тела с основанием на координатной плоскости *xOy*, ограниченного сверху поверхностью *z=f(x,y)*, можно вычислить с помощью двойного интеграла.

$$V = \iint_D g(x, y)ds\,. \qquad (14а)$$

5. Масса, распределенная в заданной области

Говорят, что масса непрерывно распределена в области *Q*, если каждой мысленно выделенной части *ΔQ* этой области соответствует значение массы *Δm*. При этом масса отдельно взятой точки равна нулю.

Пусть точка $M \in \Delta Q \subset Q$. Плотностью распределения массы в точке *M* области *Q* называют величину δ:

$$\delta = \lim_{\mathrm{diam}(\Delta Q)\to 0} \frac{\Delta m}{\Delta Q}\quad , \qquad (15)$$

причем *ΔQ* все время содержит точку *M*.

Если масса распределена на дуге кривой, получаем линейную плотность, на поверхности – поверхностную плотность, в трехмерной области – плотность. Так как масса распределена неравномерно, то плотность в точке является функцией точки $\delta=\delta(M)$.

Из определения плотности массы (15) следует, что элемент массы равен $\Delta m \approx \delta \cdot \Delta Q$ или $dm=\delta dQ$, тогда масса, распределенная в области *Q* с плотностью $\delta=\delta(M)$:

$$m = \int_Q \delta dQ = \int_Q \delta(M)dQ\,. \qquad (16)$$

Аналогично вводят понятие плотности заряда в диэлектрике, плотности энергии электромагнитного поля и др. Все эти величины находят по формуле (16). Так, если электрический заряд *q* распределен в области *Q* с плотностью заряда $\lambda=\lambda(M)$, то

$$q = \int_Q \lambda(M)dQ\,. \qquad (17)$$

Частные случаи распределения массы:

а) масса, распределенная с плотностью δ на дуге L кривой.

$$m = \int_L \delta(x, y)dl \text{ - для плоской кривой;}$$

$$m = \int_L \delta(x, y, z)dl \text{ - для пространственной кривой;} \qquad (16а)$$

б) масса, распределенная с поверхностной плотностью δ по области D:

$$m = \iint_D \delta(x, y)ds; \qquad (16б)$$

в) масса, распределенная с поверхностной плотностью δ по части σ кривой поверхности:

$$m = \iint_\sigma \delta(x, y, z)d\sigma; \qquad (16в)$$

г) масса, распределенная с плотностью δ в трехмерной области G:

$$m = \iiint_G \delta(x, y, z)dv. \qquad (16г)$$

III. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ

1. Понятие поля

Если с каждой точкой $M \in G$ связано определенное значение величины U, то говорят, что в области G задано поле величины U.

Поле называется скалярным, если U – скаляр (температура, плотность, электрический потенциал и др.) и векторным, если U – вектор (сила, скорость, напряженность и др.).

Поле называется стационарным (установившимся), если оно не меняется с течением времени.

Поле не зависит от системы координат, введенной в области G. Рассмотрим прямоугольную систему координат, тогда задание скалярного поля равносильно заданию в области G скалярной функции $U=f(x,y,z)$ или $U=f(x,y)$, если G – область в плоскости xOy. Задание векторного поля равносильно заданию в каждой точке $M(x, y, z) \in G$ векторной функции

$$\vec{U}(M) = P(x, y, z)\,\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}.$$

Свойства скалярного поля, его линий уровня, производной по направлению и градиента рассматривались в разделе «Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных».

В этом разделе рассмотрим свойства стационарного векторного поля. В дальнейшем функции $P(x, y, z)$, $Q(x, y, z)$, $R(x, y, z)$ и их производные считаем непрерывными в области G.

2. Векторные линии

Векторной линией векторного поля называют линию, в каждой точке M которой вектор $\vec{U}(M)$ направлен по касательной к линии.

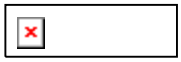
Мы не рассматриваем, как найти векторные линии.

Если $\vec{U}(M) = P(x, y, z)\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}$ и в каждой точке поля функции P, Q, R одновременно не обращаются в нуль и непрерывны вместе со всеми своими частными производными первого порядка, то через каждую точку поля проходит единственная векторная линия, т. е. вся область G заполнена векторными линиями. По виду векторных линий получают информацию о структуре поля. Если $\vec{U}(M)$ - стационарное поле текущей жидкости, то векторные линии являются траекториями частиц жидкости и называются линиями тока. Если $\vec{U}(M)$ - вектор силы, то векторные линии называются силовыми линиями и т. д. Множество всех векторных линий, проходящих через точки поверхности σ, образует векторную трубку.

3. Работа силового поля. Криволинейный интеграл второго рода

Циркуляция вектора вдоль замкнутого контура

Пусть в каждой точке плоскости xOy (или области D) определен вектор силы $\vec{F}(M) = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j},$ образующий векторное поле. И пусть материальная точка *(m=1)* перемещается в этом поле по гладкой кривой L из начала в конец дуги L. При перемещении материальной точки сила $\vec{F}$ производит работу A.

Возьмем на дуге L произвольную точку M. При бесконечно малом перемещении  из точки M по дуге кривой силу можно считать постоянной и равной $\vec{F}(M)$, поэтому соответствующая элементарная работа равна скалярному произведению $dA = \vec{F}(M) \cdot d\vec{r} = P(x,y)dx + Q(x,y)dy$. Суммируя элементарные работы, получаем общую работу, производимую силой $\vec{F}$, когда материальная точка проходит путь L:

$$A = \int_L dA = \int_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy. \qquad (18)$$

Полученный интеграл от векторной функции $\vec{F}(M)$ по кривой L называется криволинейным интегралом второго рода или криволинейным интегралом по координатам. Чтобы вычислить интеграл, нужно задать поле $\vec{F}(M)$, уравнение дуги кривой L и указать направление движения по кривой L (начало и конец пути).

Для вычисления интеграла $\int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy$ все переменные и дифференциалы в подынтегральном выражении заменяют из уравнения кривой через одну переменную и ее дифференциал. Находят интервал изменения выбранной переменной на дуге L и вычисляют полученный определенный интеграл.

Если L задана параметрически $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \psi(t) \end{cases}$ и t изменяется от α до β

(α соответствует началу пути интегрирования, β – концу), то

$$\int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy = \int_\alpha^\beta (P(\varphi(t),\psi(t))\varphi'(t) + Q(\varphi(t),\psi(t))\psi'(t))dt). \qquad (18а)$$

Если L – график функции $y=f(x)$ и x изменяется от a до b, то

$$\int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy = \int_a^b (P(x,f(x)) + Q(x,f(x))f'(x))dx. \qquad (18б)$$

При изменении направления движения по L интеграл изменяет только знак (другие свойства интеграла в разделе I). Если поле $\vec{F}(M)$ и L заданы в трехмерном пространстве, получим:

$$A = \int_L dA = \int_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x,y,z)dx + Q(x,y,z)dy + R(x,y,z)dz, \qquad (19)$$

который вычисляется по тому же правилу.

Если $\vec{U}(M) = P(x,y,z)\vec{i} + Q(x,y,z)\vec{j} + R(x,y,z)\vec{k}$ - произвольное векторное поле, а L – замкнутый контур, то интеграл

$$\oint_L \vec{U}(M) \cdot d\vec{r} = \oint_L P(x,y,z)dx + Q(x,y,z)dy + R(x,y,z)dz \qquad (20)$$

называется циркуляцией векторного поля $\vec{U}(M)$ или циркуляцией вектора $\vec{U}(M)$ вдоль замкнутого контура L.

Циркуляция вектора – величина скалярная, положительная, отрицательная или равная нулю.

4. Поток вектора через поверхность

4.1. Вектор площадки

Двусторонняя поверхность в пространстве называется ориентированной, если указано, какая ее сторона считается наружной, а какая внутренней. Можно рассматривать разные способы ориентации, например:



Рис. 4.1

Часто при рассмотрении элементарной части, содержащей точку *M* ориентированной поверхности, важна только площадь этой части, а ее форма (круг, прямоугольник и т. д.) не играет никакой роли. Тогда эту часть поверхности изображают нормальным вектором поверхности, направленным от внутренней стороны поверхности к внешней, модуль, которого равен площади этой элементарной части поверхности.

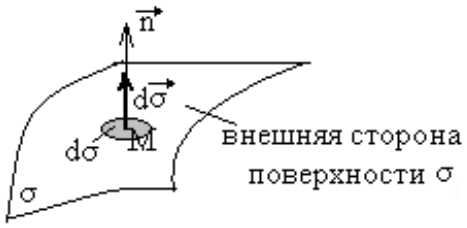


Рис. 4.2

Такой вектор называют вектором площадки (или векторной площадью площадки) в точке *M*. Если площадь выбранной площадки равна *d*σ, то вектор обозначают $d\vec{\sigma}$. Если найден единичный вектор внешней нормали поверхности $\bar{n} = (\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma)$, то вектор площадки

$$d\bar{\sigma} = \bar{n} \cdot d\sigma = \left(\bar{i}\cos\alpha + \bar{j}\cos\beta + \bar{k}\cos\gamma\right)d\sigma. \qquad (21)$$

В частности, dl - вектор кривой в точке *M* направлен по нормали к кривой в выбранную сторону, причем модуль вектора равен дифференциалу длины дуги кривой $dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}$. Так как вектор $\vec{dr} = (dx, dy)$ направлен по касательной к кривой и в точке *M*(*x*,*y*) и модуль $\left|\vec{dr}\right| = dl$, то вектор кривой $\vec{dl}$ можно взять равным $\vec{dl} = (dy, -dx)$ или $\vec{dl} = (-dy, dx)$, потому что в этом случае скалярное произведение $\left(\vec{dr}, \vec{dl}\right) = 0$, значит $\vec{dl} \perp \vec{dr}$, т. е. $\vec{dl}$ направлен по нормали к кривой *L* и $\left|\vec{dl}\right| = \sqrt{(\pm dy)^2 + (\mp dx)^2} = \sqrt{(dy)^2 + (dx)^2} = dl$.

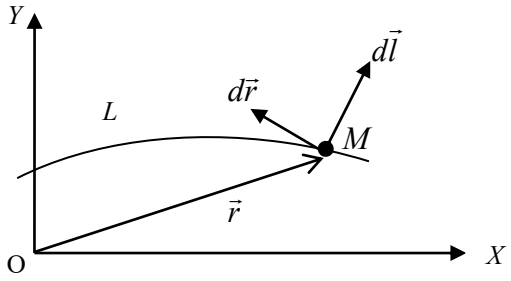


Рис. 4.3

4.2. Понятие потока вектора через поверхность

Пусть в области G задано векторное поле $\vec{U}(M)$ и ориентированная гладкая поверхность σ. Потоком векторного поля $\vec{U}(M)$ через поверхность σ называют скалярную величину, равную поверхностному интегралу

$$\Pi_\sigma(U) = \iint\limits_\sigma (u \cdot n)\, d\sigma = \iint\limits_\sigma u \cdot d\vec{\sigma}. \qquad (22)$$

где $\vec{n}$ - единичный вектор внешней нормали; $d\vec{\sigma}$ - вектор элементарной площадки поверхности σ.

Если ориентацию поверхности изменить на противоположную, то поток изменит только знак.

Часто поток рассматривают как «количество векторных линий», пересекающих поверхность изнутри наружу. «Количество» (в кавычках, так как число не целое) понимают в алгебраическом смысле, т. е., если одна часть σ пересекается векторными линиями изнутри наружу, а другая часть – снаружи внутрь, то «количество» может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

4.3. Гидродинамический смысл потока вектора через поверхность

Поток жидкости через поверхность

Рассмотрим стационарное течение несжимаемой жидкости (или газа) в области G. В любой точке $M \in G$ скорость частицы жидкости имеет определённое значение $\vec{V} = \vec{V}(M)$, т. е. в области G задано векторное поле скоростей. Поме-

стим в область G гладкую ориентированную поверхность σ и найдем объем жидкости, протекающей через поверхность σ за единицу времени изнутри наружу. Возьмем на поверхности σ элемент $d\sigma$, содержащий точку M и найдем элемент объема жидкости, протекающей через $d\sigma$ изнутри наружу за единицу времени. Он равен объему косого цилиндра с основанием $d\sigma$ и образующей $\left|\vec{V}(M)\right|$.

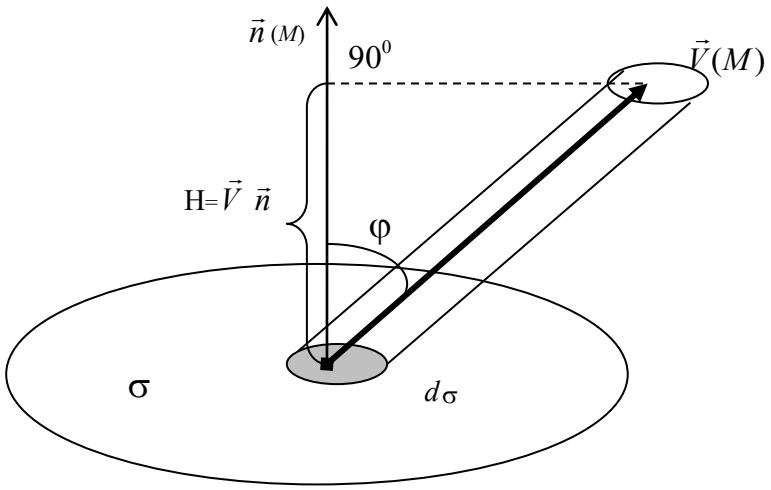


Рис. 4.4

Высота цилиндра равна проекции вектора скорости $\vec{V}(M)$ на единичный вектор внешней нормали $\vec{n}(M)$, т. е. $H = \left|\vec{V}\right|\cos\varphi = \left|\vec{V}\right|\cdot\left|\vec{n}\right|\cos\varphi = \vec{V}\cdot\vec{n}$ – скалярному произведению векторов.

Тогда объем цилиндра равен $dV = Hd\sigma = \left(\vec{V}\cdot\vec{n}\right)\cdot d\sigma = \vec{V}\cdot(\vec{n}\cdot d\sigma) = \vec{V}\cdot d\vec{\sigma}$, т. е. элементарный объем жидкости равен скалярному произведению вектора скорости $\vec{V}(M)$ на вектор площадки $d\vec{\sigma}$. Суммируя элементарные объемы жидкости для всех элементов поверхности σ, получим, что за единицу времени через всю поверхность σ изнутри наружу проходит объем жидкости, равный поверхностному интегралу

$$\iint\limits_{\sigma}(\vec{v}\cdot\vec{n})d\sigma = \iint\limits_{\sigma}\vec{v}\cdot\vec{ds} = \Pi_{\sigma}(\vec{v}),$$

т. е. равный потоку вектора $\vec{v}$ через поверхность σ.

4.4. Поток вектора через плоскую кривую *L*

Пусть на плоскости *xOy* задано векторное поле $\vec{U}(M) = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$ и ориентированная дуга L гладкой кривой. Возьмем нормальный вектор кривой $\vec{dl} = (-dy, dx)$, составляющий острый угол с *Oy* при возрастании *x* вдоль кривой и будем считать это направление внешней нормалью. Скалярное произведение

$\vec{U} \cdot \vec{dl} = P(x,y)(-dy) + Q(x,y)(dx) = Q(x,y)dx - P(x,y)dy$, тогда

$\Pi_L(\vec{U}) = \int_L \vec{U} \cdot \vec{dl} = \int_L Q(x,y)dx - P(x,y)dy$ - поток вектора $\vec{U}$ через плоскую кривую L.

4.5. Свойства и вычисление потока вектора через поверхность

Свойства

1) Если изменить ориентацию поверхности, то поток изменит только знак

$$\Pi_{\sigma_+}(u) = -\Pi_{\sigma_-}(u),$$

где σ_+ и σ_- - разные стороны поверхности σ.

2) Если поверхность σ состоит из частей σ_1 и σ_2, то

$$\Pi_\sigma(u) = \Pi_{\sigma_1}(u) + \Pi_{\sigma_2}(u).$$

3) Если $\vec{u} = c_1\vec{u_1} + c_2\vec{u_2}$,

то

$\Pi_\sigma(u) = C_1\Pi_\sigma(u_1) + C_2\Pi_\sigma(u_2)$ - свойство линейности потока.

Вычисление потока

Первый способ:

1. Найти проекцию поверхности σ на плоскость *xOy* – получить область *D*.

2. Найти единичный нормальный вектор поверхности σ. Для этого записать уравнение поверхности в виде $F(x, y, z)=0$. Найти $\text{grad}F = F'_x i + F'_y j + F'_z k$. Найти $\left|\text{grad}F\right| = \sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}$. Так как $\text{grad}F$ направлен по нормали к поверхности σ, то единичный вектор нормали

$$\bar{n} = \pm \frac{\operatorname{grad} F}{|\operatorname{grad} F|} = \pm \frac{F'_x \bar{i} + F'_y \bar{j} + F'_z \bar{k}}{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}.$$

Знак + или – выбираем в зависимости от заданной стороны поверхности.

3. Найти $d\sigma$.

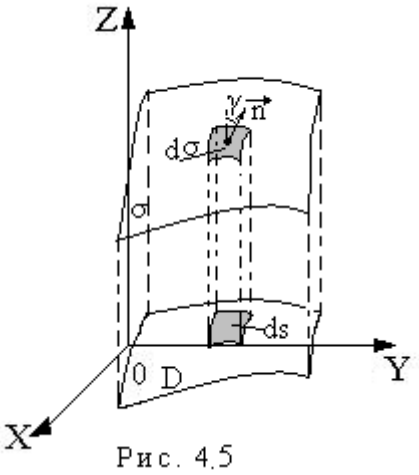


Рис. 4.5

Угол между $\vec{n}$ и осью Oz равен γ. Если считать, что в пределах площадки $d\sigma$ направление $\vec{n}$ не меняется, то угол наклона площадки $d\sigma$ к плоскости xOy (площадке ds) тоже равен γ, тогда площади этих площадок связаны соотношением

$$ds = \cos\gamma \cdot d\sigma \text{ и } d\sigma = \frac{ds}{\cos\gamma}.$$

Вектор $\bar{n} = \cos\alpha \bar{i} + \cos\beta \bar{j} + \cos\gamma \bar{k}$,

поэтому $$\cos\gamma = \pm \frac{F'_z}{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}.$$

Тогда $$d\sigma = \frac{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}{|F'_z|} ds.$$

4. Уравнение поверхности σ записать в виде $z=z(x,y)$.

5. Вычислить $\Pi_\sigma(\bar{u}) = \iint\limits_\sigma (\bar{u} \cdot \bar{n}) d\sigma = \iint\limits_D \left(\left. \frac{u \cdot n}{|\cos\gamma|} \right|_{z=z(x,y)} \right) \cdot ds$, подставив все найденные

величины в двойной интеграл по области D и вычислив полученный интеграл.

Замечание

В случае замкнутой поверхности σ, $\vec{n}$ - вектор внешней нормали.

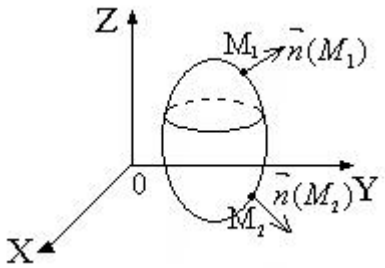


Рис. 4.6

Второй способ:

Пусть $\bar{u} = P(x,y,z)\bar{i} + Q(x,y,z)\bar{j} + R(x,y,z)k$

$$\bar{n} = \bar{i}\cos\alpha + \bar{j}\cos\beta + \bar{k}\cos\gamma$$

$$\bar{u}\cdot\bar{n} = P(x,y,z)\cos\alpha + Q(x,y,z)\cos\beta + R(x,y,z)\cos\gamma$$

Элемент площади ds в плоскости xOy равен $dxdy$, в плоскости xOz - $dxdz$ и в плоскости yOz - $dydz$.

Мы показали, что при проецировании поверхности σ на плоскость xOy $ds = \cos\gamma \cdot d\sigma$, т. е. $\cos\gamma d\sigma = dxdy$. (Смотри пункт 3 первого способа вычисления потока).

Тогда при проецировании поверхности σ на плоскость xOz $\cos\beta d\sigma = dxdz$, а на плоскость yOz $\cos\alpha d\sigma = dydz$.

Поток вектора $\vec{u}$ через поверхность σ равен

$$\begin{aligned}\Pi_\sigma(u) &= \iint_\sigma \bar{u}\cdot\bar{n}d\sigma = \iint_\sigma \left(P(x,y,z)\cos\alpha + Q(x,y,z)\cos\beta + R(x,y,z)\cos\gamma\right)d\sigma = \\ &= \iint_\sigma \left(P(x,y,z)dydz + Q(x,y,z)dxdz + R(x,y,z)dxdy\right).\end{aligned} \tag{23}$$

Полученный интеграл

$$\iint_\sigma P(x,y,z)dydz + Q(x,y,z)dxdz + R(x,y,z)dxdy\,.$$

называется поверхностным интегралом второго типа (по координатам).

Предположим, что уравнение поверхности σ можно решить относительно всех переменных

$$\sigma : \Phi(x,y,z) = 0 \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} x = \varphi(y,z) \\ y = \psi(x,z) \\ z = \eta(x,y) \end{array}\right.$$

Обозначим проекцию поверхности σ на плоскость xOy через σ_{xy}, на плоскость xOz через σ_{xz} и на плоскость yOz через σ_{yz}. Тогда поверхностный интеграл второго типа приводится к сумме двойных интегралов:

$$\iint_{\sigma} P(x,y,z)dydz + Q(x,y,z)dxdz + R(x,y,z)dxdy = \iint_{\sigma_{yz}} P(\varphi(y,z),y,z)dydz + \\ + \iint_{\sigma_{xz}} Q(x,\psi(x,z),z)dxdz + \iint_{\sigma_{xy}} R(x,y,\eta(x,y))dxdy. \tag{24}$$

Замечание

Поток вектора $\vec{u}(M)$ через кривую L равен криволинейному интегралу по координатам

$$\Pi_L\left(\vec{u}\right) = \int_L Q(x,y)dx - P(x,y)dy\,. \tag{25}$$

5. Оператор Гамильтона «набла»

Английский математик Гамильтон (1805-1865) ввел векторно-дифференциальный оператор $\nabla = \vec{i}\frac{\partial}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial}{\partial z}$, называемый «набла» (по-гречески – арфа, форму которой напоминает значок ∇). Набла действует только на множитель, который стоит непосредственно за ним. Если $u=f(x,\ y,\ z)$ скалярная функция (скалярное поле), то произведение вектора ∇ на скаляр u:

$$\nabla u = \vec{i}\frac{\partial u}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial u}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial u}{\partial z} = gradu \text{ - вектор.}$$

Если $\vec{u} = P\vec{i} + Q\vec{j} + R\vec{k}$ - векторная функция (векторное поле), то скалярное произведение вектора ∇ на вектор $\vec{u}$ равно сумме произведений одноименных координат векторов $\nabla\vec{u} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}$ - скаляр, а векторное произведение ∇ на $\vec{u}$:

$$\nabla \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \vec{i}\left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right) - \vec{j}\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right) + \vec{k}\left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right) \quad \text{- вектор.}$$

С помощью ∇ проще записать некоторые понятия, связанные с полями, и операции над ними.

6. Дивергенция векторного поля

Пусть в трехмерном пространстве (или в области G) определено векторное поле $\vec{U}(M)$. Возьмем произвольную точку M и окружим замкнутой поверхно-

стью σ. Вычислим поток $\Pi_\sigma\left(\vec{U}\right)$ векторного поля через поверхность σ. Найдем объем v области, ограниченной σ. Дивергенцией (расходимостью) $div\vec{U}(M)$ векторного поля $\vec{U}(M)$ в точке M называется предел отношения потока $\Pi_\sigma\left(\vec{U}\right)$ векторного поля через замкнутую поверхность σ к объему области, ограниченной σ, вычисленный при условии, что поверхность σ стягивается в точку M:

$$div\vec{U}(M) = \lim_{\substack{v\to 0 \\ (\sigma\to M)}} \frac{\Pi_\sigma\left(\vec{U}\right)}{V} = \lim_{\substack{v\to 0 \\ (\sigma\to M)}} \frac{1}{v}\iint_\sigma \vec{u}\cdot d\vec{\sigma}\cdot \tag{26}$$

Если в пространстве введена прямоугольная система координат $Oxyz$ и

$$\vec{U}(M) = P(x,y,z)\,\vec{i} + Q(x,y,z)\,\vec{j} + R(x,y,z)\,\vec{k},$$

то

$$div\vec{U}(M) = \nabla\vec{U} = \frac{\partial P(x,y,z)}{\partial x} + \frac{\partial Q(x,y,z)}{\partial y} + \frac{\partial R(x,y,z)}{\partial z}$$

пишут

$$div\vec{U}(M) = \nabla\vec{U} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}\cdot \tag{27}$$

Ранее мы говорили, что все эти частные производные существуют. Используя гидродинамическую интерпретацию, считаем поле $\vec{U}(M)$ стационарным полем скоростей несжимаемой текущей жидкости. Это течение может быть обусловлено наличием источников – точек, производящих жидкость, и стоков – точек, поглощающих жидкость. Величина $\Pi_\sigma\left(\vec{U}\right)$ дает объем жидкости, протекающей в единицу времени с внутренней стороны σ на внешнюю. Но эта величина равна количеству жидкости, вырабатываемой всеми источниками, находящимися в области, ограниченной σ, т. е. равна суммарной мощности всех источников внутри σ. Тогда предел отношения мощности источников в области к объему области, найденный при условии, что область стягивается (сжимается) в точку M, равен плотности мощности источников жидкости в этой точке.

Итак, в гидродинамической интерпретации дивергенция $div\vec{U}(M)$ векторного поля $\vec{U}(M)$ в точке M – это плотность мощности источников жидкости в этой точке.

Есть и другие интерпретации. Так, в электрическом векторном поле напряженности, созданном электрическими зарядами, распределенными в пространстве, дивергенция вектора напряженности является плотностью распределения электрических зарядов в данной точке поля.

7. Ротор (вихрь) векторного поля

Пусть в пространстве (или в области G) определена прямоугольная система координат и задано векторное поле:

$$\vec{u}(M) = P(x,y,z)\,\vec{i} + Q(x,y,z)\,\vec{j} + R(x,y,z)\,\vec{k}\,.$$

Ротором $rot\vec{u}(M)$ поля $\vec{u}$ в точке M называют вектор

$$rot\vec{u}(M) = \nabla \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \dfrac{\partial}{\partial x} & \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \vec{i}\left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right) - \vec{j}\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right) + \vec{k}\left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right) \qquad (28)$$

Этот вектор характеризует завихренность поля в точке M (тенденцию к вращению). Проведем через точку M плоскость Г, ее ориентацию в пространстве зададим единичным нормальным вектором $\vec{n}$ в точке M.

В плоскости Г возьмем замкнутую кривую L, обходящую точку M, и выберем направление обхода L таким, чтобы с конца $\vec{n}$ обход казался происходящим против движения часовой стрелки.

Обозначим площадь, ограниченную контуром L, через ΔS. Найдем циркуляцию векторного поля $\vec{u}(M)$ вдоль контура L: $Ц_L(\vec{u}) = \oint_L \vec{u}\cdot\vec{dr}$.

Доказывается, что проекция ротора поля $\vec{u}(M)$ в точке M на вектор $\vec{n}$ равна пределу отношения циркуляции поля по контуру L к площади ΔS, ограниченной контуром, при условии, что контур L стягивается в точку M, а $\Delta S \to 0$.

$$np_n\left(rot\vec{u}(M)\right) = \lim_{\substack{\Delta S \to 0 \\ (L \to M)}} \frac{1}{\Delta S} \oint_L \vec{u}\cdot\vec{dr} \qquad (29)$$

8. Потенциальное векторное поле

Векторное поле $\vec{U}(M)$, заданное в односвязной области *G*, называется потенциальным, если существует такая скалярная функция *f*(*M*), что во всех точках $M \in G$ вектор

$$\vec{U}(M) = \text{grad} f(M) \tag{30}$$

В этом случае функция *f*(*M*)=*f*(*x, y, z*) называется потенциалом векторного поля $\vec{U}(M)$. (Для силовых полей *f*(*M*) называется силовой функцией, потенциалом называется (*-1*)*f*(*M*)=*-f*(*M*).

Теорема **(признак потенциального поля)**

Для того чтобы векторное поле $\vec{U}(M)$ было потенциальным в односвязной области *G*, необходимо и достаточно, чтобы в каждой точке *M* этой области $rot\vec{U}(M) = 0$.

Необходимость можно формально рассмотреть: $rot\vec{U}(M) = rot(gradf) = \nabla \times (\nabla f)$. «Векторы» ∇ и ∇f коллинеарны, следовательно, их векторное произведение равно нулю:

$$rot\vec{U} = 0 \tag{31}$$

Пусть $\vec{U}(M) = P(M)\vec{i} + Q(M)\vec{j} + R(M)\vec{k}$,

$$rot\vec{U}(M) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right)\vec{i} - \left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right)\vec{j} + \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right)\vec{k}.$$

Получим, что поле $\vec{U}(M)$ является потенциальным в том и только в том случае, когда

$$\frac{\partial R}{\partial y} = \frac{\partial Q}{\partial z}, \quad \frac{\partial R}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial z}, \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}. \tag{32}$$

8.1. Плоское потенциальное поле

Если поле плоское, т. е. $\vec{U}(M) = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$

$$rot\vec{U}(M) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ P & Q & 0 \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \vec{k} \qquad (33)$$

- поле называется потенциальным при $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$.

В этом случае $\vec{U} = gradf(x,y) = f'_x(x,y)\vec{i} + f'_y(x,y)\vec{j}$, т.е. $P(x,y) = f'_x(x,y),\ Q(x,y) = f'_y(x,y)$ и

$$\int_{AB} P(x,y)\,dx + Q(x,y)\,dx = \int_{AB} f'_x(x,y)\,dx + f'_y(x,y)\,dx = \int_{AB} df(x,y) = f(x,y)\Big|_A^B = f(B) - f(A)$$

для всех дуг, натянутых между точками A и B.

Получили, что при $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$ криволинейный интеграл не зависит от пути интегрирования. Работа силы $\vec{U} = \vec{F}$ не зависит от пути, по которому движется точка. Тогда криволинейный интеграл по любому замкнутому контуру в заданной области равен нулю:

$$\int_L P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j} = 0, \qquad (34)$$

т. е. циркуляция поля вдоль любого замкнутого контура равна нулю $Ц_L\left(\vec{U}\right) = 0$.

Потенциал плоского поля $\vec{U}(M) = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$ находят по формуле

$$f(x,y) + c = \int_{\overset{\cup}{M_0 M}} P(x,y)dx + Q(x,y)dy, \qquad (35)$$

где $M(x,y)$, $M_0(x_0,y_0)$ взяты произвольно. Удобнее всего за дугу $\overset{\cup}{M_0 M}$ брать двузвенную ломаную линию, звенья которой параллельны осям координат, так как на вертикальном звене $dx = 0$, а на горизонтальном $dy = 0$.

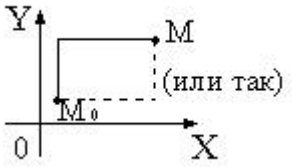


Рис. 8.1

$$f(x,y)+c=\int_{y_0}^{y} Q(x_0,y)dy+\int_{x_0}^{x} P(x,y_0)dx \qquad (36)$$

$$f(x,y)+c=\int_{x_0}^{x} P\left(x,y_0\right)dx+\int_{y_0}^{y} Q\left(x,y_0\right)dx$$

IV. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

1. Вычисление и применение двойного интеграла

При решении этих задач используйте следующую схему:

1) сделать чертеж;
2) выбрать подходящие формулы (по условию задачи и по чертежу);
3) найти все элементы выбранных формул;
4) вычислить получившийся повторный интеграл.

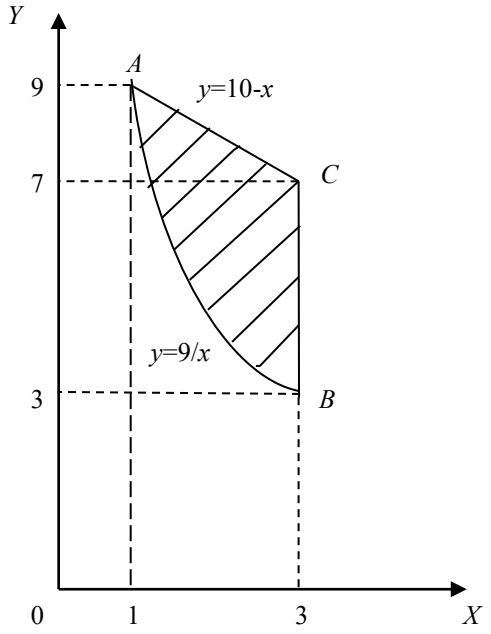
Пример 1

Вычислить $\iint\limits_D (2x+y)dS,$ если D: $\begin{cases} 1 \le x \le 3 \\ \dfrac{9}{x} \le y \le 10-x \end{cases}$

Изменить порядок интегрирования в полученном повторном интеграле и еще раз вычислить интеграл

Решение

Построим чертеж:



Уравнения границ области $D: x=1, x=3, y=\frac{9}{x}, y=10-x$ (каждое неравенство, задающее *D*, превращаем в уравнение).

Для вычисления выберем формулу

$$\iint\limits_D f(x,y)dS = \int\limits_a^b \left(\int\limits_{g(x)}^{h(x)} f(x,y)dy \right) dx.$$

Найдем элементы формулы.

Так как область расположена между прямыми $x = 1$ и $x = 3$, то $a = 1$, $b = 3$. Нижняя граница области – дуга $\overset{\cup}{AB}$ задана уравнением $y=\frac{9}{x}$, следовательно, $g(x)=\frac{9}{x}$. Верхняя граница – прямая AC задана уравнением $y = 10 – x$, следовательно, $h(x) = 10 – x$. Получим повторный интеграл.

$$\iint\limits_D (2x+y)dS = \int\limits_1^3 \left(\int\limits_{\frac{9}{x}}^{10-x} (2x+y)dy \right) dx.$$

Вычислим внутренний интеграл, считая x – постоянной.

$$\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}(2x+y)dy=\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}2xdy+\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}ydy=2x\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}dy+\frac{y^2}{2}\Bigg|_{\frac{9}{x}}^{10-x}=2xy\Big|_{\frac{9}{x}}^{10-x}+\frac{1}{2}(10-x)^2-\frac{81}{2x^2}=$$

$$2x(10-x)-2x\cdot\frac{9}{x}+\frac{1}{2}(10-x)^2-\frac{81}{2x^2}=20x-2x^2-18+50-10x+\frac{1}{2}x^2-\frac{81}{2x^2}=$$

$$=10x-\frac{3}{2}x^2+32-\frac{81}{2x^2}$$

От полученной функции вычислим внешний интеграл

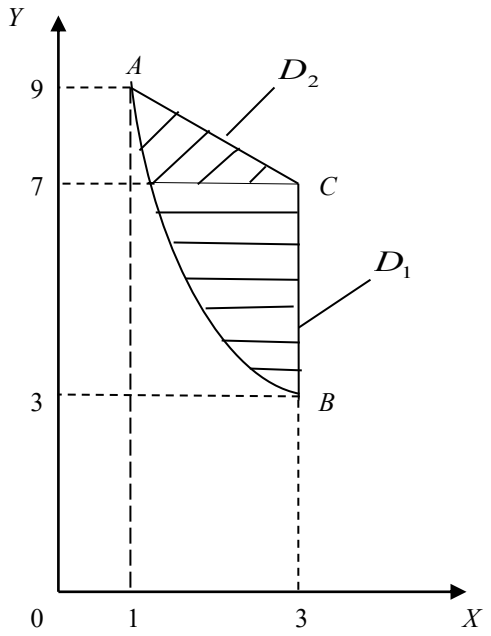
$$\iint_D(2x+y)dS=\int_1^3\left(10x-\frac{3}{2}x^2+32-\frac{81}{2x^2}\right)dx=\left(5x^2-\frac{x^3}{2}+32x+\frac{81}{2x}\right)\Bigg|_1^3=\left(45-\frac{27}{2}+96+\frac{27}{2}\right)-$$

$$-\left(5-\frac{1}{2}+32+\frac{81}{2}\right)=64.$$

Изменить порядок интегрирования в данном случае означает, что внутренний интеграл нужно взять по x, а внешний по y и для вычисления интеграла выбрать формулу:

$$\iint_D f(x,y)dS=\int_a^b\left(\int_{g(y)}^{h(y)}f(x,y)dx\right)dy.$$

Выполним чертеж еще раз:



Найдем координаты точек *A, B* и *C*:

$$A:\begin{cases} y=\dfrac{9}{x} \\ y=10-x \end{cases}, A(1;9), \quad B:\begin{cases} x=3 \\ y=\dfrac{9}{x} \end{cases}, B(3;3), \quad C:\begin{cases} x=3 \\ y=10-x \end{cases}, C(3;7).$$

Правая граница области D состоит из отрезков BC и AC различных прямых, следовательно, область D нужно разбить на две части - D_1 и D_2, тогда $\iint\limits_D (2x+y)dS = \int\limits_{D_1} (2x+y)dS + \iint\limits_{D_2} (2x+y)dS$. Уравнения границ нужно решить относительно x. Левая граница обеих частей – дуга $\overset{\cup}{AB}$: $y=\dfrac{9}{x} \Rightarrow x=\dfrac{9}{y}$. Правая граница области D_1 - отрезок BC: $x = 3$. Правая граница области D_2 - отрезок AC: $y=10-x \Rightarrow x=10-y$. Область D_1 расположена между прямыми $y = 3$ и $y = 7$. Внутри области D_1 x изменяется от границы $x=\dfrac{9}{y}$ до границы $x = 3$. Получим $\iint\limits_{D_1} (2x+y)dS = \int\limits_3^7 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^3 (2x+y)dx)dy$. Область D_2 расположена между прямыми $y=7$ и $y=9$. Внутри области D_2 x изменяется от границы $x=\dfrac{9}{y}$ до границы $x = 10 – y$.

Получим:

$$\iint\limits_{D_2} (2x+y)dS = \int\limits_7^9 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x+y)dx)dy.$$

Следовательно:

$$\iint\limits_D (2x+y)dS = \int\limits_3^7 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^3 (2x+y)dx)dy + \int\limits_7^9 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x+y)dx)dy$$ -

порядок интегрирования изменен.

Вычислим:

$$\iint\limits_{D_1} (2x+y)dS = \int\limits_3^7 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^3 (2x+y)dx)dy.$$

Внутренний интеграл вычисляем, считая y постоянной.

$$\int_{\frac{9}{y}}^{3}(2x+y)dx=\int_{\frac{9}{y}}^{3}2xdx+\int_{\frac{9}{y}}^{3}ydx=2\int_{\frac{9}{y}}^{3}xdx+y\int_{\frac{9}{y}}^{3}dx=x^2\Big|_{\frac{9}{y}}^{3}+yx\Big|_{\frac{9}{y}}^{3}=3y-\frac{81}{y^2},$$

Тогда $$\iint_{D_1}(2x+y)ds=\int_3^7(3y-\frac{81}{y^2})dy=(\frac{3y^2}{2}+\frac{81}{y})\Big|_3^7=\frac{312}{7}.$$

Вычислим:

$$\iint_{D_2}(2x+y)dS=\int_7^9(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y}(2x+y)dx)dy=\int_7^9(x^2+xy)\Big|_{\frac{9}{y}}^{10-y}dy=\int_7^9((10-y)^2+(10-y)y-\frac{81}{y^2}-9)dy=$$

$$=\int_7^9(91-10y-\frac{81}{y^2})dy=(91y-5y^2+\frac{81}{y})\Big|_7^9=\frac{136}{7}.$$

Следовательно:

$$\iint_D(2x+y)dS=\frac{312}{7}+\frac{136}{7}=\frac{448}{7}=64.$$

Мы убедились, что в данном случае проще вычислить внутренний интеграл по y, а внешний по x.

Ответ:

$$\iint_D(2x+y)dS=\int_1^3(\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}(2x+y)dy)dx=\int_3^7(\int_{\frac{9}{y}}^{3}(2x+y)dx)dy+\int_7^9(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y}(2x+y)dx)dy=64.$$

Пример 2

Найти статические моменты относительно осей координат однородной фигуры: ограниченной линиями $4x^2+y^2=4$, $2x+y=2$ и расположенной в первой четверти, если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

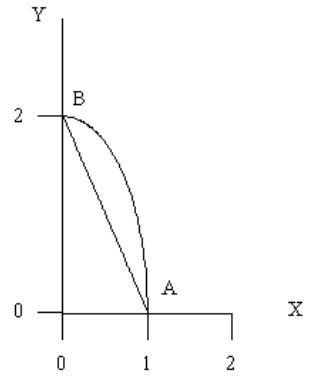
Решение

Выполним чертеж.

Линия $4x^2 + y^2 = 4$ - эллипс

$\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1.$

$2x + y = 2$ – прямая.



При построении получили точки пересечения линий A (1;0), B (0;2). По условию задачи выберем формулы вычисления статических моментов плоской области:

$$M_x = \iint\limits_D y dS, \quad M_y = \iint\limits_D x ds.$$

При вычислении M_x внутренний интеграл удобнее брать по y, а при вычислении M_y по x, так как в этом случае внешние интегралы получаются более простыми (проверьте это). Используем обе формулы вычисления двойного интеграла, а значит, уравнения границ области нужно решить и относительно y и относительно x.

Отрезок прямой $2x + y = 2 \Rightarrow y = 2(1 - x)$ или $x = \frac{1}{2}(2 - y).$

Дуга эллипса $4x^2 + y^2 = 4 \Rightarrow y = 2\sqrt{1 - x^2}$ или $x = \frac{1}{2}\sqrt{4 - y^2}$.

$$M_x = \iint\limits_D y ds = \int\limits_0^1 \left(\int\limits_{2(1-x)}^{2\sqrt{1-x^2}} y dy \right) dx = \int\limits_0^1 \left(\frac{1}{2} y^2 \Big|_{2(1-x)}^{2\sqrt{1-x^2}} \right) dx = 2\int\limits_0^1 (1 - x^2 - (1-x)^2) dx =$$

$$= 2\int\limits_0^1 (2x - 2x^2) dx = 2\left(x^2 - \frac{2x^3}{3} \right) \Big|_0^1 = 2\left(1 - \frac{2}{3} \right) = \frac{2}{3}.$$

$$M_y = \iint\limits_D x dz = \int\limits_0^2 \left(\int\limits_{\frac{1}{2}(2-y)}^{\frac{1}{2}\sqrt{4-y^2}} x dx \right) dy = \int\limits_0^2 \left(\frac{1}{2} x^2 \Big|_{\frac{1}{2}(2-y)}^{\frac{1}{2}\sqrt{4-y^2}} \right) dy =$$

$$= \frac{1}{8}\int\limits_0^2 (4 - y^2 - (2-y)^2) dy = \frac{1}{8}\int\limits_0^2 (4y - 2y^2) dy = \frac{1}{8}\left(2y^2 - \frac{2y^3}{3} \right)_0^2 = \frac{1}{4}\left(4 - \frac{8}{3} \right) = \frac{1}{3}.$$

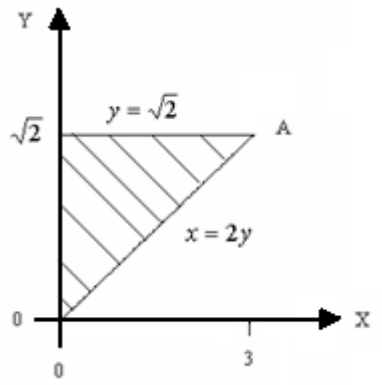
Ответ: $M_x = \frac{2}{3}; M_y = \frac{1}{3}.$

Пример 3

Найти момент инерции относительно оси О*x* фигуры, ограниченной линиями $x=0, y=\sqrt{2}, y=\frac{x}{2},$ если поверхностная плотность массы $\delta = \exp\left(-\frac{xy}{2}\right) = e^{-\frac{xy}{2}}$.

Решение

Выполним чертеж:



По условию задачи выберем формулу момента инерции:

$$J_x = \iint\limits_D y^2 \delta(x,y)ds = \iint\limits_D y^2 e^{-\frac{xy}{2}} ds.$$

Область *D* удобна для вычисления повторного интеграла при любом порядке интегрирования. Подынтегральная функция по x интегрируется значительно легче, чем по y , поэтому возьмем внутренний интеграл по x , а внешний по y.

Решим уравнения границ относительно x. Левая граница: $x=0$ (задана). Правая граница: $y=\frac{x}{2} \Rightarrow x=2y$.

Область *D* расположена между прямыми $y=0$ и $y=\sqrt{2}.$ Внутри области x изменяется от границы $x=0$ до границы $x=2y,$ значит:

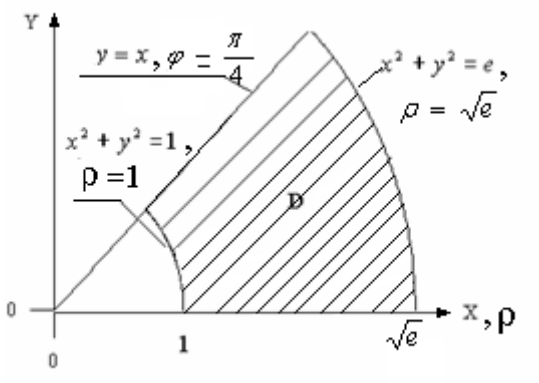
$$J_x = \int\limits_0^{\sqrt{2}} \left(\int\limits_0^{2y} y^2 e^{-\frac{xy}{2}} dx \right) dy = \int\limits_0^{\sqrt{2}} \left(y^2 \int\limits_0^{2y} e^{-\frac{xy}{2}} dx \right) dy = \int\limits_0^{\sqrt{2}} (-y^2 \cdot \frac{2}{y} e^{-\frac{xy}{2}} \Big|_0^{2y}) dy = \int\limits_0^{\sqrt{2}} (-2ye^{-y^2} + 2y) dy =$$

$$= \int\limits_0^{\sqrt{2}} e^{-y^2} d(-y^2) + y^2 \Big|_0^{\sqrt{2}} = e^{-y^2} \Big|_0^{\sqrt{2}} + 2 = e^{-2} - 1 + 2 = e^{-2} + 1.$$

Ответ: $I_x = 1 + e^{-2}.$

Пример 4

Вычислить $I = \iint\limits_D \ln(x^2 + y^2)ds$, если $D: \begin{cases} 1 \le x^2 + y^2 \le e \\ 0 \le y \le x \end{cases}$.



Решение

Построим область *D*. Границы области: $x^2 + y^2 = 1$, $x^2 + y^2 = e$ - окружности радиусов *1* и $\sqrt{e}$ с центром в начале координат *y = 0, y = x* – прямые.

Так как. область интегрирования – часть кольца, перейдем к полярным координатам. В подынтегральном выражении заменим *x*, *y* и *ds* по формулам:
$x = \rho\cos\varphi$, $y = \rho\sin\varphi$, $ds = \rho d\varphi d\rho$.

Предварительно заменим

$$x^2 + y^2 = (\rho\cos\varphi)^2 + (\rho\sin\varphi)^2 = \rho^2(\cos^2\varphi + \sin^2\varphi) = \rho^2.$$

Тогда $I = \iint\limits_D \ln(x^2 + y^2)ds = \iint\limits_D \ln\rho^2 \cdot \rho d\varphi d\rho = 2\iint\limits_D \rho\ln\rho d\varphi d\rho$

запишем в полярных координатах уравнения границ области

$$x^2 + y^2 = 1 \Rightarrow \rho^2 = 1,\ \rho = 1$$
$$x^2 + y^2 = e \Rightarrow \rho^2 = e,\ \rho = \sqrt{e}$$
$$y = 0 \Rightarrow \rho\sin\varphi = 0,\ \rho \ne 0,\ \sin\varphi = 0,\ \varphi = 0$$
$$y = x \Rightarrow \rho\sin\varphi = \rho\cos\varphi,\ tg\varphi = 1,\ \varphi = \frac{\pi}{4}$$

В полярных координатах внешний интеграл всегда берем по φ, а внутренний -по ρ. Область расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Внутри

области ρ изменяется от границы $\rho = 1$ до границы $\rho = \sqrt{e}$.Следовательно, по формуле

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi, \rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho = \int\limits_\alpha^\beta \left(\int\limits_{g(\varphi)}^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi, \rho\sin\varphi)\rho d\rho) \right) d\varphi$$

$$I = 2\int\limits_0^{\frac{\pi}{4}} (\int\limits_1^{\sqrt{e}} \rho\ln\rho d\rho) d\varphi \cdot$$

Внутренний интеграл вычислим, используя формулу интегрирования по частям:

$$\int\limits_a^b udv = uv\Big|_a^b - \int\limits_a^b vdu$$

$$\int\limits_1^{\sqrt{e}} \rho\ln\rho d\rho = \left| \begin{array}{c} u = \ln\rho, dv = \rho d\rho \\ v = \int \rho d\rho = \frac{\rho^2}{2} \\ du = (\ln\rho)' d\rho = \frac{d\rho}{\rho} \end{array} \right| = \frac{\rho^2}{2}\ln\rho\Big|_1^{\sqrt{e}} - \int\limits_1^{\sqrt{e}} \frac{\rho^2}{2} \cdot \frac{d\rho}{\rho} = \frac{e}{2}\ln\sqrt{e} - \frac{1}{2}\int\limits_1^{\sqrt{e}} \rho d\rho = \frac{e}{2} \cdot \frac{1}{2}\ln e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho^2}{2}\Big|_1^{\sqrt{e}} =$$

$$= \frac{e}{4} - \frac{e}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

Тогда $J = 2\int\limits_0^{\frac{\pi}{4}} \cdot \frac{1}{4} d\varphi = \frac{1}{2}\varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{4}} = \frac{\pi}{8}$

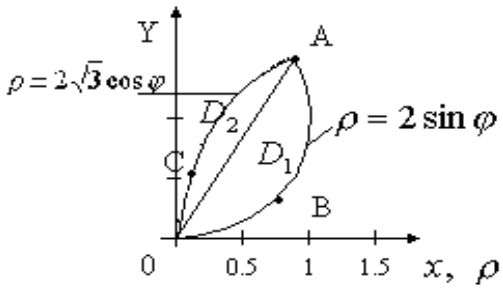
Ответ: $I = \frac{\pi}{8}.$

Пример 5

Вычислить площадь общей части двух кругов: $x^2 + y^2 \le 2y, x^2 + y^2 \le 2x\sqrt{3}$

Решение

Сделаем чертеж



$x^2 + y^2 = 2y$ - окружность $x^2 + (y-1)^2 = 1$ с центром в точке $(0;1)$ радиуса $r = 1$. $x^2 + y^2 = 2x\sqrt{3}$ - окружность $(x-\sqrt{3})^2 + y^2 = 3$ с центром в точке $(\sqrt{3};0)$ радиуса $R = \sqrt{3}.$

Выберем формулу площади фигуры в полярных координатах, так как область ограничена окружностями

$$S = \iint\limits_D \rho d\varphi d\rho$$

Граница области состоит из дуг $\overset{\cup}{OBA}$ и $\overset{\cup}{OCA}$ разных окружностей, разобьем область D лучом OA на две части - $OBAO = D_1$ и $OACO = D_2$.

Площадь $OBAO$ обозначим $S_{1,}$, площадь $OACO$ – S_2.

Уравнения окружностей запишем в полярных координатах

$$\overset{\cup}{OBA}: x^2 + y^2 = 2y \Rightarrow \rho^2 = 2\rho\sin\varphi, \rho = 2\sin\varphi,$$

$$\overset{\cup}{OCA}: x^2 + y^2 = 2x\sqrt{3} \Rightarrow \rho = 2\sqrt{3}\cos\varphi.$$

Найдем уравнение луча OA, для чего найдем полярный угол точки A пересечения окружностей.

$$A: \begin{cases} \rho = 2\sin\varphi \\ \rho = 2\sqrt{3}\cos\varphi. \end{cases}$$

$$2\sin\varphi = 2\sqrt{3}\cos\varphi,\ tg\varphi = \sqrt{3},\ \varphi = \frac{\pi}{3}$$

Уравнение луча $OA: \varphi = \frac{\pi}{3}$

Так как окружность $\overset{\smile}{OBA}$ касается оси *ox*, то область D_1 ограничена лучом $\varphi = 0$. Так как окружность $\overset{\smile}{OCA}$ касается оси O*y*, то область D_2 ограничена лучом $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Область D_1 расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \frac{\pi}{3}$, внутри области D_1 ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 2\sin\varphi$. Запишем S_1 и вычислим интеграл по формуле

$$S_1 = \iint\limits_{D_1} \rho d\varphi d\rho = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} \left(\int\limits_0^{2\sin\varphi} \rho d\rho \right) d\varphi = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} \left(\frac{\rho^2}{2}\Big|_0^{2\sin\varphi} \right) d\varphi = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} 2\sin^2\varphi d\varphi = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} (1-\cos 2\varphi) d\varphi =$$

$$= (\varphi - \frac{1}{2}\sin 2\varphi)\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} = \frac{\pi}{3} - \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3} = \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}.$$

Область D_2 расположена в секторе между лучами $\varphi = \frac{\pi}{3}$ и $\varphi = \frac{\pi}{2}$, внутри области ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 2\sqrt{3}\cos\varphi$.

$$S_2 = \iint\limits_{D_2} \rho d\varphi d\rho = \int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\int\limits_0^{2\sqrt{3}\cos\varphi} \rho d\rho \right) d\varphi = \int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\rho^2}{2}\Big|_0^{2\sqrt{3}\cos\varphi} \right) d\varphi =$$

$$= \int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} 6\cos^2\varphi d\varphi = 3\int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} (1+\cos 2\varphi) d\varphi = 3(\varphi + \frac{1}{2}\sin 2\varphi)\Big|_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} =$$

$$= 3(\frac{\pi}{2} + \frac{1}{2}\sin\pi) - 3(\frac{\pi}{3} + \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3}) = \frac{3\pi}{2} - \pi - \frac{3\sqrt{3}}{4} = \frac{\pi}{2} - \frac{3\sqrt{3}}{4}.$$

Следовательно

$$S = S_1 + S_2 = \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{\pi}{2} - \frac{3\sqrt{3}}{4} = \frac{5\pi}{6} - \sqrt{3}.$$

Ответ: $S = \frac{5\pi}{6} - \sqrt{3}$.

2. Вычисление и применение тройного интеграла

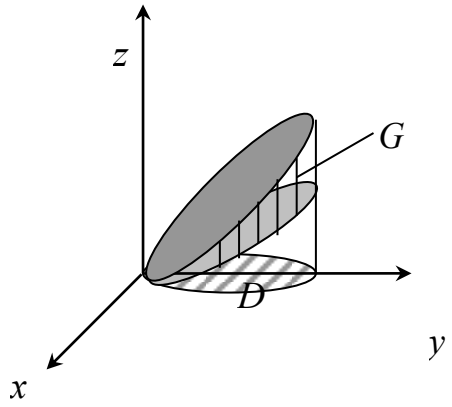
Схема применения тройного интеграла такая же, как двойного: чертеж, выбор формул, поиск всех элементов формул, вычисление полученных интегралов.

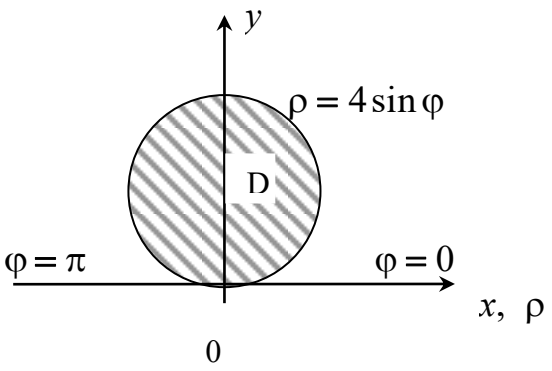
Пример 6

Вычислить объем тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 4y, z = y, z = 2y.$

Решение

Выполним чертеж. Поверхность $x^2 + y^2 = 4y$ - круговой цилиндр, его образующие параллельны оси *oz*, направляющей служит окружность в плоскости *oxy*. Плоскости $z = y$, $z = 2y$ проходят через ось *ox*, но имеют разный наклон к плоскости *xoy*. Они вырезают из цилиндра слой (область *G*, тело), объем которого нам нужно вычислить.





Объем области *G*: $V = \iiint\limits_G dv$.

Вычислим интеграл по формуле

$$V = \iiint\limits_G dv = \iint\limits_D \left(\int\limits_{g(x,y)}^{h(x,y)} dz \right) ds .$$

Проекцией области *G* на плоскость *xoy* является область *D*, ограниченная окружностью $x^2 + y^2 = 4y$. Снизу область *G* ограничена плоскостью $z = y$, следовательно, $g(x, y) = y.$ Сверху ограничена плоскостью $z = 2y$, следовательно, $h(x, y) = 2y.$

Тогда $V = \iint\limits_D \left(\int\limits_y^{2y} dz \right) ds = \iint\limits_D \left(z \Big|_y^{2y} \right) ds = \iint\limits_D (2y - y) ds = \iint\limits_D y ds$.

Полученный двойной интеграл вычислим в полярных координатах:

$x = \rho\cos\varphi, y = \rho\sin\varphi, ds = \rho d\varphi d\rho,$

$x^2 + y^2 = 4y \Rightarrow \rho^2 = 4\rho\sin\varphi \Rightarrow \rho = 0(полюс), \rho = 4\sin\varphi.$

Область D расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ *и* $\varphi = \pi$, внутри области ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 4\sin\varphi.$

$$V = \iint\limits_D \rho\sin\varphi \cdot \rho d\varphi d\rho = \iint\limits_D \rho^2 \sin\varphi d\varphi d\rho = \int\limits_0^{\pi} \left(\int\limits_0^{4\sin\varphi} \rho^2 \sin\varphi d\rho \right) d\varphi = \int\limits_0^{\pi} \left(\sin\varphi \int\limits_0^{4\sin\varphi} \rho^2 d\rho \right) d\varphi =$$

$$= \int\limits_0^{\pi} \left(\sin\varphi \cdot \frac{\rho^3}{3} \Big|_0^{4\sin\varphi} \right) d\varphi = \int\limits_0^{\pi} \frac{64}{3} \sin^4\varphi d\varphi = \frac{16}{3} \int\limits_0^{\pi} \left(2\sin^2\varphi \right)^2 d\varphi = \frac{16}{3} \int\limits_0^{\pi} (1 - \cos 2\varphi)^2 d\varphi =$$

$$= \frac{16}{3} \int\limits_0^{\pi} (1 - 2\cos 2\varphi + \cos^2 2\varphi) d\varphi = \frac{16}{3}\varphi \Big|_0^{\pi} - \frac{16}{3}\sin 2\varphi \Big|_0^{\pi} + \frac{8}{3} \int\limits_0^{\pi} (1 + \cos 4\varphi) d\varphi = \frac{16\pi}{3} + \frac{8}{3}\varphi \Big|_0^{\pi} +$$

$$+ \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{4} \sin 4\varphi \Big|_0^{\pi} = \frac{16}{3}\pi + \frac{8}{3}\pi = 8\pi.$$

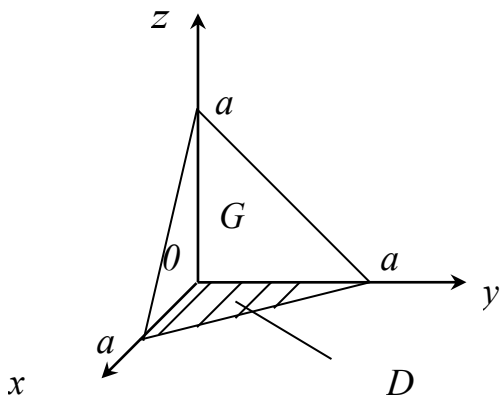
Ответ: $V = 8\pi.$

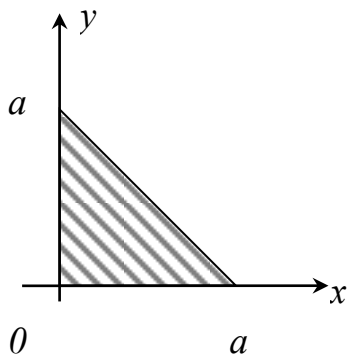
Пример 7

Найти центр массы одородной пирамиды, ограниченной плоскостями $x = 0, y = 0, z = 0, x + y + z = a.$

Решение

$x = 0, y = 0, z = 0$ - координатные плоскости. Найдем точки пересечения плоскости $x + y + z = a$ с осями координат. Например с Оx: $y = 0, z = 0$ подставим в уравнение плоскости $x + 0 + 0 = a,$ получим точку (a ,0, 0).





Проекция пирамиды на плоскость xoy – равнобедренный прямоугольный треугольник, ограниченный осями координат и линией пересечения плоскости $x+y+z=a$ с плоскостью $z=0$. Уравнение этой линии в плоскости xoy $x+y+0=a$ или $y=a-x$. Из соображений симметрии ясно, что все три координаты центра массы одинаковы. Найдем x_c по формуле

$$x_c=\frac{1}{V}\iiint\limits_G x\,dv.$$

G – область, занятая пирамидой. Объем пирамиды

$$V=\frac{1}{3}S_{осн.}\cdot H,\quad S_{осн.}=\frac{1}{2}a\cdot a=\frac{a^2}{2},\quad H=a,\quad V=\frac{1}{3}\cdot\frac{a^2}{2}\cdot a=\frac{a^3}{6}.$$

Внутри пирамиды G переменная z изменяется от $z=0$ (нижняя грань) до $z=a-x-y$ (верхняя грань).

Тогда

$$\iiint\limits_G x\,dv=\iint\limits_D\left(\int\limits_0^{a-x-y}x\,dz\right)ds=\iint\limits_D\left(xz\Big|_0^{a-x-y}\right)ds=\iint\limits_D x\,(a-x-y)\,ds=\int\limits_0^a\left(\int\limits_0^{a-x}(x\,(a-x)-xy)\,dy\right)dx=$$

$$=\int\limits_0^a\left(x(a-x)y-x\frac{y^2}{2}\right)\Big|_0^{a-x}dx=\int\limits_0^a\left(x(a-x)(a-x)-\frac{x(a-x)^2}{2}\right)dx=\int\limits_0^a\frac{x(a-x)^2}{2}dx=$$

$$=\frac{1}{2}\int\limits_0^a(a^2x-2ax^2+x^3)dx=\frac{1}{2}\left(a^2\frac{x^2}{2}-2a\frac{x^3}{3}+\frac{x^4}{4}\right)\Big|_0^a=\frac{1}{2}\left(\frac{a^4}{2}-\frac{2a^4}{3}+\frac{a^4}{4}\right)=\frac{a^4}{24}$$

$$x_c=\frac{a^4}{24}:\frac{a^3}{6}=\frac{6a^4}{24\,a^3}=\frac{a}{4},\ \text{тогда}\quad y_c=z_c=\frac{a}{4},\quad C\left(\frac{a}{4};\frac{a}{4};\frac{a}{4}\right).$$

Ответ: $(\frac{a}{4};\frac{a}{4};\frac{a}{4})$.

3. Вычисление и применение поверхностного интеграла первого рода

Схема применения:

1. Выбрать формулу по условию задачи и получить поверхностный интеграл.
2. Найти проекцию поверхности на координатную плоскость. Сделать чертеж получившейся плоской области *D*.
3. Найти формулу элемента $d\sigma$ поверхности.
4. Поверхностный интеграл привести к двойному интегралу и вычислить двойной интеграл.

Пример 8

Найти массу, распределенную по части эллипсоида $z = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}$, находящейся внутри цилиндра $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$, если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{1}{2}z$.

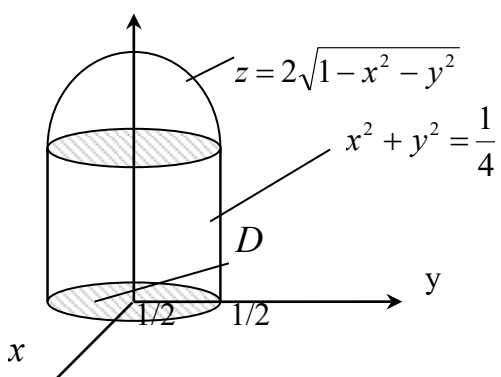
Решение

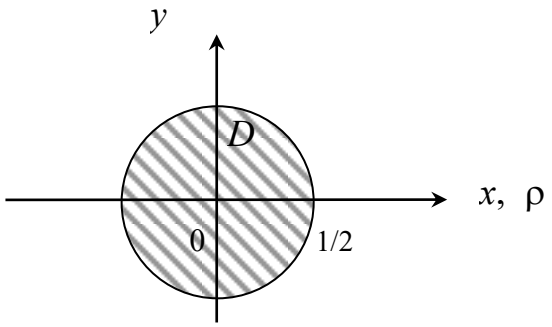
Масса, распределенная по поверхности σ с плотностью, $\delta = \delta\ (x, y, z)$ равна поверхностному интегралу:

$$m = \iint\limits_{\sigma} \delta(x, y, z)d\sigma = \iint\limits_{\sigma} \frac{1}{2} z d\sigma.$$

Образующие цилиндрической поверхности $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$ параллельны оси *oz,* направляющей является окружность в плоскости *xoy* с уравнением $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$.

Центр окружности *O* (0;0), радиус $R = \frac{1}{2}$. Следовательно, проекция заданной части эллипсоида на плоскость *xoy* – круг *D,* ограниченный этой окружностью.





Составим формулу элемента $d\sigma = \sqrt{1+(z'_x)^2+(z'_y)^2}\,ds$;

$$z = 2\sqrt{1-x^2-y^2},\ z'_x = \frac{-2x}{\sqrt{1-x^2-y^2}},\ z'_y = \frac{-2y}{\sqrt{1-x^2-y^2}},$$

$$d\sigma = \sqrt{1+\frac{4x^2}{1-x^2-y^2}+\frac{4y^2}{1-x^2-y^2}}ds = \sqrt{\frac{1+3x^2+3y^2}{1-x^2-y^2}}ds.$$

Подставим z и $d\sigma$ в поверхностный интеграл и приведем его к двойному интегралу

$$m = \iint\limits_{\sigma}\frac{1}{2}z d\sigma = \iint\limits_{D}\frac{1}{2}\cdot 2\sqrt{1-x^2-y^2}\cdot\sqrt{\frac{1+3x^2+3y^2}{1-x^2-y^2}}ds = \iint\limits_{D}\sqrt{1+3x^2+3y^2}\,ds.$$

Двойной интеграл вычислим в полярных координатах. Возьмем $x = \rho\cos\varphi, y = \rho\sin\varphi, ds = \rho d\varphi d\rho,$ уравнение окружности $x^2+y^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \rho^2 = \frac{1}{4}, \rho = \frac{1}{2}.$ Полюс *0* находится внутри области *D,* поэтому область *D* занимает сектор от $\varphi = 0$ до $\varphi = 2\pi.$ Внутри области *D* ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = \frac{1}{2}.$

$$m = \iint\limits_{D}\sqrt{1+3\rho^2\cos^2\varphi+3\rho^2\sin^2\varphi}\,\rho d\varphi d\rho = \iint\limits_{D}\sqrt{1+3\rho^2}\,\rho d\varphi d\rho = \int\limits_0^{2\pi}\left(\int\limits_0^{\frac{1}{2}}\sqrt{1+3\rho^2}\,\rho d\rho\right)d\varphi.$$

Так как внутренний интеграл не зависит от φ, вынесем его за знак внешнего интеграла:

$$m = (\int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2}\,\rho d\rho) \cdot \int_0^{2\pi} d\varphi;$$

$$\int_0^{2\pi} d\varphi = \varphi|_0^{2\pi} = 2\pi;$$

$$\int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2}\,\rho d\rho = \left| \begin{array}{l} \textit{Сделаем подстановку} \\ \sqrt{1+3\rho^2} = t, 1+3\rho^2 = t^2,\ 6\rho d\rho = 2tdt, \rho d\rho = \frac{1}{3}tdt, \\ \textit{при } \rho = 0, t = 1, \rho = \frac{1}{2}, t = \sqrt{1+\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{7}}{2} \end{array} \right| = \int_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} t \cdot \frac{1}{3} tdt = \frac{1}{3} \int_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} t^2 dt = \frac{1}{3} \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} =$$

$$= \frac{1}{9}\left(\frac{7\sqrt{7}}{8} - 1\right) = \frac{7\sqrt{7}-8}{72}, \quad m = 2\pi \cdot \frac{7\sqrt{7}-8}{72} = \frac{\pi(7\sqrt{7}-8)}{36}.$$

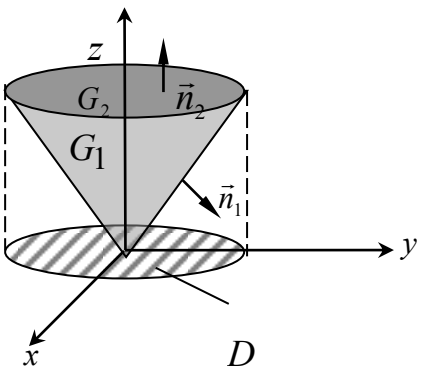
Ответ: $m = \frac{\pi(7\sqrt{7}-8)}{36}$.

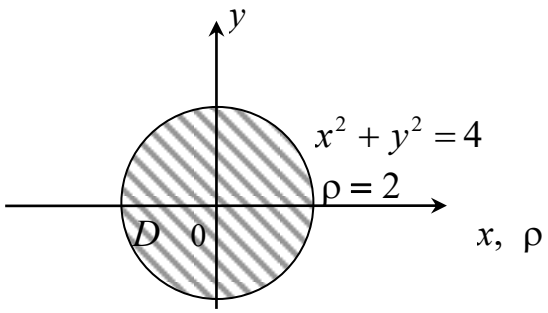
Пример 9

Найти поток векторного поля $\vec{u} = (1-2x)\vec{i} + 2y\vec{j} + 2z\vec{k}$ через замкнутую поверхность σ, состоящую из части поверхности конуса $z = \sqrt{x^2+y^2}$ и плоскости $z = 2$.

Решение

Выполним чертеж.





Найдем линию пересечения поверхностей:

$$\begin{cases} z = 2 \\ z = \sqrt{x^2+y^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ \sqrt{x^2+y^2} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ x^2+y^2 = 4. \end{cases}$$

В плоскости $z=2$ получили окружность $x^2+y^2=4$ с центром $C(0,0,2)$ радиуса 2.

Вершина конуса $O(0,0,0)$.

Проекцией обеих поверхностей на плоскость xoy является круг D, ограниченный окружностью $x^2+y^2=4$ с центром $O(0,0,0)$ радиуса $R=2$. Поверхность σ состоит из конической поверхности σ_1 и части плоскости σ_2, поэтому $\Pi_\sigma(\vec{u})=\Pi_{\sigma_1}(\vec{u})+\Pi_{\sigma_2}(\vec{u})$.

Формула вычисления потока

$$\Pi_\sigma(\vec{u})=\iint\limits_\sigma(\vec{u}\cdot\vec{n})d\sigma=\iint\limits_D\left(\frac{\vec{u}\cdot\vec{n}}{|\cos\gamma|}\right)_{z=z(x,y)}ds.$$

Для вычисления $\Pi_{\sigma_1}(\vec{u})$ потока вектора $\vec{u}$ через коническую поверхность запишем уравнение конуса $z=\sqrt{x^2+y^2}$ в виде $F(x,y,z)=\sqrt{x^2+y^2}-z=0.$

Найдем:

$$F'_x=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}};F'_y=\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}};F'_z=-1,$$

$$gradF=F'_x\vec{i}+F'_y\vec{j}+F'_z\vec{k}=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\vec{i}+\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\vec{j}-\vec{k},$$

$$|gradF|=\sqrt{\frac{x^2}{x^2+y^2}+\frac{y^2}{x^2+y^2}+1}=\sqrt{2}.$$

Вектор $\vec{n}_1$ составляет с oz тупой угол, т. е. $\cos\gamma<0$, коэффициент перед $\vec{k}$ должен быть отрицательным.

Возьмем

$$\vec{n}_1=+\frac{gradF}{|gradF|}=\frac{x}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}\vec{i}+\frac{y}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}\vec{j}-\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{k},$$

Так как $\vec{n}=\cos\alpha\cdot\vec{i}+\cos\beta\cdot\vec{j}+\cos\gamma\cdot\vec{k}$

Получим: $\cos\gamma = -\frac{1}{\sqrt{2}}, |\cos\gamma| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Вычислим:

$$\vec{u}\cdot\vec{n} = (1-2x)\frac{x}{\sqrt{2(x^2+y^2}} + 2y\frac{y}{\sqrt{2(x^2+y^2}} + 2z\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{x-2x^2+2y^2-2z\sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}$$

Учитывая, что на поверхности $z = \sqrt{x^2+y^2}$,

$$\vec{u}\cdot\vec{n}\big|_{z=\sqrt{x^2+y^2}} = \frac{x-2x^2+2y^2-2\sqrt{x^2+y^2}\cdot\sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{2(x^2+y^2)}} = \frac{x-4x^2}{\sqrt{2(x^2+y^2)}},$$

$$\Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) = \iint\limits_D \left(\frac{\vec{u}\cdot\vec{n}}{|\cos\gamma|}\right)_{z=\sqrt{x^2+y^2}} ds = \iint\limits_D \frac{x-4x^2}{\sqrt{x^2+y^2}}\,ds\,.$$

Полученный интеграл вычислим в полярных координатах. Заменим $x = \rho\cos\varphi, y = \rho\sin\varphi, ds = \rho d\varphi d\rho$

$$x^2+y^2 = 4 \Rightarrow \rho^2 = 4, \rho = 2$$

$$\Pi_{\sigma_1}(u) = \iint\limits_D \frac{\rho\cos\varphi - 4\rho^2\cos^2\varphi}{\sqrt{\rho^2}}\rho d\varphi d\rho = \iint\limits_D (\rho\cos\varphi - 4\rho^2\cos^2\varphi) d\varphi d\rho =$$

$$= \int\limits_0^{2\pi}\left(\int\limits_0^2 (\rho\cos\varphi - 4\rho^2\cos^2\varphi) d\rho\right) d\varphi = \int\limits_0^{2\pi}\left(\cos\varphi\frac{\rho^2}{2}\Big|_0^2 - 4\cos^2\varphi\frac{\rho^3}{3}\Big|_0^2\right) d\varphi = \int\limits_0^{2\pi}(2\cos\varphi - \frac{32}{3}\cos^2\varphi) d\varphi =$$

$$= 2\sin\varphi\Big|_0^{2\pi} - \frac{16}{3}\int\limits_0^{2\pi}(1+\cos 2\varphi) d\varphi = -\frac{16}{3}(\varphi + \frac{1}{2}\sin 2\varphi)\Big|_0^{2\pi} = -\frac{32\pi}{3}.$$

Вычислим $\Pi_{\sigma_2}(\vec{u})$ поток вектора $\vec{u}$ через круг σ_2 в плоскости $z = 2$. Единичный вектор внешней нормали этой плоскости равен $\vec{k} = (0,0,1)$; $\vec{n} = \vec{k}$; поэтому

$$\vec{u}\cdot\vec{n} = (1-2x)\cdot 0 + 2y\cdot 0 + 2z\cdot 1 = 2z, \cos\gamma = \cos 0 = 1, \frac{\vec{u}\cdot\vec{n}}{|\cos\gamma|}\Big|_{z=2} = 2\cdot 2 = 4.$$

$$\Pi_{\sigma_2}(\vec{u}) = \iint\limits_D 4ds = 4\iint\limits_D ds = 4\cdot S = 4(\pi R^2) = 4\pi\cdot 2^2 = 16\pi,$$

(D – круг радиуса 2).

Следовательно, $\Pi_\sigma(\vec{u}) = \Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) + \Pi_{\sigma_2}(\vec{u}) = -\frac{32\pi}{3} + 16\pi = \frac{16\pi}{3}$.

Ответ: $\Pi_\sigma = \frac{16\pi}{3}$.

4. Вычисление и применение криволинейного интеграла

Схема решения задач

1. По условию задачи выбрать формулу и записать искомую величину в виде криволинейного интеграла первого или второго рода.

2. Выразить из уравнения кривой все переменные и их дифференциалы через одну переменную и ее дифференциал. Всё подставить в подынтегральное выражение.

3. Найти интервал изменения этой переменной на заданной дуге кривой и вычислить полученный определенный интеграл.

Пример 10

Вычислить $\int\limits_L \frac{y^3 dl}{\sqrt{2-y^2}}$, если L – дуга $\overset{\smile}{OA}$ синусоиды $y = \sin x, O(0,0), A\left(\frac{\pi}{2}; 1\right)$.

Решение

Для вычисления криволинейного интеграла первого рода найдем *dl.* Из уравнения кривой $y = \sin x \quad y' = (\sin x)' = \cos x, dl = \sqrt{1+(y')^2}\,dx = \sqrt{1+\cos^2 x}\,dx.$ Так как кривая L не ориентирована, возьмем : $0 \le x \le \frac{\pi}{2}$, y и dl подставим в подынтегральное выражение. Получим и вычислим определенный интеграл.

$$\int\limits_L \frac{y^3 dl}{\sqrt{2-y^2}} = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^3 x \cdot \sqrt{1+\cos^2 x}}{\sqrt{2-\sin^2 x}} dx = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^3 x \sqrt{1+\cos^2 x}}{\sqrt{1+\cos^2 x}} dx = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 x dx = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 x \cdot \sin x dx =$$

$$= \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos^2 x)\sin x dx = \left| \begin{array}{l} \cos x = t, -\sin x dx = dt, \ \sin x dx = -dt \\ x = 0, t = \cos 0 = 1, \ x = \frac{\pi}{2}, t = \cos\frac{\pi}{2} = 0 \end{array} \right| = \int\limits_1^0 (1-t^2)(-dt) = \int\limits_0^1 (1-t^2)dt =$$

$$= (t - \frac{t^3}{3})\Big|_0^1 = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}.$$

Пример 11

Вычислить $\int\limits_L x\sqrt[3]{y}dx - 6x^3dy$ по дуге кривой $y = x^3$ от A (1,1) до B (-1,-1).

Решение

Для вычисления криволинейного интеграла второго рода выразим y и dy через x и dx из уравнения кривой $y = x^3, dy = 3x^2dx.$ В интегралах второго рода кривая ориентирована. При движении по кривой от A до B переменная x изменяется от 1 до –1. Всё подставим в подынтегральное выражение.

$$\int\limits_L x\cdot\sqrt[3]{y}dy - 6x^2dy = \int\limits_1^{-1}(x\cdot\sqrt[3]{x^3}dx - 6x^3\cdot 3x^2dx) = \int\limits_1^{-1}(x^2 - 18x^5)dx = (\frac{x^3}{3} - 3x^6)\Big|_1^{-1} = (-\frac{1}{3} - 3) - (\frac{1}{3} - 3) = -\frac{2}{3}.$$

Пример 12

Найти массу дуги $\overset{\smile}{OA}$ кривой $y = \frac{2x\sqrt{x}}{3}$, если линейная плотность массы в точке $M\,(x,y)$ пропорциональна длине дуги $\left|\overset{\smile}{OM}\right|$, $O(0,0)$, $A(4,\frac{16}{3})$.

Решение

Выберем формулу $m = \int\limits_L \delta(x,y)dl$, где $\delta = \delta(x,y)$ - линейная плотность массы.

По условию задачи $\delta = k\left|\overset{\smile}{OM}\right| = kl.$ Найдем длину дуги $\overset{\smile}{OM}: l = \int\limits_{\overset{\smile}{OM}} dl$. Уравнение $\overset{\smile}{OM}: y = \frac{2x\sqrt{x}}{3}$, тогда $y' = \frac{2}{3}\cdot\frac{3}{2}x^{\frac{1}{2}} = \sqrt{x}, dl = \sqrt{1+(y')^2}dx = \sqrt{1+x}dx.$

$$l = \int\limits_{\overset{\smile}{OM}} \sqrt{1+x}dx = \int\limits_0^x \sqrt{1+x}dx = \int\limits_0^x (1+x)^{\frac{1}{2}}d(1+x) = \frac{(1+x)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\Bigg|_0^x = \frac{2}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1).$$

Получим $\delta = \frac{2k}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)$,

$m = \int\limits_{\overset{\smile}{OA}} \frac{2k}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)dl, \quad dl = \sqrt{1+x}dx = (1+x)^{\frac{1}{2}}dx, \quad 0 \le x \le 4,$ так как $\overset{\smile}{OM}$ и $\overset{\smile}{OA}$ - дуги одной кривой.

$$m = \int_0^4 \frac{2k}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)(1+x)^{\frac{1}{2}}dx = \frac{2k}{3}\int_0^4((1+x)^2 - (1+x)^{\frac{1}{2}})dx = \frac{2k}{3}(\frac{(1+x)^3}{3} - \frac{2}{3}(1+x)^{\frac{3}{2}})\Big|_0^4 =$$

$$= \frac{2k}{3}(\frac{5^3}{3} - \frac{2}{3}5^{\frac{3}{2}}) - \frac{2k}{3}(\frac{1}{3} - \frac{2}{3}) = \frac{2k}{9}(125 - 10\sqrt{5} + 1) = \frac{2k}{9}(126 - 10\sqrt{5}).$$

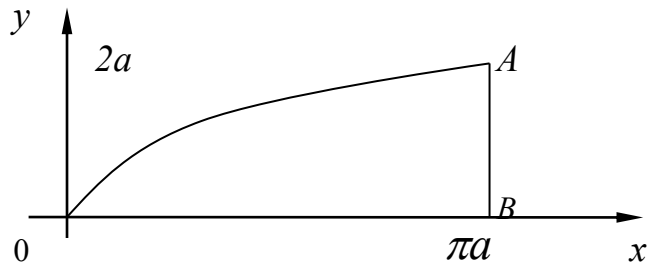
Ответ: $m = \frac{2k}{9}(126 - 10\sqrt{5}).$

Пример 13

Вычислить работу силового поля $\vec{F} = (2a - y)\vec{i} + (y - a)\vec{j}$ при движении точки вдоль первой арки циклоиды $x = a(t - \sin t), y = a(1 - \cos t)$ от $O(0,0)$ до $A(\pi a; 2a)$. Найти циркуляцию векторного поля $\vec{F}$ вдоль замкнутого контура $OBAO$, составленного из дуги $\overset{\smile}{AO}$ циклоиды и двух прямых OB и BA, если $B(\pi a; 0)$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{OA}$ циклоиды.

Решение

Сделаем чертеж



1) Обозначим работу поля $\vec{F} = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$ через W и найдем её по формуле

$$W = \int_L \vec{F}\,\vec{dr} = \int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy;$$

$$W = \int\limits_{\overset{\smile}{OA}} (2a - y)dx + (y - a)dy.$$

Из уравнения OA:

$$x = a\,(t - \sin t),\ dx = a\,(1 - \cos t)\,dt$$

$y = a\,(1 - \cos t),\ dy = a \sin t\, dt.$

В точке $O\,(0, 0)$ $y = 0,\ 0 = a\,(1 - \cos t)$, $\cos t = 1,\ t = 0$, в точке $A\,(\pi a;\ 2a)$, $y = 2a$, $2a = a\,(1 - \cos t),\ 2 = 1 - \cos t,\ \cos t = -1,\ t = \pi$ (обязательно проверяем, получаются, ли значения x в этих точках при найденных значениях t).

$$W = \int_0^{\pi} ((2a - a + a\cos t)a(1 - \cos t)dt + (a - a\cos t - a)a\sin t dt)) =$$

$$= \int_0^{\pi} (a^2(1 + \cos t)(1 - \cos t) - a^2\cos t \sin t)dt = a^2\int_0^{\pi}(1 - \cos^2 t - \cos t \sin t)dt = a^2\int_0^{\pi}(\sin^2 t - \frac{1}{2}\sin 2t)dt =$$

$$= \frac{a^2}{2}\int_0^{\pi}(1 - \cos 2t)dt - \frac{a^2}{2}\int_0^{\pi}\sin 2t dt = \frac{a^2}{2}(t - \frac{1}{2}\sin 2t)|_0^{\pi} + \frac{a^2}{2}\cdot\frac{1}{2}\cos 2t|_0^{\pi} = \frac{a^2\pi}{2}.$$

Найдем циркуляцию поля $\vec{F}$ вдоль замкнутого контура $OBAO$ по формуле

$$Ц_L = \oint_L \vec{F}\cdot\vec{dr} = \oint_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy = \oint_L (2a - y)dx + (y - a)dy.$$

Контур $L = OBAO = OB + BA + A\breve{O}$

$$\oint_L = \int_{OB} + \int_{\breve{BA}} + \int_{AO}$$

$$\int_{OB} = \int_{OB} (2a - y)dx + (y - a)dy$$

Из уравнения OB: $y = 0$ получим $dy = 0,\ x$ изменяется от 0 до πa.

$$\int_{OB} = \int_0^{\pi a} (2a - 0)dx = 2ax|_0^{\pi a} = 2\pi a^2$$

$$\int_{BA} = \int_{BA} (2a - y)dx + (y - a)dy$$

Из уравнения BA: $x = \pi a, dx = 0, y$ изменяется от 0 до $2a$.

$$\int_{BA} = \int_0^{2a} (y - a)dy = \left(\frac{y^2}{2} - ay\right)\Big|_0^{2a} = 2a^2 - 2a^2 = 0.$$

$$\int_{AO} = -\int_{\breve{OA}} = -\int_{\breve{OA}} (2a - y)dx + (y - a)dy = -W = -\frac{\pi a^2}{2}$$

$$Ц_L(\vec{F}) = 2\pi a^2 + 0 - \frac{\pi a^2}{2} = \frac{3\pi a^2}{2}$$

2) Найдем поток поля $\vec{F}$ через кривую $\overset{\smile}{OA}$ по формуле

$$\prod_L(\vec{F}) = \int_L Q(x,y)dx - P(x,y)dy = \int_{\overset{\smile}{OA}} (y-a)dx - (2a-y)dy =$$

$$= \int_0^{\pi} \Big((a - a\cdot\cos\ t - a)\cdot a\cdot(1-\cos\ t)dt - (2a - a + a\cos\ t)\,a\cdot\sin\ t\,dt\Big) =$$

$$= \int_0^{\pi} (-a^2\cos\ t\cdot(1-\cos\ t) - a^2\cdot(1+\cos\ t)\cdot\sin\ t)dt =$$

$$= a^2\int_0^{\pi}(-\cos t + \cos^2 t - \sin t - \cos t\cdot\sin t)\,dt =$$

$$= a^2(-\sin\ t\Big|_0^{\pi} + \frac{1}{2}\int_0^{\pi}(1+\cos 2t)dt + \cos\ t\Big|_0^{\pi} - \frac{1}{2}\int_0^{\pi}\sin 2t\,dt) =$$

$$= a^2(0 + \frac{1}{2}\left(t + \frac{1}{2}\sin 2t\right)\Big|_0^{\pi} + (-1-1) + \frac{1}{4}\cos 2t\Big|_0^{\pi}\Big) = a^2\left(\frac{\pi}{2} - 2\right).$$

Ответ: $W = \frac{\pi a^2}{2}; Ц_L(\vec{F}) = \frac{3\pi a^2}{2}; \prod_{\overset{\smile}{OA}}(\vec{F}) = a^2\left(\frac{\pi}{2} - 2\right).$

Пример 14

Найти ротор и дивергенцию векторного поля $\vec{u} = \frac{2\vec{i} + \vec{j} - \vec{k}}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$ в произвольной точке M (x, y, z) и в точке $M_0(2;-2;1)$.

Решение

По формуле

$$rot\vec{u} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = (\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z})\vec{i} - (\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z})\vec{j} + (\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y})\vec{k};$$

$$P = \frac{2}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}; Q = \frac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}; R = \frac{-1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}.$$

Найдем частные производные

$$\frac{\partial P}{\partial x}=\left(\frac{2}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\right)'_x=(2(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{1}{2}})'_x=2\cdot(-\frac{1}{2})(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}\cdot 2x=-\frac{2x}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}}.$$

Обозначив $r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ запишем

$$\frac{\partial P}{\partial x}=-\frac{2x}{r^3},\quad \frac{\partial P}{\partial y}=-\frac{2y}{r^3};\quad \frac{\partial P}{\partial z}=-\frac{2z}{r^3};$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}=-\frac{x}{r^3};\quad \frac{\partial Q}{\partial y}=-\frac{y}{r^3};\quad \frac{\partial Q}{\partial z}=-\frac{z}{r^3};$$

$$\frac{\partial R}{\partial x}=\frac{x}{r^3};\quad \frac{\partial R}{\partial y}=\frac{y}{r^3};\quad \frac{\partial R}{\partial z}=\frac{z}{r^3}.$$

Подставим найденные производные в формулу ротора

$$rot\vec{u}(M)=\left(\frac{y}{r^3}+\frac{z}{r^3}\right)\vec{i}-\left(\frac{x}{r^3}+\frac{2z}{r^3}\right)\vec{j}+\left(-\frac{x}{r^3}+\frac{2y}{r^3}\right)\vec{k}=\frac{(z+y)\vec{i}-(x+2z)\vec{j}+(2y-x)\vec{k}}{r^3}=$$

$$=\frac{(z+y)\vec{i}-(x+2z)\vec{j}+(2y-x)\vec{k}}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}}.$$

В точке M_0 (2;-2;1)

$$rot\vec{u}(M_0)=\frac{(1-2)\vec{i}-(2+2)\vec{j}+(-4-2)\vec{k}}{\sqrt{(4+4+1)^3}}=\frac{-1\vec{i}-4\vec{j}-6\vec{k}}{27}.$$

По формуле

$$div\vec{u}(M)=\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial y}+\frac{\partial R}{\partial z}$$

$$div\vec{u}(M)=-\frac{2x}{r^3}-\frac{y}{r^3}+\frac{z}{r^3}=-\frac{2x+y-z}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}}$$

$$div\vec{u}(M_0)=-\frac{4-2-1}{27}=-\frac{1}{27}.$$

Ответ:

$$rot\vec{u}(M) = \frac{(z+y)\vec{i} - (x+2z)\vec{j} + (2y-x)\vec{k}}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}},$$

$$rot\vec{u}(M_0) = -\frac{1}{27}(\vec{i} + 4\vec{j} + 6\vec{k}),$$

$$div\vec{u}(M) = -\frac{2x+y-z}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}},$$

$$div\vec{u}(M_0) = -\frac{1}{27}.$$

V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной линиями $xy = 2$, $y = 2x$, $2y = x$ и расположенной в первой четверти $(x \geq 0, y \geq 0)$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = 3$.

2. Найти площадь фигуры $2x \leq x^2 + y^2 \leq 4x, 0 \leq y \leq x\sqrt{3}$.

Ответ: $S = \pi + \frac{3\sqrt{3}}{4}$.

3. Найти электрический заряд кривой $y = \frac{x^2}{2}$, $1 \leq x \leq 2$, если плотность заряда $\lambda = \frac{y}{x}$.

Ответ: $q = \frac{1}{6}(5\sqrt{5} - 2\sqrt{2})$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = y(x-y)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по эллипсу $x=2\cos t$, $y = \sin t$ из A (2, 0) в B (0,1). Найти циркуляцию $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABDA$, где D(-1,1), BD и DA - прямые. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{AB}$ эллипса.

Ответ: $W = \frac{\pi}{2}$; Ц $= \frac{\pi}{2}$; П $= \frac{7}{3}$.

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $x = 0$, $y = 0$, $z = 1$, $z = 3$, $2x + y = 3$.

Ответ: $C(\frac{1}{2}; 1, 2)$.

6. Найти массу части сферы $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$, расположенной в первом октанте $(x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0)$, если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = \frac{1}{8}\pi^2 a^3$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = -(3y^2 + 2x^2)\vec{i} + 2x^2\vec{j} - (2x^2 + y^2)\vec{k}$ в точке $M(x,y,z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -4, rot\vec{a}(M_0) = -2\vec{i} + 4\vec{j} + 10\vec{k}$.

Вариант 2

1. Найти ординату центра массы фигуры, ограниченной линиями $y = e^x, y = e^{-x}, x = 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = e^x$.

Ответ: $y = \dfrac{e^3 - 3e^{-1} - 4}{3e^2 - 9}$.

2. Найти площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = a(1 - \sin\varphi)$ и окружностью $\rho = a$ и расположенной вне кардиоиды.

Ответ: $s = \dfrac{a^2(8 - \pi)}{4}$.

3. Найти массу дуги параболы $y^2 = 2px, 0 \le x \le \dfrac{p}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = |y|$.

Ответ: $m = \dfrac{2p^2}{3}(2\sqrt{2} - 1)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = -y\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по окружности $x = 2\cos t$, $y = 2\sin t$ из A (2,0) в B (-2,0). Найти циркуляцию $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABDA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BD и DA, где D (-2;-2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 4\pi, \quad \Pi = 0, \quad Ц = 4\pi + 8.$

5. Найти момент инерции относительно оси Oz однородного тела, ограниченного поверхностями $x + y + z = a\sqrt{2}, \; x^2 + y^2 = a^2, z = 0,$ если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \dfrac{\pi a^5}{\sqrt{2}}$.

6. Найти электрический заряд части поверхности $z = \dfrac{1}{2}(x^2 + y^2),$ отсеченной плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = z$.

Ответ: $q = \dfrac{2\pi(1 + 6\sqrt{3})}{15}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,2,3)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 0, rot\vec{a}(M_0) = -2\vec{i} + 4\vec{j} - 2\vec{k}.$

Вариант 3

1. Найти момент инерции относительно оси ox однородной фигуры, ограниченной линиями $\frac{y}{h}-\frac{3x}{a}=1,\ \frac{y}{h}+\frac{3x}{2a}=1, y=0,$ если поверхностная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $J_x=\frac{ah^3}{12}.$

2. Найти площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho=4(1+\sin\varphi)$ и прямой $\rho\sin\varphi=3$ и расположенной выше прямой.

Ответ: $S=8\pi+9\sqrt{3}.$

3. Найти электрический заряд кривой $y=\ln\cos x, 0\le x\le\frac{\pi}{6},$ если линейная плотность заряда равна $\lambda=\sin x\cdot\cos^2 x.$

Ответ: $q=\frac{1}{8}.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=(x^2-y^2)\vec{i}+(x^2+y^2)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x=2\cos t, y=\sin t$ от $A(2;0)$ до $B(0;1)$. Найти циркуляцию $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABDA$, составленному из дуги $\overset{\smile}{AB}$ и прямых BD и DA, если D (0;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{AB}$.

Ответ: $W=\frac{5}{3};\quad \Pi=\frac{19}{3};\quad Ц=\frac{14}{3}.$

5. Найти массу тела, ограниченного поверхностями $z=\sqrt{x}, z=2\sqrt{x}, x+y=6, y=0,$ если плотность массы $\delta=2z.$

Ответ: $m=108.$

6. Найти координаты центра массы части однородной поверхности $z=\sqrt{x^2+y^2}$, вырезанной поверхностью $x^2+y^2=ax.$

Ответ: $C\left(\frac{a}{2};0;\frac{16a}{9\pi}\right).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\sqrt{x^2+y^2+z^2}(3\vec{i}+2\vec{j}-4\vec{k})$ в точке *M (x, y, z)* и в точке $M_0(1,-2,-2).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=\frac{7}{3};\ rot\vec{a}(M_0)=\frac{1}{3}(12\vec{i}-2\vec{j}+8\vec{k}).$

Вариант 4

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной кривыми $y = x^2, y = 2x^2, x = 1, x = 2.$

Ответ: $c\left(\frac{45}{28}; \frac{279}{70}\right).$

2. Найти момент инерции относительно начала координат фигуры $x^2 + y^2 \le 2Rx,$ если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}\,.$

Ответ: $J_0 = \frac{512R^5}{75}.$

3. Найти массу участка кривой $\begin{cases} x = \cos t \\ y = \sin t, 0 \le t \le \pi \end{cases}$, если линейная плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $m = 2.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = y(x-y)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2x^2$ от O (0,0) до B (1,2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, составленному из дуги $\overset{\cup}{OB}$ параболы и прямых BD и DO, если D (-1,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OB}$.

Ответ: $W = \frac{31}{30}; \quad Ц = \frac{241}{30}; \quad П = \frac{47}{30}.$

5. Найти объем тела, ограниченного поверхностями: $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, x + y = 6, y = 0.$

Ответ: $V = \frac{48\sqrt{6}}{5}.$

6. Найти электрический заряд части конической поверхности $z = \sqrt{y^2 + x^2}$, отсеченной цилиндром $x^2 + y^2 = 2ax,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(x^2 + y^2 + z).$

Ответ: $q = -3\sqrt{2}\pi a^4.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = x^2yz\vec{i} + xy^2z\vec{j} + xyz^2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,2,3).$

Ответ: $diva(M_0) = 36, rot\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - 16\vec{j} + 9\vec{k}.$

Вариант 5

1. Найти абсциссу центра массы фигуры, ограниченной линиями $y = \ln x, y = 0, y = 1, x = 0,$ если поверхностная плотность массы $\delta = e^y$.

Ответ: $\bar{x} = \frac{e}{3} + \frac{1}{3(e+1)}$.

2. Найти электрический заряд фигуры $x^2 + y^2 \le 2Rx, y \ge 0,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = \frac{16}{9} R^3$.

3. Найти момент инерции первого витка однородной винтовой линии $x = a\cos t,\ y = a\sin t,\ z = \frac{h}{2\pi} t$ относительно оси *oz*. Линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = a^2 \cdot \sqrt{4\pi^2 a^2 + h^2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = x(y-1)\vec{i} + x^2\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = x^2$ от *B* (-2;4) до *C* (2,4). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, составленному из дуги $\overset{\cup}{BC}$ параболы и прямой *CB*. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BC}$ параболы.

Ответ: *W* = 0, Ц = 0, П = -9,6.

5. Найти момент инерции относительно оси *Oy* однородного тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = R^2, \quad z = 0, \quad z = H,$ если масса тела равна *m*.

Ответ: $J_y = \frac{m}{12}\left(3R^2 + 4H^2\right)$.

6. Найти массу части поверхности $z = \sqrt{4 - x^2}$, отсеченной плоскостями *y* = 0, *y* = 5, *x*=0, *z*=0 *и расположенной в первой октанте,* если поверхностная плотность массы $\delta = z(x + y)$.

Ответ: *m* = 70.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}$, если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{a} = -(2x^2 + 3y^2)\vec{i} + 2x^2\vec{j} - (2x^2 + y^2)\vec{k},\ \vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k},\ \ \vec{c} = \vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k}$ в точке *M (x ,y ,z)* и в точке M_0 (1,-1,1).

Ответ: $div\vec{a} = -4x, \quad rot\vec{a} = -2y\vec{i} + 4x\vec{j} + (4x + 6y)\vec{k}$.

Вариант 6

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $y=\frac{x}{2}, y=\sqrt{\frac{x}{2}}$, если поверхностная плотность заряда $\lambda=-(xy^2+1)$.

Ответ: $q=-\frac{47}{105}$.

2. Найти массу фигуры $1\le x^2+y^2\le 9,\quad 0\le x\le y$, если поверхностная плотность массы $\delta=\frac{x}{y}$.

Ответ: $m = 2\ln 2$.

3. Найти момент инерции линии $y=e^x,\quad 0\le x\le\frac{1}{2}$ относительно оси ox, если линейная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $J_x=\frac{1}{3}\left((1+e)^{\frac{3}{2}}-2\sqrt{2}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=(x+2y)\vec{i}+(x-y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 4\cos t$, $y = 3\sin t$ от B (0,3) до C (-4,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, составленному из дуги эллипса $\overset{\smile}{BC}$ и прямых CD и DB, если D (0;-2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{BC}$ эллипса.

Ответ: $W=\frac{25-6\pi}{2}$, Ц $=-4-3\pi$, П $=-17$.

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $x=3-y^2-z^2, x=0$.

Ответ: C (1,0,0).

6. Найти площадь части плоскости $z = 4 - x$, вырезанной поверхностями $z = 0$, $x = y^2$.

Ответ: $S=\frac{32\sqrt{2}}{3}$.

6. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=-\left(3\frac{y}{x}+2\frac{x}{y}\right)\vec{i}+2\frac{x}{y}\vec{j}-\left(2\frac{x}{y}+\frac{y}{x}\right)\vec{k}$ в точке M (x, y, z) и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $diva(M_0)=-1, rota(M_0)=i+j+3k$.

Вариант 7

1. Найти абсциссу центра массы однородной фигуры

Ответ: $\bar{x} = \dfrac{(4-\pi)(\sqrt{2}+1)}{4}$.

2. Вычислить площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = 4(1+\cos\varphi)$ и прямой $\rho\cos\varphi = 3$ и расположенной справа от прямой.

Ответ: $S = 8\pi + 9\sqrt{3}$.

3. Найти координаты центра массы однородной кривой $\begin{cases} x = a\cos^3 t \\ y = a\sin^3 t \end{cases}, 0 \le t \le \dfrac{\pi}{2}$.

Ответ: $C\left(\dfrac{2a}{5}; \dfrac{2a}{5}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy - y^2)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2\sqrt{x}$ от O (0,0) до B (1,2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $OCBO$, состоящему из дуги BO параболы и прямых OC и CB, если C (1; -1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OB}$ параболы.

Ответ: $W = -\dfrac{8}{15}, \text{Ц} = \dfrac{71}{30}, \text{П} = \dfrac{13}{6}$.

5. Вычислить электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 1, x^2 + y^2 = 3z, x = 0, y = 0, z = 0$ и расположенного в первом октанте $(x \ge 0, y \ge 0, z \ge 0)$, если плотность заряда $\lambda = -x$.

Ответ: $q = -\dfrac{1}{15}$.

6. Найти массу части плоскости $x + y + z = 4$, вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = 4$, если поверхностная плотность массы $\delta = (x^2 + y^2)^2 + z^2$.

Ответ: $m = \dfrac{280}{3}\pi\sqrt{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(2\vec{i} - 4\vec{j} + \vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и $M_0(-2,2,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -\dfrac{11}{3}; rot\vec{a}(M_0) = \dfrac{1}{3}(6\vec{i} + 4\vec{j} + 4\vec{k})$.

Вариант 8

1. Найти ординату центра массы однородной фигуры $0 \le x \le \frac{\pi}{4}, 0 \le y \le \sin x.$

Ответ: $\bar{y} = \frac{(\pi - 2)(2 + \sqrt{2})}{16}.$

2. Найти момент инерции однородной фигуры $x^2 + y^2 \le 2y, y \ge 1$ относительно оси O*x*, если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_x = \frac{15\pi + 20}{24}.$

3. Найти длину дуги астроиды $\begin{cases} x = a\cos^3 t \\ y = a\sin^3 t \end{cases}.$

Ответ: $l = 6a.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x + 3y)\vec{i} + (y + 2x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = \frac{x + x^2}{2}$ от *B* (-1,0) до *O* (0,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *OCBO*, состоящему из дуги *BO* параболы и прямых *OC* и *CB*, где *C* (-1,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{BO}$.

Ответ: $W = -\frac{7}{12}; \quad Ц = -\frac{13}{12}; \quad П = -\frac{7}{6}.$

5. Вычислить электрический заряд тела, ограниченного плоскостями $x + y + z = 2$, $x = 0$, $z = 0$, $x - y = 0$, если плотность заряда $\lambda = -x.$

Ответ: $q = \frac{1}{6}.$

6. Найти массу полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = z \cdot \sqrt{x^2 + y^2}.$

Ответ: $m = \frac{2}{3}\pi R^4.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = arctg\frac{z}{x + y}(2\vec{i} + \vec{j} + \vec{k})$ в точке *M(x,y,z)* и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -\frac{1}{5}; \quad rot\vec{a}(M_0) = \frac{1}{5}(-3\vec{i} + 5\vec{j} + \vec{k}).$

Вариант 9

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $\sqrt{2y} = x, y = 2, x = 0.$

Ответ: $C\left(\frac{3}{4}, \frac{6}{5}\right).$

2. Найти электрический заряд кольца $\frac{\pi^2}{4} \le x^2 + y^2 \le 4\pi^2,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = \cos\sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = 2\pi - \pi^2.$

3. Найти электрический заряд участка кривой $\begin{cases} x = t^3 \\ y = t \\ z = t^2, \end{cases} \quad 0 \le t \le 1,$ если линейная плотность заряда $\lambda = \sqrt{1 + 4z + 9xy}$.

Ответ: $q = -\frac{62}{15}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (2x + y)\vec{i} + (2x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2x - x^2$ от O (0,0) до B (2,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\smile}{BO}$ и прямых OC и CB, если C (2;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{OB}$.

Ответ: $W = \frac{8}{3}; \text{Ц} = \frac{7}{3}; \quad \Pi = \frac{16}{3}.$

5. Найти массу тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x^2 + z^2}, y = b,$ если плотность массы $\delta = y.$

Ответ: $m = \frac{\pi b^4}{4}.$

6. Найти момент инерции относительно оси Oz части однородной поверхности сферы $x^2 + y^2 + z^2 = R^2, z \ge h,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_z = \frac{2\pi R}{3}(R - h)(2R^2 - Rh - h^2).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (2y^2 - 3x^2)\vec{i} - x^2\vec{j} + (y^2 - 3x^2)\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_o(1,3,-2).$

Ответ: $div\vec{a}(M_o) = -6, rot\vec{a}(M_o) = +6\vec{i} + 6\vec{j} - 14\vec{k}.$

Вариант 10

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $y = \sqrt{2x},\ x = 2,\ y = 0.$

Ответ: $C\left(\frac{6}{5}, \frac{3}{4}\right).$

2. Найти момент инерции однородного круга $x^2 + y^2 \le 2Ry$ относительно оси Оx, если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J = \frac{5}{4}\pi R^4.$

3. Найти массу кривой $\sqrt{x} + \sqrt{y} = a, 0 \le x \le a,$ если линейная плотность массы $\lambda = \sqrt{\frac{x^3}{x+y}}.$

Ответ: $m = \frac{a^2}{2}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x+2y)\vec{i} + (x-y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = \cos t, y = 2\sin t$ от B (0;-2) до A (1;0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $BACB$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ и прямых AC и CB, если C (0;1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BA}.$

Ответ: $W = \frac{5-\pi}{2};\ \text{Ц} = -\frac{1+\pi}{2}; \Pi = \frac{9}{2}.$

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного плоскостями $z = 0, z = ky$ и цилиндрической поверхностью $y = \sqrt{a^2 - x^2}.$

Ответ: $C\left(0; \frac{3}{16}\pi a;\ \frac{3}{32}\pi ak\right).$

6. Найти электрический заряд части поверхности $2z = 9 - x^2 - y^2,$ отсекаемой плоскостью $z = 0,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = x^2 + y^2 + z - 2.$

Ответ: $q = \frac{\pi}{15}(500\sqrt{10} - 23).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \frac{2\vec{i} + \vec{j} - \vec{k}}{x^2 + y^2 + z^2}$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -\frac{4}{9}; rot\vec{a}(M_0) = \frac{1}{9}(4\vec{i} - 6\vec{j} + 2\vec{k});$

Вариант 11

1. Вычислить массу плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{2}{3}\sqrt{9 - x^2}$, $y = 2x$, $x = 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $m = \frac{4}{\sqrt{10}}$.

2. Найти момент инерции относительно оси Oy однородной фигуры $x^2 + y^2 \le 2x, x \ge 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = \frac{15\pi + 32}{24}$.

3. Найти массу кривой $y = \sqrt{x - x^2}$, если линейная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = 1$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 + y^2)\vec{i} + (y^2 - x^2)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 2\cos t$, $y = \sin t$ из A (0;-1) в B (2,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги AB эллипса и прямых BC и CA, если C (-2,0). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = \frac{5}{3}$; $\text{Ц} = -\frac{10}{3}$; $\text{П} = -\frac{13}{3}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = x^2 + y^2, y = x^2, z = 0, y = 1,$ если плотность заряда $\lambda = 3x + 4y$.

Ответ: $q = \frac{160}{63}$.

6. Найти координаты центра массы части однородной конической поверхности $x^2 + y^2 - z^2 = 0,$ находящейся между плоскостями $z = 0$, $z = h$.

Ответ: $C\left(0,0,\frac{2h}{3}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\,(3\vec{i} - 3\vec{j} + \vec{k})$ в точке $M\,(x, y, z)$ и в точке M_0 (2; -2,1).

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = \frac{13}{3}; rot\vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(\vec{i} + \vec{j})$.

Вариант 12

1. Вычислить координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной эллипсом $y = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}$ и осью абсцисс.

Ответ: $C\left(0; \frac{4b}{3\pi}\right)$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородного круга $x^2 + y^2 \le 4y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = 24\pi$.

3. Найти электрический заряд линии $\begin{cases} x = t\cos t \\ y = t\sin t, 0 \le t \le 2\pi, \\ z = t \end{cases}$ если плотность заряда $\lambda = -z$.

Ответ: $q = \frac{\sqrt{8}}{3} - \frac{1}{3}\sqrt{(2 + 4\pi^2)^3}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (2x + y)\vec{i} + (2x - 3y)\vec{j}$ при перемещении точки от A (1,0) до B (-1,0) по параболе $y = 1 - x^2$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA, если C (-1;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BA}$.

Ответ: $W = \frac{4}{3}$; Ц $= \frac{7}{3}$; П $= -\frac{4}{3}$.

5. Найти статический момент относительно плоскости xOz однородного тела, ограниченного поверхностями $x = \sqrt{y}$, $x = 2\sqrt{y}$, $z = 0$, $y + z = 6$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{xz} = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти массу части поверхности $z = \frac{x^2 + y^2}{2}$, отсеченной плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = z$.

Ответ: $m = \frac{4\pi(6\sqrt{3} + 1)}{15}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (x^2 + 2y^2)\vec{i} - 2y^2\vec{j} + \frac{2y^2 - x^2}{z}\vec{k}$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -3, rot\vec{a}(M_0) = 4\vec{i} + 2\vec{j} - 4\vec{k}$.

Вариант 13

1. Найти электрический заряд треугольной пластины с вершинами A (-2;-2), B (-1;2), C $(-1;-\frac{3}{2})$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = 2x + y$.

Ответ: $q = -\frac{133}{24}$.

2. Найти момент инерции однородной фигуры, ограниченной кардиоидой относительно оси ox, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_x = \frac{21\pi a^4}{32}$.

3. Найти координаты центра массы кривой $\begin{cases} x = e^t \cos t \\ y = e^t \sin t \end{cases}, 0 \le t \le \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}$.

Ответ: $C\left(\frac{e^{\frac{\pi}{2}} - 1}{\pi}; \frac{e^{\frac{\pi}{2}} + 1}{\pi}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - 2xy)\vec{i} + (y^2 - 2xy)\vec{j}$ при перемещении точки по гиперболе $y = \frac{2}{x}$ от A (1,2) до B (2,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BC и CA, если C (2,3). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0$; Ц $= -\frac{2}{3}$; П $= -4$.

5. Найти статический момент относительно плоскости yoz однородного тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x}, y = 2\sqrt{x}, z = 0, x + z = 6,$ если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{yz} = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти массу части конической поверхности $z = \sqrt{2xy},$ отсекаемой плоскостью $x + y = 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{2xy}.$

Ответ: $m = \frac{1}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (y^2 - 3x^2)\vec{i} + x^2\vec{j} + (2y^2 - 3x^2)\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,-1,1)$.

Ответ: $diva(M_0) = -6, rot\vec{a} = -4\vec{i} + 6\vec{j} + 4\vec{k}$.

Вариант 14

1. Найти момент инерции относительно оси *oy* однородного треугольника с вершинами *A* (,1); *B* (1,2); *C* (3,3), если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = 3.$

2. Найти статический момент относительно оси *Ox* однородной фигуры $1 \le x^2 + y^2 \le 2y,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $M_x = \dfrac{8\pi + 3\sqrt{3}}{12}.$

3. Найти длину дуги кривой $\begin{cases} x = e^t \cos t \\ y = e^t \sin t \\ z = e^t \end{cases}$ при $-\infty < t \le 0.$

Ответ: $l = \sqrt{3}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - 2xy)\vec{i} + (y^2 - 2xy)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = \dfrac{2}{x}$ от *A* (-2,-1) до *B* (-1,-2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ABCA*, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{AB}$ и прямых *BC* и *CA*, если *C* (1;-1). Найти поток вектора через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0;$ Ц = 2; $\Pi = -4.$

5. Вычислить массу тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 2z,$ z = 2, если плотность массы $\delta = x^2 + y^2.$

Ответ: $m = \dfrac{16\pi}{3}.$

6. Найти электрический заряд части поверхности конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2},$ вырезанной цилиндром $y^2 + z^2 = 2ay,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = x^2 + y^2 + z^2.$

Ответ: $q = \dfrac{3\pi a^4}{\sqrt{2}}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = arctg\dfrac{z}{x+y}(\vec{i} - \vec{j} + \vec{k})$ в точках

M (x, y, z) и M_0 (1,1,1).

Ответ: $diva(M_0) = \dfrac{2}{5},\ rota(M_0) = \dfrac{1}{5}(i + 3j + 2k).$

Вариант 15

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $y^2 = 3x, y = x,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $C\left(\frac{6}{5}, \frac{3}{2}\right).$

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной кривой $\rho = 2a\cos\varphi,$ если плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_0 = \frac{3}{2}\pi a^4.$

3. Найти массу участка кривой $y = -\ln\cos x, 0 \le x \le \frac{\pi}{4},$ если линейная плотность массы $\delta = \sin^2 x \cdot \cos^2 x.$

Ответ: $m = \frac{\sqrt{2}}{12}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{1}{x}\vec{i} + \frac{1}{y}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 2\cos t, y = 2\sin t$ от $A(\sqrt{3}, 1)$ до $B(1, \sqrt{3})$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ACBA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых AC и CB, где $C(\sqrt{3}; \sqrt{3})$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = 0,$ Ц $= 0,$ $\Pi = \frac{\pi}{3}.$

5. Найти заряд тела, ограниченного плоскостями $x = 0, y = 0, z = 0, y = h, x + z = a,$ если плотность заряда $\lambda = -x.$

Ответ: $q = -\frac{a^3 h}{6}.$

6. Вычислить массу участка поверхности $z = \sqrt{x^2 + y^2},$ отсеченного плоскостью $z = 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = x^2 + y^2 + 3z^2.$

Ответ: $m = 2\pi\sqrt{2}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (\vec{i} + 2\vec{j} + k)\ln(x + 2y + 3z)$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_1(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = \frac{4}{3}; rot\vec{a}(M_0) = \frac{-2i + j}{3};$

Вариант 16

1. Найти координаты центра массы фигуры, ограниченной линиями $x^2 = 3y$, $x = y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\frac{3}{2};\frac{6}{5}\right)$.

2. Найти массу круга радиуса *R*, плотность массы которого в каждой точке равна расстоянию от этой точки до окружности.

Ответ: $m = \frac{\pi R^3}{3}$.

3. Найти статический момент кривой $\begin{cases} x = 4\cos t \\ y = \sin t \end{cases}, 0 \le t \le \frac{\pi}{2}$ относительно оси *ox*, если линейная плотность массы $\delta = x$.

Ответ: $M_x = 5{,}6$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{x}{y}\vec{i} - \frac{y}{x}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = -\frac{2}{x}$ от *A* (1;-2) до *B* (2;-1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ACBA*, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{BA}$ и прямых *AC* и *CB*, где $C(-2;-2)$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ гиперболы.

Ответ: $W = 0$, $\text{Ц} = 0$, $\text{П} = 2$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 2x$, $z = 0$, $z = 3$, если плотность заряда $\lambda = -z\sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = -8$.

6. Найти момент инерции относительно оси *oz* однородной полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{4}{3}\pi R^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (y^2 + 3x^2)\vec{i} - 3x^2\vec{j} + (3x^2 - 2y^2)\vec{k}$ в точке *M* (*x, y, z*) и в точке $M_0(2,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 12, rot\vec{a}(M_0) = -4\vec{i} - 12\vec{j} - 14\vec{k}$.

Вариант 17

1. Найти момент инерции относительно оси *Ox* плоской однородной фигуры, ограниченной кривыми $y=\sqrt{2x},\ x+y=3,\ y=0$, если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $J_x=1{,}4$.

2. Найти массу фигуры $x^2+y^2\le 4x,$ если поверхностная плотность массы $\delta=x^2$.

Ответ: $m=20\pi$.

3. Найти координаты центра массы однородной полуокружности $y=\sqrt{a^2-x^2}$.

Ответ: $C\left(0;\frac{2a}{\pi}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=\frac{x\vec{i}-y\vec{j}}{x^2+y^2}$ при перемещении точки по дуге окружности $x=3\cos t, y=3\sin t$ от $A(3,0)$ до $B(0,3)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ACBA,* состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых *AC* и *CB*, если *C*(3,3). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W=-1,\quad \text{Ц}=1-\ln 2,\quad \Pi=0$.

5. Найти статический момент относительно плоскости *yoz* тела, ограниченного поверхностями $z=\frac{1}{2}x^2, x=0, y=0, z=0{,}3x+2y=12,$ если плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $M_{yz}=\frac{192}{5}$.

6. Найти электрический заряд части поверхности $z=1-(x^2+y^2),$ отсеченной плоскостью $z=0,$ если плотность заряда $\lambda=\sqrt{1+4x^2+4y^2}$.

Ответ: $q=3\pi$.

7. Найти дивергенцию и ротор поля $\vec{a}=\sqrt{x^2+y^2+z^2}\,(2\vec{i}+\vec{y}+3\vec{k})$ в точке $M(x,y,z)$ и в точке $M_0(-1;2;2)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=2;\quad rot\vec{a}(M_0)=\frac{1}{3}(4\vec{i}+7\vec{j}-5\vec{k})$.

Вариант 18

1. Вычислить массу четверти кольца $4 \le x^2 + y^2 \le 9, \quad x \le 0, \quad y \ge 0,$ если поверхностная плотность массы $\delta = \dfrac{y - 2x}{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = 3.$

2. Найти координаты центра массы однородной фигуры, $1 \le x^2 + y^2 \le 2y,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $C\left(0; \dfrac{8\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi + 6\sqrt{3}}\right).$

3. Найти статический момент относительно оси Oy дуги кривой $\begin{cases} x = 4\cos t \\ y = \sin t, \end{cases}$ $0 \le t \le \dfrac{\pi}{2},$ если линейная плотность массы $\delta = y.$

Ответ: $M_y = 5{,}6.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = \cos\sqrt{y}\vec{i} + (x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге $\overset{\smile}{BO}$ параболы $y = x^2.$ Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\smile}{BOC}$ параболы $y = x^2$ и прямой CB, B (-1, 1), O (0, 0), C (1, 1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{OC}$ параболы.

Ответ: $W = \dfrac{7}{6} + \sin 1, \quad \text{Ц} = \dfrac{4}{3} + 2\sin 1 - 2\cos 1, \quad \Pi = -2(\sin 1 + \cos 1) + \dfrac{1}{6},$

5. Найти момент инерции линии $y = \ln x, 1 \le x \le \sqrt{e},$ относительно оси оу, если линейная плотность $\delta = 1.$

Ответ: $J_y = \dfrac{1}{3}\left((1 + e)^{3/2} - 2\sqrt{2}\right).$

6. Вычислить электрический заряд части поверхности конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2}$, отсеченной плоскостью $x = 2,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(5x^2 + 3y^2 + 3z^2 + 4).$

Ответ: $q = -80\pi\sqrt{2}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k})\cos(2x + y - z)$ в произвольной точке *M (x, y, z)* и в точке $M_0\left(\dfrac{\pi}{4}; \dfrac{\pi}{4}; \dfrac{\pi}{4}\right).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -3; rot\vec{a}(M_0) = -7\vec{i} + 10\vec{j} - 4\vec{k}.$

Вариант 19

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной эллипсом $\frac{x^2}{25}+\frac{y^2}{16}=1$ и осями координат, если поверхностная плотность заряда $\lambda.=x$ и фигура расположена при $x\ge 0,\quad y\ge 0.$

Ответ: $q=\frac{100}{3}.$

2. Найти координаты центра массы однородной фигуры $1\le x^2+y^2\le 2x,$ если поверхностная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $C\left(\frac{8\pi+3\sqrt{3}}{4\pi+6\sqrt{3}};0\right).$

3. Найти статический момент относительно оси ох однородной циклоиды $\begin{cases}x=t-\sin t\\ y=1-\cos t\end{cases},\ 0\le t\le 2\pi,$ если линейная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $M_x=\frac{32}{3}.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=\frac{y^2\vec{i}+x^2\vec{j}}{xy}$ при перемещении точки по дуге кривой $y=\frac{4}{x^2}$ от A (1, 4) до B (2, 1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ кривой $y=\frac{4}{x^2}$ и прямых BC и CA, если C (8, 4). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ этой кривой.

Ответ: $W=-0{,}5;\text{Ц}=8{,}5-\ln 8;\text{П}=7{,}1375.$

5. Вычислить момент инерции относительно оси oz однородного цилиндра $x^2+y^2\le 2Ry, 0\le z\le H,$ если масса цилиндра равна $m.$

Ответ: $J_z=\frac{3}{2}mR^2.$

6. Найти массу части поверхности, $z=\sqrt{9-x^2}$ отсеченной плоскостями $y=0$ и $y=3,$ если поверхностная плотность массы $\delta=\frac{1}{x^2+y^2+z^2}.$

Ответ: $m=\frac{\pi^2}{4}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\left(\frac{y}{x}+\frac{3x}{y}\right)\vec{i}-\frac{3x}{y}\vec{j}+\left(\frac{3x}{y}-\frac{2y}{x}\right)\vec{k}$ в произвольной точке $M(x, y, t)$ и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=5; rot\vec{a}(M_0)=-5\vec{i}-5\vec{j}-\vec{k}.$

Вариант 20

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной кривой $\sqrt{x}+\sqrt{y}=\sqrt{a}$ и осями координат.

Ответ: $C\left(\frac{a}{5};\frac{a}{5}\right)$.

2. Найти статический момент относительно оси Ox однородной фигуры $x^2+y^2\le 2y$, если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $M_x=\pi$.

3. Найти момент инерции относительно оси *Ox* одной арки однородной циклоиды $\begin{cases}x=a(t-\sin t)\\ y=a(1-\cos t)\end{cases}$. Линейная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $J_x=\frac{256}{15}a^3$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=(x-y^2)\vec{i}+2xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y=2-x^2$ от *A* (-1,1) до *B* (1,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ACBA*, составленному из дуги $\overset{\cup}{BA}$ параболы и прямых *AC* и *CB*, где *C* (-1; 0). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W=-\frac{142}{15};\text{Ц}=\frac{152}{15};\text{П}=\frac{4}{3}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2+z^2=1, y=0,$ $y=1$, если плотность заряда $\lambda=-(x^2+y^2+z^2)$.

Ответ: $q=-\frac{3}{2}\pi$.

6. Найти массу полусферы $z=\sqrt{R^2-x^2-y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta=\frac{z}{R}$.

Ответ: $m=\pi R^2$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=arctg\frac{x+y}{z}(\vec{i}+2\vec{j}+\vec{k})$ в произвольной точке *M*(*x, y, z*) и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=\frac{1}{5};rot\vec{a}(M_0)=\frac{1}{5}(5\vec{i}-3\vec{j}+\vec{k})$.

Вариант 21

1. Найти массу фигуры, ограниченной эллипсом $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1,$ если плотность массы $\delta=|y|$.

Ответ: $m=\frac{4}{3}ab^2.$

2. Найти электрический заряд, распределенный с поверхностной плотностью $\lambda=\sqrt{1-x^2-y^2}$ в области $x^2+y^2\le y.$

Ответ: $q=\frac{3\pi-4}{9}.$

3. Найти статический момент относительно оси Ox циклоиды $\begin{cases}x=a(t-\sin t)\\ y=a(1-\cos t)\end{cases},0\le t\le 2\pi,$ если линейная плотность массы $\delta=y.$

Ответ: $M_x=\frac{512}{15}a^3.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=\frac{y^2}{x}\vec{i}+\frac{x^2}{y}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y=\sqrt{x}$ от $A(1;1)$ до $B(4;2)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA, где $C(1;2)$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ параболы.

Ответ: $W=6{,}75,\ \text{Ц}=6{,}75-\ln 2-4\ln 4,\ \Pi=\frac{57}{5}.$

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z=1-\sqrt{x^2+y^2},z=0.$

Ответ: $C\left(0;0;\frac{1}{4}\right).$

6. Найти момент инерции относительно оси oz , часть однородной поверхности $z=\frac{h}{a}\sqrt{x^2+y^2},$ отсеченной плоскостью $z=h.$

Ответ: $J_z=\frac{1}{2}\pi a^3\sqrt{a^2+h^2}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля вектора $\vec{a}$ в точке $M(x,y,z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$, если $\vec{a}=\vec{b}\times\vec{c},$ где $\vec{b}=x^2\vec{i}+y^2\vec{j}-x^2\vec{k},\vec{c}=2\vec{i}+3\vec{j}+\vec{k}.$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=6,rot\vec{a}=(M_0)=-4\vec{i}-6\vec{j}-8\vec{k}.$

Вариант 22

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $\sqrt{x}+\sqrt{y}=\sqrt{a}, x=0, y=0,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = x.$

Ответ: $q=\frac{a^3}{30}.$

2. Найти площадь фигуры $1 \le x^2+y^2 \le 2x.$

Ответ: $S=\frac{2\pi+3\sqrt{3}}{6}.$

3. Найти моменты инерции однородной окружности $x^2+y^2=r^2$ относительно осей координат. Масса окружности равна m.

Ответ: $J_x=J_y=\frac{1}{2}mr^2.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=xy\vec{i}+(y-x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $\begin{cases} x=t \\ y=(t+1)^2 \end{cases}$ от A (-1;0) до B (0,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA, если C (-1;2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W=\frac{3}{4}; Ц=-\frac{5}{12}; \Pi=\frac{14}{15}.$

5. Вычислить массу тела, ограниченного поверхностями $2x + z = 4,\ x + z = 2,\ y = \sqrt{2x},$ если плотность $\delta = y.$

Ответ: $m=\frac{4}{3}.$

6. Найти координаты центра массы полусферы $z=\sqrt{R^2-x^2-y^2},$ если поверхностная плотность массы $\delta=x^2+y^2.$

Ответ: $C\left(0,0,\frac{3}{8}R\right).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $a=\operatorname{grad}\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ в произвольной точке и в точке $M_0(2,2,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=\frac{2}{3}; rot\vec{a}(M_0)=0.$

Вариант 23

1. Найти электрический заряд, распределенный в области, ограниченной кривыми $x=0, y=\pi, \quad y=x$ с поверхностной плотностью $\lambda=\cos(x+y)$.

Ответ: $q=-2$.

2. Найти статический момент однородного круга $x^2+y^2\le 2x$ относительно оси оу.

Ответ: $M_y=\pi$.

3. Вычислить массу участка винтовой линии $\begin{cases} x=a\cos t \\ y=a\sin t, 0\le t\le \dfrac{\pi}{2} \\ z=bt \end{cases}$, если линейная плотность массы $\delta=xy$.

Ответ: $m=\dfrac{a^2}{2}\sqrt{a^2+b^2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=(y-x)\vec{i}+xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы y = $(x+1)^2$ от *A* (-2;1) до *B* (0;1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ABCA*, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых *BC* и *CA*, если *C* (0;3). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ параболы.

Ответ: $W=\dfrac{52}{15}; Ц=-\dfrac{8}{5}; П=\dfrac{22}{3}$.

5. Найти центр массы однородного конуса, ограниченного поверхностями $z=\dfrac{h}{R}\sqrt{x^2+y^2}$, $z=h$.

Ответ: $C=\left(0,0,\dfrac{3}{4}h\right)$.

6. Вычислить момент инерции относительно оси *Oz* части однородной поверхности сферы $x^2+y^2+z^2=R^2, x\ge 0, z\ge 0, y\ge 0,$ если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $J_z=\dfrac{\pi R^4}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\vec{i}\sin(y^2+3x^2)-\vec{j}\sin(y^2+3x^2)+\vec{k}\sin(3x^2-2y^2)$ в произвольной точке *M*(*x, y, z*) и в точке $M_0\left(\sqrt{\dfrac{\pi}{3}}; -\sqrt{\dfrac{\pi}{3}};0\right)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=-4\sqrt{\dfrac{\pi}{3}}; rot\vec{a}(M_0)=\sqrt{\dfrac{\pi}{3}}(2\vec{i}-3\vec{j}+2\vec{k})$.

Вариант 24

1. Найти массу, распределенную в области, ограниченной линиями $y=1, y=2, x=0$, $y = e^x$ с поверхностной плотностью $\delta = e^x$.

Ответ: $m = \frac{1}{2}$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной одним лепестком лемнискаты $\rho = a\sqrt{\cos 2\varphi}, -\frac{\pi}{2} \le \varphi \le \frac{\pi}{2}$.

Ответ: $J_0 = \frac{\pi a^4}{4}$.

3. Найти координаты центра массы однородной циклоиды $\begin{cases} x = a(t - \sin t) \\ y = a(1 - \cos t) \end{cases}, 0 \le t \le 2\pi$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\pi a, \frac{4}{3}a\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy + x + y)\vec{i} + (xy + x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $x = \sqrt{y}$ от O(0,0) до $A(2,4)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $OACO$, состоящему из дуги OA параболы и прямых AC и CO, если C (0,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OA}$ в сторону выпуклости дуги.

Ответ: $W = 18{,}8; \Pi = 22{,}8; Ц = \frac{52}{15}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x}, y = 2\sqrt{x}, z = 0, x + z = 6,$ если плотность заряда $\lambda = x$.

Ответ: $q = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти координаты центра массы части поверхности $z = \frac{x^2 + y^2}{2}$ при $z \le 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(0, 0, \frac{6\sqrt{3}+1}{5(3\sqrt{3}-1)}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}$, если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k}, \vec{c} = \vec{i} - \vec{j} + 2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, -1, 1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_o) = -2, rot\vec{a}(M_0) = 2\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k}$.

Вариант 25

1. Найти статический момент относительно оси *Ox* массы, распределенной с плотностью $\delta = \frac{1}{x}$ в области, ограниченной линиями $y = x, y = 2x, x = 1, x = 2.$

Ответ: $M_x = 2{,}25.$

2. Вычислить момент инерции однородного круга радиуса *R* массы *m* относительно начала координат.

Ответ: $J_0 = \frac{1}{2}mR^2.$

3. Вычислить массу участка кривой $y = 0{,}5x^2, 0 \le x \le 1,$ если линейная плотность массы $\delta = \sqrt{2y}$.

Ответ: $m = \frac{1}{3}(2\sqrt{2} - 1).$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^3 - y)\vec{i} + (y^3 + x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = R\cos t, y = R\sin t$ от *A*(*R*,0) до *B*(0,*R*). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\smile}{BA}$ окружности и прямых *AC* и *CB*, где *C*(2*R*, *R*). Найти поток вектора *R* через дугу $\overset{\smile}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = \frac{\pi R^2}{2}; \text{Ц} = R^2(3 - \frac{\pi}{2}); \Pi = \frac{3\pi R^4}{8}.$

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, y + x = 6, y = 0$, если плотность заряда $\lambda = z.$

Ответ: $q = 54.$

6. Найти координаты центра массы части однородной полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2},$ вырезанной плоскостями $x = 0, y = 0, x + y = R, (x \ge 0, y \ge 0, x + y \le R).$

Ответ: $C\left(\frac{R\sqrt{2}}{4}, \frac{R\sqrt{2}}{4}, \frac{R}{\pi(\sqrt{2} - 1)}\right).$

7.Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(\vec{i} - 2\vec{j} + 2\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\,\vec{a}(M_0) = \frac{\sqrt{3}}{3}, \quad rot\,\vec{a}(M_0) = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(4\vec{i} - \vec{j} - 3\vec{k}\right).$

Вариант 26

1. Найти момент инерции относительно оси *Ox* однородной полукруглой пластинки $0 \le y \le \sqrt{R^2 - x^2}$. Поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_{ox} = \dfrac{\pi R^4}{8}$.

2. Найти координаты центра массы плоской однородной фигуры, ограниченной кривой $\rho = a(1 + \cos\varphi)$.

Ответ: $C\left(\dfrac{5a}{6}; 0\right)$.

3. Найти статический момент относительно оси *Ox* однородной дуги астроиды $\begin{cases} x = a\cos^3 t \\ y = a\sin^3 t \end{cases}, 0 \le t \le \dfrac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_x = \dfrac{3a^2}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = y^2 \ln x\vec{i} + xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = \dfrac{1}{x}$ от A (1;1) до $B\left(2; \dfrac{1}{2}\right)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ гиперболы и прямых AC и CB, если C (1; $-\dfrac{1}{2}$). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = -\dfrac{\ln 2}{2}$; Ц $= \dfrac{2}{3}\ln 2 - \dfrac{170}{72}$; П $= \dfrac{-3\ln 2 + 79}{72}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = \dfrac{1}{2}x^2$, $x = 0$, $y = 0$, z = 0, $3x + 2y = 12$, если плотность заряда $\lambda = x$.

Ответ: $q = \dfrac{192}{5}$.

6. Найти площадь части цилиндрической поверхности $z = \sqrt{a^2 - x^2}$, заключенной между плоскостями $y = x$ и $y = 0$.

Ответ: $S = 2a^2$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля:

$\vec{a} = y^2\vec{i} - x^2\vec{j} + z^2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(2,3,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 0; rot\vec{a}(M_0) = -10\vec{k}$.

Вариант 27

1. Найти координаты центра масс однородной плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{2}{3}\sqrt{9 - x^2}$, $y = 0$.

Ответ: $C\left(0; \frac{8}{3\pi}\right)$.

2. Найти массу, распределенную в области $2x \le x^2 + y^2 \le 4x, \quad \frac{x}{\sqrt{3}} \le y \le x\sqrt{3},$ с поверхностной плотностью $\delta = \operatorname{arctg}\frac{y}{x}$.

Ответ: $m = \frac{\pi^2 + \pi\sqrt{3} - 6}{8}$.

3. Найти статический момент относительно оси *Oy* однородной дуги астроиды $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1, 0 \le x \le 1,$ если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_y = \frac{3}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = x^2 y\vec{i} - xy^2\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 2\cos t$, $y = 2\sin t$ от A (-2,0) до B (0,-2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ окружности и прямых BC и CA, где C (-2,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = -2\pi; \text{Ц} = -\frac{6\pi + 8}{3}; \Pi = -2.$

5. Найти электрический заряд части шара $x^2 + y^2 + z^2 \le R^2,$ расположенной в первом октанте $(x \ge 0, y \ge 0, z \ge 0),$ если плотность заряда $\lambda = -z$.

Ответ: $q = -\frac{\pi R^4}{16}$.

6. Найти момент инерции относительно оси *Oz* части однородной поверхности $x^2 + y^2 = 2az, \ 0 \le z \le a,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{4\pi(6\sqrt{3} + 1)}{15} a^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = arctg(x - y + z)(\vec{i} - 3\vec{j} - 2\vec{k})$ в точках M(x, *y, z*) и M_0(1,1,1).

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = \frac{1}{2}, rot\vec{a}(M_0) = \frac{5}{2}\vec{i} - \frac{3}{2}\vec{j} - \vec{k}.$

Вариант 28

1. Найти массу, распределенную с поверхностной плотностью $\delta = x^2 + y$ в области, ограниченной кривыми $y = x^2, y^2 = x.$

Ответ: $m = \frac{33}{140}.$

2. Найти момент инерции относительно оси *О*у однородного круга $x^2 + y^2 \le 2x,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_y = \frac{5}{4}\pi.$

3. Найти статический момент относительно оси ох однородной дуги астроиды $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1,$ расположенной в первой четверти $(0 \le x \le 1, y \ge 0),$ если линейная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $M_x = \frac{3}{5}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (y^2 - x)\vec{i} + (x^2 - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = \cos t$, $y = \sin t$ от A (1,0) до B (0,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ окружности и прямых BC и CA , если C (0;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0; \text{Ц} = \frac{2}{3}; \Pi = \frac{4 - 3\pi}{6}.$

5. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной поверхностями $x + y + z = 1, x = 0, y = 0, z = 0.$

Ответ: $C\left(\frac{1}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4}\right).$

6. Найти электрический заряд части плоскости $x + y + z = a,$ вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = a^2,$ если плотность заряда $\lambda = z^2.$

Ответ: $q = \frac{3\sqrt{3}}{2}\pi a^4.$

8. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = xyz(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})$ в точках *M (x, y, z)* и $M_0(1, 2, 3).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 36, rot\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - 16\vec{j} + 9\vec{k}.$

Вариант 29

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $x=1, \sqrt{y}=x, y=-\sqrt[3]{x}$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = xy-(xy)^3$.

Ответ: $q=-\frac{5}{64}$.

2. Найти электрический заряд, распределенный в области $x^2+y^2 \le 2x$ с поверхностной плотностью $\lambda = \sqrt{4-x^2-y^2}$.

Ответ: $q=\frac{8}{9}(3\pi-4)$.

3. Найти координаты центра масс дуги окружности $\begin{cases} x=a\cos t \\ y=a\sin t \end{cases}, 0 \le t \le \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = xy$.

Ответ: $C\left(\frac{2a}{3};\frac{2a}{3}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=xy^2\vec{i}+2x^2y\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y=-\sqrt{x}$ от O (0;0) до B (1;-1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{OB}$ параболы и прямых BC и CO, если C (1;1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OB}$.

Ответ: $W=\frac{2}{3}; Ц=-\frac{1}{12}; П=-\frac{13}{35}$.

5. Найти ординату центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z=\frac{1}{2}y^2, x=0, y=0, z=0, 2x+3y=12$.

Ответ: $y_0=\frac{12}{5}$.

6. Найти массу части плоскости $2x+2y+z-4=0$, расположенной в первом октанте $(x \ge 0, y \ge 0, z \ge 0)$, если поверхностная плотность массы $\delta = z$.

Ответ: $m=\frac{8}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=xy\vec{i}-yz\vec{j}+yz\vec{k}$ в точках $M(x,y,z)$ и $M_0(2,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=1, rot\vec{a}(M_0)=2\vec{i}-2\vec{k}$.

Вариант 30

1. Найти моменты инерции относительно осей координат фигуры, ограниченной линиями $y = 2x - x^2, y = x^2,$ если поверхностная плотность массы в каждой точке фигуры равна ординате точки.

Ответ: $J_x = \frac{31}{420}, J_y = \frac{1}{15}.$

2. Найти объем цилиндрического тела, ограниченного плоскостями $z = 0, z = 3, x + y = 0$ и цилиндрической поверхностью $x = \sqrt{-4y - y^2}$.

Ответ: $V = 3\pi - 6.$

3. Найти электрический заряд, распределенный по кривой $\begin{cases} x = a(\cos t + t\sin t) \\ y = a(\sin t + t\cos t) \end{cases}, 0 \le t \le 2\pi$ с линейной плотностью $\lambda = -(x^2 + y^2).$

Ответ: $q = -2\pi^2 a^3 (1 + 2\pi^2).$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy + y^2)\vec{i} + x\vec{j}$ при движении точки (m = 1) по параболе $y = 2\sqrt{x}$ от 0 (0,0) до A (1,2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $OACO$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{OA}$ параболы и прямых AC и CO, где C (1, -1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OA}$.

Ответ: $W = \frac{52}{15}; \text{Ц} = \frac{29}{30}; \text{П} = -\frac{19}{6}.$

5. Найти центр массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{1 - x^2 - y^2}$, z= 0.

Ответ: $C\left(0,0,\frac{3}{8}\right).$

6. Найти площадь части гиперболического параболоида $az = xy,$ вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = R^2.$

Ответ: $S = \frac{2\pi}{3a}(\sqrt{(a^2 + R^2)^3} - a^3).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = 2x^2 y\vec{i} - yz^2\vec{j} + \frac{x}{y}\vec{k}$ в произвольной точке и в точке $M_0(-1,1,2).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -8, rot\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k}.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2-х ч. Ч. 2: учебное пособие для втузов. – 6-е изд., испр.- М.: Высш. шк., 2003. – 416 с.:ил.

Исрапилов Р. Б., Баутин С. П. Курс математики. Часть 3. Математический анализ функций нескольких переменных. – Екатеринбург: УГГГА, 1996.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. -13-е изд.- М.: Айрис-пресс, 2015.- 608 с.: ил.- (Высшее образование).



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Д. В. Исламгалиев
Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова

МАТРИЦЫ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ. СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей очного обучения

Екатеринбург

2019

П

Рецензент: В. Я. Раевский, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории теоретической физики ИФМ.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры математики 28.05.2019 г. (протокол № 141) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Исламгалиев Д. В., Петровских Г. В., Пяткова В. Б.,

П МАТРИЦЫ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ. СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ: методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ по разделу дисциплины «Математика» для студентов всех специальности очного обучения”

– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – с.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам всех специальностей для изучения темы: «Матрицы. Определители. Стстемы линейных алгебраических уравнений».

© Исламгалиев Д. А., Петровских Г.В., Пяткова В.Б., 2019

© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. МАТРИЦЫ 5

1.1. Действия над матрицами 6

1.2. Определители 8

1.3. Обратная матрица 11

2.4. Ранг матрицы 12

2. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ (СЛАУ) 13

2.1. Методы решений определенной неоднородной СЛАУ 16

2.2. Метод решения неопределенных неоднородных СЛАУ 23

2.3. Методы решений определенной однородной СЛАУ 25

2.4. Методы решений неопределенной однородной СЛАУ 27

3. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 29

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 59

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания по теме «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений» могут быть использованы как для проведения контрольных работ, так и для самостоятельной работы студентов. Они удовлетворяют всем требованиям государственного образовательного стандарта по подготовке дипломированных специалистов всех специальностей.

В методических указаниях представлены основные теоретические сведения и разобраны примеры решения задач по теме «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений» для студентов всех специальностей. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных работ.

После изучения теории и решений типовых задач студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ.

МАТРИЦЫ

Матрица – это прямоугольная таблица чисел, расположенных в m строках и n столбцах. Матрицы обозначаются большими латинскими буквами: *A, B, C* и т.д.

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \qquad (1.1)$$

Числа ,входящие в таблицу называются ее элементами и обозначаются символом a_{ij} , где первый индекс i определяет номер строки, второй индекс j – номер столбца. Выражение $m \times n$ и называют размерностью матриц.

Например, матрица А имеет размерность 2×3:

$$A=\begin{pmatrix} -4 & 8 \\ 5 & 9 \\ -1 & 3 \end{pmatrix},$$

а матрица B имеет размерность 3×2:

$$B=\begin{pmatrix} 4 & 5 & -3 \\ 7 & 5 & -1 \end{pmatrix}.$$

Если в матрице число строк совпадает с числом столбцов, то матрица называется квадратной. Понятие размерности матрицы для квадратной матрицы заменяют понятием порядок матрицы. Порядок квадратной матрицы равен числу строк или столбцов этой матрицы.

Для квадратной матрицы вводятся понятия главной и побочной диагоналей. Главная диагональ состоит из элементов a_{ij} с одинаковыми индексами, побочная диагональ состоит из элементов a_{ij} сумма индексов которых равна $n+1$.
Если элементы квадратной матрицы, стоящей на главной диагонали, равны единице, а все остальные равны нулю, то матрица называется единичной и обозначается

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

1.1. ДЕЙСТВИЯ НАД МАТРИЦАМИ

Сложение матриц

Операция сложения вводится только для матриц , имеющих одинаковые размерности .Суммой двух матриц называют такую матрицу, у которой каждый элемент равен сумме соответствующих элементов исходных матриц.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \pm b_{11} & a_{12} \pm b_{12} & a_{13} \pm b_{13} \\ a_{21} \pm b_{21} & a_{22} \pm b_{22} & a_{23} \pm b_{23} \end{pmatrix} \qquad (1.2)$$

***Пример* 1.1.** Даны матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 2 & 1 \\ 6 & -2 \end{pmatrix} \text{ и } B = \begin{pmatrix} 7 & 3 \\ 4 & -5 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Найти $A + B$; $B - A$.

Решение: $A + B = \begin{pmatrix} 10 & 7 \\ 6 & -4 \\ 6 & -3 \end{pmatrix}$; $B - A = \begin{pmatrix} 4 & -1 \\ 2 & -6 \\ -6 & 1 \end{pmatrix}$.

Умножение матрицы на число

Для того чтобы умножить матрицу на число следует каждый элемент матрицы умножить на это число.

$$\lambda \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda a_{11} & \lambda a_{12} \\ \lambda a_{21} & \lambda a_{22} \end{pmatrix} \qquad (1.3)$$

***Пример* 1.2.** Дана матрица $A=\begin{pmatrix}4 & 5 & -3\\ 7 & 5 & -1\end{pmatrix}$. Найти матрицу $-3A$. $A\cdot B$

Решение:

$$-3\cdot A=-3\cdot\begin{pmatrix}4 & 5 & -3\\ 7 & 5 & -1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-12 & -15 & 9\\ -21 & -15 & 3\end{pmatrix}.$$

Умножение матриц

Произведение двух матриц определяется тогда, когда количество столбцов первой матрицы совпадает с количеством строк второй матрицы. Элемент c_{ij} матрицы произведения, стоящий на пересечении i–той строки и j–того столбца равен сумме произведений элементов i–той строки первой матрицы на элементы j–того столбца второй матрицы, т.е. по формуле $c_{ij}=\sum_k a_{ik}\cdot b_{kj}$.

$$\begin{pmatrix}a_{11} & a_{12}\\ a_{21} & a_{22}\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}b_{11} & b_{12}\\ b_{21} & b_{22}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_{11}\cdot b_{11}+a_{12}\cdot b_{21} & a_{11}\cdot b_{12}+a_{12}\cdot b_{22}\\ a_{21}\cdot b_{11}+a_{22}\cdot b_{21} & a_{21}\cdot b_{12}+a_{22}\cdot b_{22}\end{pmatrix} \qquad (1.4)$$

***Пример* 1.3.** Даны матрицы $A=\begin{pmatrix}4 & 5 & 1\\ 3 & 2 & -1\end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix}3 & 0\\ -1 & 2\\ 7 & 1\end{pmatrix}$. Найти произведение матриц: $A\cdot B$ и $B\cdot A$.

Решение:

$$A.\cdot B=\begin{pmatrix}4 & 5 & 1\\ 3 & 2 & -1\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}3 & 0\\ -1 & 2\\ 7 & 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}4\cdot 3+5\cdot(-1)+1\cdot 7 & 4\cdot 0+5\cdot 2+1\cdot 1\\ 3\cdot 3+2\cdot(-1)+(-1)\cdot 7 & 3\cdot 0+2\cdot 2+(-1)\cdot 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}14 & 11\\ 0 & 3\end{pmatrix}$$

$$B.\cdot A=\cdot\begin{pmatrix}3 & 0\\ -1 & 2\\ 7 & 1\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}4 & 5 & 1\\ 3 & 2 & -1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}3\cdot 4+0\cdot 3 & 3\cdot 5+0\cdot 2 & 3\cdot 1+0\cdot(-1)\\ -1\cdot 4+2\cdot 3 & -1\cdot 5+2\cdot 2 & -1\cdot 1+2\cdot(-1)\\ 7\cdot 4+1\cdot 3 & 7\cdot 5+1\cdot 2 & 7\cdot 1+1\cdot(-1)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}12 & 15 & 3\\ 2 & -1 & -3\\ 31 & 37 & 6\end{pmatrix}$$

Отметим, что произведение матриц некоммутативное, т.е. $A\cdot B\neq B\cdot A$.

Транспонирование матрицы

Транспонированной к матрице A называется матрица, полученная из матрицы A путем замены строки на столбец с такими же индексами. Транспонированная матрица обозначается A^T.

Если $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}$, то $A^T = \begin{pmatrix} a_{11}\, a_{21} \\ a_{12}\, a_{22} \\ a_{13}\, a_{23} \end{pmatrix}$ (1.5)

***Пример* 1.4.** Найти транспонированную матрицу, к матрице $A = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix}$.

Решение:

$$A^T = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 7 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

1.2. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ

Определитель – это числовая характеристика квадратной матрицы. Определители в литературе обозначаются $\det A$, $\Delta A, |A|$.

Определитель первого порядка

Определителем матрицы первого порядка, составленной из числа a_{11}, называется само число a_{11}

$$\det A = a_{11} \tag{1.6}$$

Определитель второго порядка

Определителем матрицы второго порядка, составленной из чисел $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$, называется число, определяемое равенством

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \tag{1.7}$$

Числа $a_{11},a_{12},a_{21},a_{22}$ называются элементами определителя, причем элементы a_{11},a_{22} образуют главную диагональ, а элементы a_{12},a_{21} – побочную диагональ. Таким образом, определитель второго порядка равен произведению элементов главной диагонали минус произведение элементов побочной диагонали.

***Пример* 1.5.** Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -2 \end{vmatrix}$.

Решение:

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -2 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-2) - 3 \cdot 4 = -14$$

***Пример* 1.6.** Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} -5 & -3 \\ 4 & 1 \end{vmatrix}$.

Решение:

$$\det A = \begin{vmatrix} -5 & -3 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} = -5 \cdot 1 - (-3) \cdot 4 = 7 .$$

Определитель третьего порядка

Рассмотрим определитель третьего порядка:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Минором M_{ij} элемента a_{ij} называется определитель, который получается вычеркиванием из данного определителя *i*–той строки и *j*–того столбца.

Алгебраическое дополнение A_{ij} элемента a_{ij} определяется по формуле

$$A_{ij} = (-1)^{i+j} M_{ij},$$

где M_{ij} – минор для элемента со строкой i и столбцом j.

Определителем третьего порядка, составленным из чисел $a_{11},a_{12},a_{13},a_{21},$ $a_{22},a_{23},a_{31},a_{32},a_{33}$, называется число:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \sum_{k=1}^{3} a_{ik} \cdot A_{ik} \; ; \det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \sum_{k=1}^{3} a_{kj} \cdot A_{kj} \quad (1.8)$$

для фиксированного значения i–той строки или j–того столбца.

Такие равенства называют разложением определителя по элементам строки или столбца.

Тогда разложение определителя третьего порядка по первой строке примет вид:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (-1)^{1+1} \cdot a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} \cdot a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + \\ + (-1)^{1+3} \cdot a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}, \quad (1.9)$$

а разложение по второму столбцу принимает вид:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (-1)^{1+2} \cdot a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + (-1)^{2+2} \div a_{22} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + \\ + (-1)^{3+2} \cdot a_{32} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix}. \quad (1.10)$$

***Пример* 1.7.** Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$.

а) разложением по элементам первой строки;

б) разложением по элементам третьего столбца

Решение:

$$a) \det A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = (-1)^{1+1} \cdot 1 \begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} \cdot 2 \begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 7 & 9 \end{vmatrix} + (-1)^{1+3} \cdot 3 \begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix} = .$$

$$= 1(5 \cdot 9 - 6 \cdot 8) - 2(4 \cdot 9 - 6 \cdot 7) + 3(4 \cdot 8 - 5 \cdot 7) = 0$$

$$б)\begin{vmatrix}1 & 2 & 3\\ 4 & 5 & 6\\ 7 & 8 & 9\end{vmatrix} = (-1)^{1+3}\cdot 3\begin{vmatrix}4 & 5\\ 7 & 8\end{vmatrix} + (-1)^{2+3}\cdot 6\cdot\begin{vmatrix}1 & 2\\ 7 & 8\end{vmatrix} + (-1)^{3+3}\cdot 9\cdot\begin{vmatrix}1 & 2\\ 4 & 5\end{vmatrix} =$$

$$= 3\cdot(4\cdot 8 - 5\cdot 7) - 6\cdot(1\cdot 8 - 2\cdot 7) + 9(1\cdot 5 - 2\cdot 4) =$$

$$= 3\cdot(-3) - 6(-6) + 9\cdot(-3) = 0$$

***Пример* 1.8.** Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix}2 & 1 & 5\\ 2 & 7 & 0\\ 3 & -1 & 0\end{vmatrix}$.

Решение: Так как наибольшее количество нулей в третьем столбце, то воспользуемся разложением по третьему столбцу (при этом второе и третье слагаемые будут равны нулю):

$$\det A = \begin{vmatrix}2 & 1 & 5\\ 2 & 7 & 0\\ 3 & -1 & 0\end{vmatrix} = (-1)^{1+3}\cdot 5\cdot\begin{vmatrix}2 & 7\\ 3 & -1\end{vmatrix} + 0 + 0 = 5(-2-21) = -115.$$

1.3. ОБРАТНАЯ МАТРИЦА

Рассмотрим квадратную матрицу A порядка n. Если существует квадратная матрица B такая, что $AB = BA = E$, то матрица B называется обратной к матрице А и обозначается A^{-1}. Обратную матрицу A^{-1} можно найти по формуле:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A}\left(A^{*}\right)^{T} \qquad (\det A \neq 0), \tag{1.11}$$

где A^{*} – матрица алгебраических дополнений $\mathrm{A_{ij}}$:

$$A^{*} = \begin{pmatrix}A_{11} & A_{12} & \ldots & A_{1n}\\ A_{21} & A_{22} & \ldots & A_{2n}\\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots\\ A_{n1} & A_{n2} & \ldots & A_{nn}\end{pmatrix}, \quad A_{ij} = (-1)^{i+j}\cdot M_{ij}$$

M_{ij} – миноры для элементов a_{ij} со строкой i и столбцом j.

После нахождения обратной матрицы можно воспользоваться проверкой,

$$A\cdot A^{-1} = E, \text{ т.е.} \tag{1.12}$$

должна получиться единичная матрица Е.

***Пример* 1.9.** Найти обратную матрицу для матрицы $A=\begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{pmatrix}$.

Решение:

1) Найдем определитель матрицы

$$\det A=\begin{vmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{vmatrix}=4$$

2) Найдем алгебраические дополнения:

$$A_{11}=(-1)^{1+1}\cdot\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 0 \end{vmatrix}=-6 \qquad A_{21}=(-1)^{2+1}\cdot\begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 2 & 0 \end{vmatrix}=8 \qquad A_{31}=(-1)^{3+1}\cdot\begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 3 \end{vmatrix}=-4$$

$$A_{12}=(-1)^{1+2}\cdot\begin{vmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 0 \end{vmatrix}=-9 \quad A_{22}=(-1)^{2+2}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -3 & 0 \end{vmatrix}=12 \quad A_{32}=(-1)^{3+2}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -1 & 3 \end{vmatrix}=-4$$

$$A_{13}=(-1)^{1+3}\cdot\begin{vmatrix} -1 & 4 \\ -3 & 2 \end{vmatrix}=10 \quad A_{23}=(-1)^{2+3}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -3 & 2 \end{vmatrix}=-12 \quad A_{33}=(-1)^{3+3}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -1 & 4 \end{vmatrix}=4$$

$$A^{*}=\begin{pmatrix} -6 & -9 & 10 \\ 8 & 12 & -12 \\ -4 & -4 & 4 \end{pmatrix},\ \left(A^{*}\right)^{T}=\begin{pmatrix} -6 & 8 & -4 \\ -9 & 12 & -4 \\ 10 & -12 & 4 \end{pmatrix},$$

$$A^{-1}=\frac{1}{4}\begin{pmatrix} -6 & 8 & -4 \\ -9 & 12 & -4 \\ 10 & -12 & 4 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -1.5 & 2 & -1 \\ -2.25 & 3 & -1 \\ 2.5 & -3 & 1 \end{pmatrix}$$

Проверка:

$$A\cdot A^{-1}=\begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} -1.5 & 2 & -1 \\ -2.25 & 3 & -1 \\ 2.5 & -3 & 1 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

1.4. РАНГ МАТРИЦЫ

Рассмотрим матрицу размерности $\mathrm{m}\times\mathrm{n}$:

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Рангом матрицы *rang*(A) называют наибольший из порядков миноров данной матрицы, отличных от нуля.

***Пример* 1.10.** Найти ранг матрицы $A=\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$.

Решение:

Для большего понимания миноры будем обозначать $\mathrm{M_k}$, где k – количество строк и столбцов для выбранного минора.

$$M_1=|1|=1, \text{ то } \quad \mathrm{rang}(A)\geq 1$$

$$M_2=\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 5 \end{vmatrix}=1\cdot 5-2\cdot 4=-3, \text{ то } \quad \mathrm{rang}(A)\geq 2$$

$$M_3=\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}=(-1)^{1+1}1\begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{vmatrix}+(-1)^{1+2}2\begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 7 & 9 \end{vmatrix}+(-1)^{1+3}3\begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix}=$$
$$=1(5\cdot 9-6\cdot 8)-2(4\cdot 9-6\cdot 7)+3(4\cdot 8-5\cdot 7)=0$$

Так как больше нет M_3, то $\mathrm{rang}(A)=2$.

1. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ (СЛАУ)

Системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащей *m* уравнений и *n* неизвестных, называется система вида

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m, \end{cases} \qquad (2.1)$$

где a_{ij} – коэффициенты системы, b_i – свободные члены, x_j – неизвестные, $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$. Такую систему удобно записывать в матричной форме:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \ldots \\ b_m \end{pmatrix} \text{ или } AX = B, \qquad (2.2)$$

$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix}$ – основная матрица, $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix}$ – матрица-столбец из неизвестных, $B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \ldots \\ b_m \end{pmatrix}$ – матрица-столбец из свободных членов.

Расширенной матрицей $\overline{A}$ называют матрицу A с присоединенной матрицей B:

$$\overline{A} = \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} & b_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} & b_m \end{array}\right). \qquad (2.3)$$

Система уравнений называется совместной, если она имеет хотя бы одно решение, в противном случае – система несовместна.

***Теорема* 2.1: СЛАУ совместна тогда и только тогда, когда ранг расширенной матрицы равен рангу основной матрицы.**

***Пример* 2.1.** Дана расширенная матрица СЛАУ: $\overline{A}=\left(\begin{array}{cc|c}1 & 2 & 3\\ 2 & 4 & 5\end{array}\right)$. Найти ранг основной и расширенных матриц. Определить совместна ли соответствующая СЛАУ.

Решение:

1) Найдем ранг основной матрицы СЛАУ:

$$M_1=|1|=1,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)\geq 1.$$

$$M_2=\begin{vmatrix}1 & 2\\ 2 & 4\end{vmatrix}=0,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)=1.$$

2) Так как все миноры основной матрицы включаются в расширенную, то найдем оставшиеся миноры для расширенной:

$$\overline{M}_2=\begin{vmatrix}1 & 3\\ 2 & 5\end{vmatrix}=-1,\ \text{то}\ \ \operatorname{rang}(\overline{A})=2.$$

Так как $\operatorname{rang}(\overline{A})=2$ и $\operatorname{rang}(\mathrm{A})=1$, то СЛАУ несовместна **и не имеет решения.**

***Пример* 2.2.** Дана расширенная матрица СЛАУ: $\overline{A}=\left(\begin{array}{cc|c}1 & 2 & 3\\ 2 & 4 & 6\end{array}\right)$. Найти ранг основной и расширенных матриц. Определить совместна ли СЛАУ.

Решение:

1) Найдем ранг основной матрицы СЛАУ:

$$M_1=|1|=1,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)\geq 1.$$

$$M_2=\begin{vmatrix}1 & 2\\ 2 & 4\end{vmatrix}=0,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)=1.$$

2) Так как все миноры основной матрицы включаются в расширенную, то найдем оставшиеся миноры для расширенной:

$$\overline{M}_2=\begin{vmatrix}1 & 3\\ 2 & 6\end{vmatrix}=0,\ \overline{M}_2=\begin{vmatrix}2 & 3\\ 4 & 6\end{vmatrix}=0,\ \text{то}\ \ \operatorname{rang}(\overline{A})=1.$$

Так как $\text{rang}(\overline{A})=1$ и $\text{rang}(A)=1$, то СЛАУ совместна.

Совместная система называется определенной, если она имеет единственное решение, и неопределенной, если имеет более одного решения.

Если все свободные члены равны нулю $b_i = 0$, то СЛАУ называется однородной, в противном случае – неоднородной.

2.1. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННОЙ НЕОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *n* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n = b_n, \end{cases}$$

.

Метод Крамера

***Теорема* 2.2. Если ранг основной и расширенной матриц системы равен числу неизвестных, то система имеет единственное решение.**

Схема метода Крамера

1) Найти определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0 .$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Найти определители $\det A_1$, $\det A_2$,..., $\det A_n$:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ b_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \det A_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & \dots & a_{1n} \\ a_{12} & b_2 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \dots, \det A_{\text{n}} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & b_n \end{vmatrix}$$

3) Найти решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A},\ x_2 = \frac{\det A_2}{\det A}, \dots\ x_{\text{n}} = \frac{\det A_{\text{n}}}{\det A}.$$

***Пример* 2.3.** Решить СЛАУ, используя метод Крамера:

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение:

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0.$$

Система имеет единственное решение.

2) Найдем определители $\det A_1$, $\det A_2$:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} -4 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -1,\ \det A_2 = \begin{vmatrix} 2 & -4 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -2.$$

3) Найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{-1}{-1} = 1;\ x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-2}{-1} = 2.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

***Пример* 2.4.** Решить СЛАУ, используя метод Крамера:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение:

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений совместна и определённа.

2) Для нахождения её решения используем формулы Крамера:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 11 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 24, \det A_2 = \begin{vmatrix} 3 & 5 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 11 & 3 \end{vmatrix} = -24, \ \det A_3 = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 11 \end{vmatrix} = 36.$$

3) Найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{24}{12} = 2, \ x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-24}{12} = -2, \ x_3 = \frac{\det A_3}{\det A} = \frac{36}{12} = 3.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

Матричный метод (метод обратной матрицы)

1) Найти определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Найдем обратную матрицу A^{-1}.

3) Решение находится в виде

$$X = A^{-1}B.$$

***Пример* 2.5.** Решить СЛАУ, используя матричный метод :

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0,$$

то система имеет единственное решение.

2) Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{-1}\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} -1 & -3 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}$$

3) Тогда решение находим в виде:

$$X = A^{-1}B = \begin{pmatrix} -1 & -3 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

***Пример* 2.6.** Решить СЛАУ, используя матричный метод:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det \mathrm{A} \neq 0$, то система уравнений является совместной и определенной.

2) Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -4 & -4 \\ -5 & 7 & 1 \\ -1 & -1 & 5 \end{pmatrix}^T = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}.$$

3) Тогда решение находим в виде:

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}^{-1}\mathrm{B} = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

Метод Гаусса

1) Найти определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2)Запишем СЛАУ в расширенном матричном виде:

$$\left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} & b_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} & b_n \end{array}\right) \sim .$$

3) Преобразуем вторую, третью и т.д. строчки, чтобы получить нули вместо a_{21}, a_{31}, a_{n1}, то есть по формуле $\overline{a}_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{ij}}{a_{1j}} a_{1j}$ и $\overline{b}_j = b_j - \frac{b_j}{a_{1j}} a_{1j}$:

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \overline{a}_{22} & \ldots & \overline{a}_{2n} & \overline{b}_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & \overline{a}_{n2} & \ldots & \overline{a}_{nn} & \overline{b}_n \end{array} \right) \sim .$$

4) Продолжая данные преобразования, получим со второй, третьей и т.д. строками, получим

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \overline{a}_{22} & \ldots & \overline{a}_{2n} & \overline{b}_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & \ldots & \overline{a}_{nn} & \overline{b}_n \end{array} \right) \sim .$$

5) После чего можно найти x_{n}, т.е. требуется разделить последнюю строку на $\overline{a}_{nn}$, тогда

$$\left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \overline{a}_{22} & \ldots & \overline{a}_{2n} & \overline{b}_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & \ldots & 1 & \overline{b}_n \end{array} \right) \sim .$$

6) Тогда преобразуя элементы a_{ij}, если $i \neq j$, и преобразуя a_{ii} в единицы, получим решение СЛАУ:

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & \ldots & 0 & \overline{b}_1 \\ 0 & 1 & \ldots & 0 & \overline{b}_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & \ldots & 1 & \overline{b}_n \end{array} \right).$$

***Пример* 2.7.** Решить СЛАУ, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A=\begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix}=2\cdot 1-(-3)\cdot(-1)=-1\neq 0,$$

то система имеет единственное решение.

2) Запишем СЛАУ в виде расширенной матрицы и получим решение:

$$\left(\begin{array}{cc|c} 2 & -3 & -4 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)\sim\left(\begin{array}{cc|c} -1 & 1 & 1 \\ 2 & -3 & -4 \end{array}\right)^{1c\cdot(-1)}\sim\left(\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & -1 \\ 2 & -3 & -4 \end{array}\right)^{2c-2\cdot 1c}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{array}\right)^{2c\cdot(-1)}\sim$$

$$\overset{2c\cdot(-1)}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 2 \end{array}\right)^{1c+2c}\sim\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{array}\right)$$

или

$$\left(\begin{array}{cc|c} 2 & -3 & -4 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)^{1c+3\cdot 2c}\sim\left(\begin{array}{cc|c} -1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)^{1c\cdot(-1)}\sim\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)^{2c+1c}\sim\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{array}\right).$$

Ответ: $X=\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

***Пример* 2.8.** Решить СЛАУ, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} 3x_1+2x_2+x_3=5, \\ 2x_1+3x_2+x_3=1, \\ 2x_1+x_2+3x_3=11. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A=\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix}=12.$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, но СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Запишем СЛАУ в виде расширенной матрицы и получим решение:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ 2 & 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 11 \end{array}\right) \overset{\substack{2c-1c \\ 3c-3\cdot 1c}}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ -7 & -5 & 0 & -4 \end{array}\right) \overset{3c+5\cdot 2c}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ -12 & 0 & 0 & -24 \end{array}\right) \overset{1c\cdot(-12)}{\sim}$$

$$\overset{1c\cdot(-12)}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right) \overset{2c+3c}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right) \overset{1c-2\cdot 2c-3\cdot 3c}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right) \sim$$

$$\sim \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{array}\right).$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

2.2. МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СЛАУ

***Теорема* 2.3. Если ранг совместной системы меньше числа неизвестных, то система имеет бесчисленное множество решений.**

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *m* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \ldots \\ b_m \end{pmatrix} \text{ или } AX = B.$$

1) Найдем ранг основной матрицы для неоднородной СЛАУ.

2) Найдем ранг расширенной матрицы для неоднородной СЛАУ. Проверим СЛАУ на совместность и на неопределенность. Будем обозначать найденные миноры *n*-ого порядка расширенной матрицы $\widetilde{M}_{\text{n}}$.

3) Если СЛАУ совместно и неопределенно решим СЛАУ, например, методом Гаусса.

Решение неопределенных неоднородных СЛАУ называют общим решением.

***Пример* 2.9.** Дано СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_3 = 1 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 = 4 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -3 \\ 1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -3 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & 4 \end{array}\right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(A) = 2.$$

2) Так как строк в основной и расширенной матриц две, то и ранг расширенной матрицы $\operatorname{rang}(\overline{A}) = 2$. СЛАУ совместна и неопределенна.

3) Найдем общее решение СЛАУ. Так как $\operatorname{rang}(\overline{A}) = 2$, требуется две строки (два уравнения):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -3 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & 4 \end{array}\right) \sim \left| \text{x}_3 = a \right| \sim \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1+3a & 4+a \end{array}\right) \overset{\text{2c}-\text{1c}}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1+3a & 3-2a \end{array}\right) \overset{\text{1c}-\text{2c}}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -2+5a & 3-2a \end{array}\right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2+5a \\ 3-2a \\ a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix} a,\ a \in R.$$

***Пример* 2.10.** Дано СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 2 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 4 \\ 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 4 \\ 3 & 3 & 3 & 6 \end{array}\right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(\mathrm{A}) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = 0,\ M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \operatorname{rang}(A) = 1.$$

2) Найдем ранг расширенной матрицы:

$$\overline{M}_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, \overline{M}_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 0, \overline{M}_2 = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \operatorname{rang}(\overline{A}) = 1.$$

СЛАУ совместна и неопределенна.

3) Найдем общее решение СЛАУ. Так как $\operatorname{rang}(\overline{\mathrm{A}}) = 1$, требуется одна любая строчка (любое уравнение):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 2 \end{array}\right) \sim \begin{vmatrix} x_1 = a \\ x_2 = b \end{vmatrix} \sim \left(\begin{array}{c|c} 1 & 2 - a - b \end{array}\right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ 2 - a - b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} a + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} b;\ a, b \in R.$$

2.3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *m* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = 0, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n = 0, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_{\mathrm{n}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } AX = B.$$

Воспользовавшись теоремой 3.2, если

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0,$$

то однородное СЛАУ имеет единственное нулевое решение. Такое решение называют тривиальным.

***Пример* 2.11.** Решить СЛАУ, используя матричный метод:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 0, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 0, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 0. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12 \neq 0.$$

СЛАУ имеет тривиальное решение, т.е. $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$.

2.4. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *m* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = 0, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = 0, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_{\text{n}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } AX = B.$$

Заметим, что ранги основной и расширенной матриц в однородной СЛАУ всегда совпадают, то есть однородная СЛАУ всегда совместна.

***Теорема* 2.4. Если в совместной системе ранг основной матрицы меньше числа неизвестных, то система имеет бесчисленное множество решений.**

1) Найдем ранг основной и расширенной матриц для однородной СЛАУ. Проверим СЛАУ на неопределенность.

2) Если СЛАУ совместна и неопределенна решим СЛАУ, например, методом Гаусса.

Решение неопределенных однородных СЛАУ называют фундаментальной системой решений.

***Пример* 2.12.** Дана СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 0 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 0 \\ 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 0 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 0 \\ 3 & 3 & 3 & 0 \end{array}\right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = 0, \; M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \operatorname{rang}(A) = 1 \text{ и } \operatorname{rang}(\overline{A}) = 1.$$

СЛАУ неопределенна.

2) Найдем фундаментальную систему для однородной СЛАУ. Так как $\operatorname{rang}(\overline{A}) = 1$, требуется одна любая строчка (любое уравнение):

$$(1 \quad 1 \quad 1|0) \sim \begin{vmatrix} x_1 = \mathrm{a} \\ x_2 = \mathrm{b} \end{vmatrix} \sim (1|-\mathrm{a}-\mathrm{b}).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ -a-b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} a + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} b; a, \; b \in R.$$

Классификация систем линейных алгебраических уравнений.

СЛАУ				
ОДНОРОДНАЯ СЛАУ		НЕОДНОДНАЯ СЛАУ		
СОВМЕСТНАЯ СЛАУ		СОВМЕСТНАЯ СЛАУ		НЕСОВМЕСТНАЯ СЛАУ
ОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	ОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	_____
ТРИВИАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ	ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА	ЕДИНСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ	ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ	НЕТ РЕШЕНИЯ

2. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 3 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = (A + 3A^T) \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 3 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + 2x_3 = 8 \\ 2x_1 - 4x_2 - 3x_3 = -1 \\ x_1 + 5x_2 + x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 2x_3 + 2x_5 = 6 \\ x_2 + x_3 - 2x_4 + x_5 = 3 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 - x_5 = 5 \\ 4x_1 + x_2 + 4x_3 - 2x_4 - 10x_5 = 14 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 2

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 - 3A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 6 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & -6 \\ 3 & 16 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 5 & 2 \\ 1 & 0 & -3 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 4 & 1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 - x_2 - 2x_3 = 9 \\ 5x_1 + 8x_2 - x_3 = 7 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 - 3x_5 = -3 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 3x_4 - x_5 = -1 \\ x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 6x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 3

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -1 & 4 & 0 \\ 2 & 2 & 0 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A \cdot A^T - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -1 & 3 & 4 \\ 2 & 0 & 4 & 0 \\ 5 & 3 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + x_3 = 21 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = -16 \\ 3x_1 - 5x_2 - 6x_3 = -41 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 4 \\ 2x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 + 3x_5 = 6 \\ 3x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 6 \\ 2x_1 + 2x_2 + 8x_3 - 3x_4 + 9x_5 = 14 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

.

Вариант 4

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 0 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 0 \\ 3 & 1 & 1 & 1 \\ -4 & 0 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 5x_3 = 4 \\ 5x_1 + 2x_2 + 13x_3 = 2 \\ 3x_1 - x_2 + 5x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = 1 \\ 4x_1 - 10x_2 + 5x_3 - 5x_4 + 7x_5 = 1 \\ 2x_1 - 14x_2 + 7x_3 - 7x_4 + 11x_5 = -1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 5

1. Даны матрицы и А= $\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$ Найти матрицу $X = A^T \cdot A - 4B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -3 \\ 4 & -6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 8 & 4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -3 & 2 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & 3 \\ -1 & -1 & 4 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = -2 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 = 1 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 - 2x_4 + 4x_5 = 1 \\ 13x_1 + 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 6x_5 = 9 \\ 5x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 3x_4 + 6x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 - x_4 + 2x_5 = 2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 6

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $A^T \cdot A + 5E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 4 & 6 \\ 6 & 8 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -6 & 4 \\ -10 & 8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & -1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 5 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 4 \\ 3x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 + 7x_2 - x_3 = 8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 6x_4 + 9x_5 = 2 \\ x_2 - 2x_3 + 2x_4 + 3x_5 = -7 \\ 2x_1 + x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 6x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 7

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix} 0 & 3 & 4 \\ -1 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & -5 \end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 4 & 0 \\ 2 & -3 & 1 \end{pmatrix}$

Найти матрицу $C = (2A^T - \mathrm{B}) \cdot \mathrm{A}$

2. Решить матричное уравнение $\mathrm{X} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 2 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 5 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 8x_1 + 3x_2 - 6x_3 = 2 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 - x_5 = -1 \\ 5x_1 - 5x_2 + 12x_3 + 11x_4 - 4x_5 = -4 \\ x_1 - 3x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 3x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 8

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & -2 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = \mathrm{B} - 3A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\mathrm{X} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 5 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & -2 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 5 & 6 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 + 3x_2 - 4x_3 = 20 \\ 3x_1 - 2x_2 - 5x_3 = 6 \end{cases}$

) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 5x_5 = -7 \\ 6x_1 + 2x_2 + 2x_3 - x_4 = -2 \\ 3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 - 3x_5 = -5 \\ 11x_1 + 3x_2 + 3x_3 + x_4 - x_5 = -5 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 9

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 0 \\ 1 & -2 & 5 \\ 6 & 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & 2 & 1 \\ -3 & -4 & 0 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = B \cdot (A^T + 2A)$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 5 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 14 \\ 5 & 2 & 22 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -4 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & -4 & 0 \\ 3 & 5 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 - 3x_2 + 2x_3 = 8 \\ 2x_1 + 5x_2 - 3x_3 = 11 \\ 5x_1 + 6x_2 - 2x_3 = 13 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_3 - x_5 = -2 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 = 1 \\ 4x_1 - 2x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 4x_5 = 7 \\ 2x_1 - 4x_2 - 2x_3 + 4x_4 - 7x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 10

1. Дана матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 \\ 5 & 0 & 7 \\ -1 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 + 2A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & 11 & 2 \\ 7 & -6 & -3 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 5 \\ 5 & 4 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 1 \\ 5x_1 + 3x_2 - 2x_3 = 2 \\ 3x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 - 2x_3 + 5x_4 - 7x_5 = 2 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 - x_5 = 4 \\ 2x_1 - x_2 + 7x_3 - 3x_4 + 5x_5 = 6 \\ 3x_1 - 2x_2 + 7x_3 - 5x_4 + 8x_5 = 5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 11

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix} -5 & 4 & 1 \\ 0 & 7 & 2 \\ -2 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 3E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 1 & 2 \\ -5 & -4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -7 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \\ 5 & 0 & 2 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + 3x_3 = 2 \\ 5x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 + x_5 = 4 \\ 3x_1 + 6x_2 + 5x_3 - 4x_4 + 3x_5 = 5 \\ x_1 + 2x_2 + 7x_3 - 4x_4 + x_5 = 11 \\ 2x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 3x_4 + 3x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 12

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -3 \\ 0 & 4 & 5 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 3 \\ 2 & 5 & 4 \\ 0 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = A^T \cdot A - 2B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 4 & -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 & 2 \\ 8 & -7 \\ -8 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 1 & -3 & 1 \\ 4 & 2 & -2 & 1 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 + 5x_3 = 4 \\ 3x_1 + 5x_2 - 3x_3 = -1 \\ 2x_1 + 4x_2 - 3x_3 = -1 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 2x_5 = 2 \\ x_1 - x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 3x_5 = -4 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 - 5x_4 + 2x_5 = 1 \\ x_1 - 2x_2 - 2x_3 - 3x_4 - 5x_5 = -7 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 13

1.Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 3 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & -2 \\ 0 & 6 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = B^T \cdot A + 4E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ -3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & -4 & 3 \\ 9 & 16 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -1 & 1 & 2 & -4 \\ 2 & 0 & -2 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 7x_1 + 6x_2 + 3x_3 = 10 \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 = 1 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 = -4 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 4 \\ 6x_1 + x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 5x_5 = 0 \\ 6x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 7x_5 = 6 \\ 4x_1 + 7x_2 - 2x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 8 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 14

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & -6 & 0 \\ 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 7E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 6 & 4 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 & 7 \\ 9 & 4 \\ 24 & 18 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 4 & 3 \\ 5 & 3 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 10 \\ 4x_1 + 3x_2 - x_3 = 3 \\ 2x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 15 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 5x_5 = 8 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 4x_4 + x_5 = 3 \\ 3x_1 + 7x_2 + 8x_3 - 11x_4 - 3x_5 = -2 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 4x_4 + x_5 = 3 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 15

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix} -5 & 1 & 3 \\ 1 & -1 & 2 \\ 2 & 0 & -3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T - 3A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 9 \\ 4 & 7 \\ 36 & -7 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -7 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 7 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 3 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 = 6 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 9 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 4x_2 - 4x_3 + x_4 - 3x_5 = -3 \\ x_1 + 7x_2 + 6x_3 - 2x_4 + 6x_5 = 2 \\ 9x_1 + 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 9x_5 = -7 \\ 7x_1 + 5x_2 + 2x_3 - 2x_4 + 6x_5 = -6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 16

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -3 \\ 1 & 4 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 3 & 3 & 1 \\ -2 & 4 & -3 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = 3B - A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 7 \\ -3 & 6 & 12 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 5 \\ 0 & 1 & 3 & 5 \\ 4 & 0 & 1 & -1 \\ 5 & 2 & 0 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 7 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 11 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 11 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_3 + 7x_4 + 11x_5 = 8 \\ 4x_1 - 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_5 = 1 \\ 8x_1 - 4x_2 + 3x_3 + 6x_4 + 8x_5 = 5 \\ 10x_1 - 5x_2 + 5x_3 + 9x_4 + 15x_5 = 10 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 17

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 1 \\ 0 & 2 & 4 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3E - A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -23 & -3 \\ 12 & 0 \\ -7 & -3 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 2 & 4 & 6 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 5 \\ 1 & -3 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 1 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 + 2x_3 = 6 \\ 5x_1 + 4x_2 + 5x_3 = 4 \\ 5x_1 + 6x_2 + 4x_3 = 7 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 - x_5 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 - 3x_4 = 3 \\ 4x_1 - 7x_2 + 5x_3 - x_4 - 2x_5 = -1 \\ x_1 - 4x_2 + x_3 + x_4 - x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 18

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = A \cdot B + 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & -9 & 11 \\ -2 & -6 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 7 \\ 0 & 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 1 & -2 \\ 3 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 - x_3 = 3 \\ 4x_1 + 6x_2 - x_3 = 1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 = 10 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 - 3x_4 + 2x_5 = 3 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - 3x_5 = 2 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 - 2x_5 = 4 \\ 2x_1 + 3x_2 - 5x_3 - 17x_4 + 10x_5 = -7 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 19

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix}1 & 1 & 1\\ -1 & 0 & 2\\ 3 & 1 & 2\end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix}-1 & 0 & 2\\ 3 & 1 & -1\\ -2 & 1 & 3\end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C=(3B-A^T)\cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X\cdot\begin{pmatrix}4 & 3\\ 5 & 6\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}6 & 9\\ 1 & -6\\ 10 & 21\end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix}1 & 4 & 0 & -1\\ -3 & 0 & 1 & 0\\ 2 & 3 & 2 & 3\\ 3 & -1 & -2 & 1\end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases}3x_1-4x_2-x_3=-17\\ 2x_1+x_2-x_3=0\\ 2x_1-3x_2-5x_3=-8\end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases}x_1-3x_2+5x_3+4x_4+6x_5=5\\ 3x_1-x_2-x_3=1\\ 2x_1+2x_2+2x_3+2x_4+3x_5=3\\ 4x_1-4x_2-2x_4-3x_5=-1\end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 20

1.Дана матрица A= $\begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 4 & -2 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3E - A \cdot A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 3 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 1 & 10 & -13 \\ 3 & -22 & 27 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 5 \\ -1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = -3 \\ 2x_1 - 6x_2 - 9x_3 = 11 \\ 4x_1 + 3x_2 - 8x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 - 2x_4 + x_5 = 5 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 - x_5 = -2 \\ x_1 - 4x_2 + x_3 + x_4 - x_5 = -2 \\ 3x_1 - 3x_2 + 4x_3 - 2x_4 - x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 21

1.Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 1 \\ -1 & 2 & -3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу X= $A^T \cdot A - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \mathrm{X} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & -1 & 1 \\ 0 & 5 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & 7 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 9 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 14 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 16 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_4 + 2x_5 = 1 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 4 \\ 3x_1 - 3x_2 + 2x_3 - x_4 = 7 \\ 5x_2 - x_3 + 5x_4 + 3x_5 = -4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 22

1.Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -1 & 4 \\ 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 5 & -2 \\ 1 & -3 & 2 & 1 \\ 0 & -3 & 1 & -2 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 5x_3 = -9 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 = 2 \\ 3x_1 - 6x_2 - x_3 = 25 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 2 \\ 6x_1 - 3x_2 + 2x_3 + 4x_4 + 5x_5 = 3 \\ 6x_1 - 3x_2 + 4x_3 + 8x_4 + 13x_5 = 9 \\ 4x_1 - 2x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 23

1. Дана матрица $B = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $A = 3E - B^T \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 8 & 3 \\ 4 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 & 5 \\ 24 & 11 \\ -28 & -8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \\ -1 & 0 & 4 & 0 \\ 3 & 3 & -3 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + x_3 = 2 \\ x_1 + 5x_2 - 4x_3 = -5 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = -4 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 6x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + 4x_3 + x_4 + 2x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 + x_4 = -7 \\ 9x_1 + 6x_2 + x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 2 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 24

1. Даны матрицы $X = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $Y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $A = Y - 2X^T \cdot X$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & -4 \\ 3 & -2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 14 & 13 & 38 \\ 8 & 9 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & -3 & 1 \\ 0 & -1 & 2 & -2 \\ -3 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 = 1 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 = -3 \\ 3x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 3 \end{cases}$

   а) матричным методом

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 + 3x_5 = 2 \\ 3x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 8x_3 - 3x_4 + 9x_5 = 6 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 25

1. Дана матрица $X = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $Y = X - 3X \cdot X^T$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 5 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 15 & 7 \\ 14 & 10 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 4 & 1 \\ -1 & 3 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 9 \\ -2 & 1 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 2 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -3 \\ 3x_1 + 10x_2 + 8x_3 = -8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 6x_1 + x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 5x_5 = 0 \\ 6x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 7x_5 = 6 \\ 4x_1 + 7x_2 - 2x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 8 \\ 2x_1 + 4x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 26

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ -1 & 1 & -2 \\ 3 & 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3A^T - A^2$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 8 & 9 & 8 \\ 4 & 1 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & -2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 = 5 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 = 0 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 + 2x_4 - 3x_5 = 1 \\ 3x_1 - 2x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = -1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 - 2x_4 + 2x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 27

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 4 & -3 & 2 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу X= $3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 0 & 5 \\ -4 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -1 & 2 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + x_3 = 7 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -5 \\ 4x_1 - x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 4x_5 = 0 \\ 2x_1 + 3x_2 + 7x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 4x_5 = 4 \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 6x_5 = 5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 28

1. Даны матрицы A = $\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 0 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 \\ 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 6 & -4 \\ 3 & -1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 18 & -2 \\ -2 & 12 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 4x_1 + 5x_2 + 6x_3 = 9 \\ 7x_1 + 8x_2 + 4x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 + x_4 - 2x_5 = 0 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ 3x_1 + 3x_2 - 3x_3 - 3x_4 + 4x_5 = 2 \\ 4x_1 + 5x_2 - 5x_3 - 5x_4 + 7x_5 = 3 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 29

1. Даны матрицы A = $\begin{pmatrix} -4 & 3 \\ 3 & -4 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & -9 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $5B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 3 & 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & -6 \\ 10 & 33 \\ 1 & -17 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 2 & -2 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 = -11 \\ 2x_1 + x_2 - 2x_3 = -2 \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 + 2x_5 = 0 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 - x_5 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - 3x_4 = -1 \\ x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = -1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 30

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ -3 & 5 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу B= $3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ -2 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ 4 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 \\ -1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 2x_3 = 5 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 = 19 \\ 4x_1 - x_2 + x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + x_3 + 4x_4 - 4x_5 = -5 \\ 2x_1 + x_3 - 2x_4 + 2x_5 = -1 \\ 2x_1 - 6x_2 - 4x_3 - x_4 - 2x_5 = -9 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 - x_4 - 3x_5 = 4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. / Д. Т. Письменный // – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2015. – 281 с.

Дополнительная литература

2. Красс М. С. Математика для экономистов. / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов // –СПб.; Питер. 2005. – 464 е.: ил. – (Серия «Учебное пособие»).
3. Сурнев В.Б. Алгебра и аналитическая геометрия :учеб. пособие /В.Б. Сурнев// Екатеринбург, УГГГА. 2003 – 656 с.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова,
О. Е. Турова

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения

Екатеринбург
2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……...4
1. НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ ……5
1. 1. Первообразная для функции ……..5
1. 2. Неопределенный интеграл и его свойства …….……...5
1. 3. Таблица основных интегралов ……...……6
2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ……7
2. 1. Непосредственное интегрирование ……...7
2. 2. Подведение под знак дифференциала ……..10
2. 3. Замена переменной ……12
2. 4. Интегрирование по частям ……14
2. 5. Интегрирование рациональных дробей ……...19
2. 6. Интегрирование тригонометрических функций …….28
3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯЕТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ……...34
3.1. Непосредственное интегрирование ……....34
3. 2. Подведение под знак дифференциала …….…..37
3. 3. Замена переменной ……..41
3. 4. Интегрирование по частям …….44
3. 5. Интегрирование рациональных дробей …….46
3. 6. Интегрирование тригонометрических функций ……..….51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……53

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии представлены основные теоретические сведения по теме “Неопределенный интеграл”, рассмотрены основные методы интегрирования, разобраны примеры решения задач.

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Рекомендуется для всех специальностей УГГУ.

1. НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

1.1. Первообразная для функции

Функция $F(x)$ называется первообразной для функции $f(x)$ на интервале (a,b), если $F(x)$ дифференцируема на (a,b) и $F'(x)=f(x)$.

Примеры

1. Функции $F(x)=-\cos x,\quad F_1(x)=-\cos x+1,\quad F_2(x)=-\cos x-3$ являются первообразными для функции $f(x)=\sin x$

2. Функции $F(x)=\ln x,\ F_1(x)=\ln|x|$ являются первообразными для функции $f(x)=\frac{1}{x},\ x>0$

3. Функции $F(x)=\arcsin x,\quad F_1(x)=\arcsin x-0{,}5$ являются первообразными для функции $f(x)=\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$.

Теорема

Если $F(x)$ и $F_1(x)$ - первообразные для функции $f(x)$ на интервале (a,b), то $F_1(x)=F(x)+C$, где $C=\text{const}$.

Таким образом, множество всех первообразных для функции $f(x)$ имеет вид $\{F(x)+C\}$.

1.2. Неопределенный интеграл и его свойства

Неопределенным интегралом функции $f(x)$ на (a,b) называется множество всех её первообразных и обозначается

$$\int f(x)dx = F(x) + C,$$

где $F(x)$ - одна из первообразных для функции $f(x)$.

Примеры

1. $\int \sin x dx = -\cos x + C.$

2. $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$

3. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x + C, \quad |x| < 1.$

Свойства неопределённого интеграла

1. $\left(\int f(x)dx\right) = f(x).$

2. $d\left(\int f(x)dx\right) = f(x)dx.$

3. $\int df(x) = f(x) + C.$

4. $\int kf(x)dx = k\int f(x)dx,$ где $k = \text{const}.$

5. $\int \left(f(x) \pm g(x)\right)dx = \int f(x)dx \pm \int g(x)dx.$

6. Если $\int f(x)dx = F(x) + C$ и $u = u(x)$ - дифференцируемая на (a, b) функция, то $\int f(u)du = F(u) + C$.

1.3. Таблица основных интегралов

1. $\int 0dx = C \quad (C = \text{const}).$

2. $\int x^{\alpha} dx = \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + C, \quad x > 0, \ \alpha \neq -1.$

3. $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$

4. $\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C, \quad a > 0,\ a \neq 1.$

5. $\int e^x dx = e^x + C.$

6. $\int \sin x dx = -\cos x + C.$

7. $\int \cos x dx = \sin x + C.$

8. $\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x + C, \quad \cos x \neq 0.$

9. $\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x + C, \quad \sin x \neq 0.$

10. $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C, \quad a \neq 0.$

11. $\int \frac{dx}{a^2 + x^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{x}{a} + C, \quad a \neq 0.$

12. $\int \frac{dx}{x^2 - a^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{x - a}{x + a} \right| + C, \quad a \neq 0.$

13. $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + k}} = \ln \left| x + \sqrt{x^2 + k} \right| + C, \quad k \neq 0.$

2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

2.1. Непосредственное интегрирование

Выполняется с использованием тождественных преобразований подынтегральных функций, свойств и таблицы неопределённых интегралов.

Примеры

1. $\int 2\sqrt{x^3}\,dx = 2\int x^{\frac{3}{2}}dx = 2\dfrac{x^{\frac{3}{2}+1}}{\frac{3}{2}+1} + C = 2\dfrac{x^{\frac{5}{2}}}{\frac{5}{2}} + C = \dfrac{4}{5}x^{\frac{5}{2}} + C = \dfrac{4}{5}\sqrt{x^5} + C.$

2. $\int \dfrac{\sqrt{x}+2}{\sqrt{x}}dx = \int\left(\dfrac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}} + \dfrac{2}{\sqrt{x}}\right)dx = \int\left(1 + 2x^{-\frac{1}{2}}\right)dx = \int dx + 2\int x^{-\frac{1}{2}}dx =$

$= x + 2\dfrac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} + C = x + 4\sqrt{x} + C.$

3. $\int (7x-1)\left(x^3 + \dfrac{1}{x}\right)dx = \int\left(7x\cdot x^3 - x^3 + 7x\cdot\dfrac{1}{x} - \dfrac{1}{x}\right)dx = \int\left(7x^4 - x^3 - \dfrac{1}{x} + 7\right)dx =$

$= 7\int x^4dx - \int x^3dx - \int\dfrac{1}{x}dx + 7\int dx = \dfrac{7x^5}{5} - \dfrac{x^4}{4} - \ln|x| + 7x + C.$

4. $\int \dfrac{x^2-5}{x^4-25}dx = \int \dfrac{x^2-5}{\left(x^2\right)^2 - 5^2}dx = \int \dfrac{x^2-5}{\left(x^2-5\right)\left(x^2+5\right)}dx = \int \dfrac{dx}{x^2+5} = \int \dfrac{dx}{x^2+\left(\sqrt{5}\right)^2} =$

$= \dfrac{1}{\sqrt{5}}\operatorname{arctg}\dfrac{x}{\sqrt{5}} + C.$

5. $\int \dfrac{x^2-2x-3}{x+1}dx = \left[\begin{array}{c} x^2-2x-3=0 \\ x_{1,2} = \dfrac{2\pm\sqrt{4+12}}{2} \\ x_1 = 3, \quad x_2 = -1 \end{array}\right] = \int \dfrac{(x-3)(x+1)}{x+1}dx = \int (x-3)dx = \dfrac{x^2}{2} - 3x + C.$

6. $\int \dfrac{(3x-1)^2}{x}dx = \int \dfrac{9x^2-6x+1}{x}dx = \int\left(9x - 6 + \dfrac{1}{x}\right)dx = 9\cdot\int xdx - 6\cdot\int dx + \int\dfrac{dx}{x} =$

$= \dfrac{9x^2}{2} - 6x + \ln|x| + C.$

$$7.\int \mathrm{e}^{\mathrm{x}}\cdot\left(\frac{3e^{-x}}{2}+\frac{4}{5}\right)dx=\int\left(\frac{3e^{x}\cdot e^{-x}}{2}+\frac{4}{5}e^{x}\right)dx=\int\left(\frac{3}{2}+\frac{4}{5}e^{x}\right)dx=\frac{3}{2}\cdot\int dx-\frac{4}{5}\cdot\int e^{x}dx=$$

$$=\frac{3}{2}x+\frac{4}{5}e^{x}+C.$$

$$8.\int x^{2}\cdot\left(\frac{3\sin x}{x^{2}}+\frac{5}{x^{3}}\right)dx=\int\left(3\sin x+\frac{5}{x}\right)dx=3\cdot\int\sin xdx+5\cdot\int\frac{1}{x}dx=-3\cos x+5\ln|x|+C.$$

$$9.\int 4\sin\frac{x}{2}\cdot\cos\frac{x}{2}dx=\int 2\cdot 2\sin\frac{x}{2}\cdot\cos\frac{x}{2}dx=2\cdot\int\sin xdx=-2\cos x+C.$$

$$10.\int\frac{\sin^{2}x}{\cos^{2}x}dx=\int\frac{1-\cos^{2}x}{\cos^{2}x}dx=\int\left(\frac{1}{\cos^{2}x}-\frac{\cos^{2}x}{\cos^{2}x}\right)dx=\int\frac{dx}{\cos^{2}x}-\int dx=\mathrm{tg}x-x+C\,.$$

$$11.\int\frac{\left(x-\sqrt{x}\right)\left(1+\sqrt{x}\right)}{\sqrt[3]{x}}dx=\int\frac{x+x\sqrt{x}-\sqrt{x}-x}{\sqrt[3]{x}}dx=\int\frac{x\sqrt{x}-\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}}dx=\int\left(\frac{x\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}}-\frac{\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}}\right)dx=$$

$$=\int\left(x\cdot x^{\frac{1}{2}}\cdot x^{-\frac{1}{3}}-x^{\frac{1}{2}}\cdot x^{-\frac{1}{3}}\right)dx=\int x^{\frac{7}{6}}dx-\int x^{\frac{1}{6}}dx=\frac{6x^{\frac{13}{6}}}{13}-\frac{6x^{\frac{7}{6}}}{7}+C=\frac{6\sqrt[6]{x^{13}}}{13}-\frac{6\sqrt[6]{x^{7}}}{7}+C.$$

$$12.\int\frac{2e^{5x}-e^{4x}}{e^{4x}}dx=\int\left(2e^{x}-1\right)dx=2\cdot\int e^{x}dx-\int dx=2e^{x}-x+C\,.$$

2.2. Подведение под знак дифференциала

В этом методе используют таблицу интегралов и свойство неопределённого интеграл: если $\int f(x)dx=F(x)+C$ и $u=u(x)$ - дифференцируемая на (a,b)

функция, то $\int f(u)du = F(u) + C$, а также определение дифференциала функции $f(x)$: $df(x) = f'(x)dx$.

Например:

1. $dx = \frac{1}{a}d(ax)$, так как $\frac{1}{a}d(ax) = \frac{1}{a}(ax)'dx = \frac{1}{a} \cdot adx = dx$.
2. $dx = d(x+b)$.
3. $dx = \frac{1}{a}d(ax+b)$.
4. $\sin x dx = -d(\cos x)$.
5. $\cos x dx = d(\sin x)$.
6. $e^x dx = d(e^x)$.
7. $\frac{dx}{x} = d(\ln x)$.
8. $xdx = \frac{1}{2}d\left(x^2\right) = \frac{1}{2}d\left(x^2 + b\right)$.
9. $x^2 dx = \frac{1}{3}d\left(x^3\right) = \frac{1}{3}d\left(x^3 + b\right)$.
10. $\frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x)$.
11. $\frac{dx}{\sin^2 x} = -d(\operatorname{ctg} x)$
12. $\frac{dx}{1+x^2} = d(\operatorname{arctg} x)$
13. $\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = d(\arcsin x)$
14. $d(kx) = \frac{1}{a}d(kx+b)$

Примеры

1. $\int \sin 3x dx = \left[dx = \frac{1}{3} d(3x) \right] = \frac{1}{3} \int \sin 3x d(3x) = -\frac{1}{3} \cos 3x + C$.

2. $\int \cos \frac{x}{5} dx = \left[dx = 5\, d\left(\frac{x}{5}\right) \right] = 5 \int \cos \frac{x}{5} d\left(\frac{x}{5}\right) = 5 \sin \frac{x}{5} + C$.

3. $\int \frac{dx}{7x-2} = \left[dx = \frac{1}{7} d(7x-2) \right] = \frac{1}{7} \int \frac{d(7x-2)}{7x-2} = \frac{1}{7} \ln |7x-2| + C$.

4. $\int \operatorname{tg}\, x dx = \int \frac{\sin x dx}{\cos x} = \left[\sin x dx = -d(\cos x) \right] = -\int \frac{d(\cos x)}{\cos x} = -\ln |\cos x| + C$.

5. $\int \frac{\ln^2 x}{x} dx = \left[\frac{dx}{x} = d(\ln x) \right] = \int \ln^2 x d(\ln x) = \frac{\ln^3 x}{3} + C$.

6. $\int \frac{x dx}{x^2+9} = \left[x dx = \frac{1}{2} d(x^2+9) \right] = \frac{1}{2} \int \frac{d(x^2+9)}{x^2+9} = \frac{1}{2} \ln \left| x^2 + 9 \right| + C$.

7. $\int \frac{e^x dx}{e^{2x}+4} = \left[e^x dx = d\left(e^x\right) \right] = \int \frac{d(e^x)}{(e^x)^2 + 2^2} = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{e^x}{2} + C$.

8. $\int \frac{e^{\operatorname{tg} x} dx}{\cos^2 x} = \left[\frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x) \right] = \int e^{\operatorname{tg} x} d(\operatorname{tg} x) = e^{\operatorname{tg} x} + C$.

9. $\int \frac{dx}{(1+x^2)\operatorname{arctg} x} = \left[\frac{dx}{1+x^2} = d(\operatorname{arctg} x) \right] = \int \frac{d(\operatorname{arctg} x)}{\operatorname{arctg} x} = \ln |\operatorname{arctg} x| + C$.

$$10.\int\sqrt{4x^3-8}\cdot x^2dx=\left[x^2dx=\frac{1}{3}d\left(x^3\right)=\frac{1}{12}d\left(4x^3-8\right)\right]=\frac{1}{12}\int\left(4x^3-8\right)^{\frac{1}{2}}d\left(4x^3-8\right)=$$

$$=\frac{1}{12}\frac{\left(4x^3-8\right)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}+C=\frac{1}{12}\cdot\frac{2}{3}\sqrt{(4x^3-8)^3}+C=\frac{1}{18}\sqrt{(4x^3-8)^3}+C.$$

2.3. Замена переменной

Этот метод является продолжением метода подведения под знак дифференциала в более сложных случаях.

Пусть $x=x(t)$ – монотонная непрерывно дифференцируемая функция на некотором интервале изменения t, а $f(x)$ – непрерывная функция на соответствующем интервале изменения x.

Тогда

$$\int f(x)\,dx=\int f(x(t))\,x'(t)\,dt\,.$$

Примеры

1.

$$\int\frac{dx}{\sqrt{x}+2}=\left|\begin{array}{l}\text{Замена:}\\ x=t^2\\ dx=\left(t^2\right)'dt=2tdt\end{array}\right|=\int\frac{2tdt}{t+2}=2\int\frac{(t+2)-2}{t+2}dt=$$

$$=2\int\left(1-\frac{2}{t+2}\right)dt=2\int dt-4\int\frac{dt}{t+2}=$$

$$=2t-4\int\frac{d(t+2)}{t+2}=2t-4\ln|t+2|=\left[\begin{array}{l}\text{обратная}\\ \text{замена: } t=\sqrt{x}\end{array}\right]=2\sqrt{x}-4\ln\left|\sqrt{x}+2\right|+C.$$

2.

$$\int \frac{(x+1)dx}{x^2+4x+20} = \left[\begin{array}{l} \text{Выделим в знаменателе полный квадрат.} \\ x^2+4x+20 = (x^2+4x+4)+16 = (x+2)^2+16. \\ \text{Замена: } x+2=t;\ x=t-2;\ dx=dt; \\ x+1=t-2+1=t-1 \end{array}\right] =$$

$$= \int \frac{(t-1)dt}{t^2+16} = \int \frac{tdt}{t^2+16} - \int \frac{dt}{t^2+16} = \frac{1}{2}\int \frac{d(t^2+16)}{t^2+16} - \frac{1}{4}\operatorname{arctg}\frac{t}{4}$$

$$= \frac{1}{2}\ln\left|t^2+16\right| - \frac{1}{4}\operatorname{arctg}\frac{t}{4} + C =$$

$$= \left[\begin{array}{c} \text{обратная замена: } \quad t=x+2; \\ \mathrm{t}^2+16 = x^2+4x+20 \end{array}\right] = \frac{1}{2}\ln\left|x^2+4x+20\right| - \frac{1}{4}\operatorname{arctg}\frac{x+2}{4} + C.$$

3.

$$\int \sqrt{9-x^2}\,dx = \left[\begin{array}{l} \text{Замена: } x=3\sin t,\ \sqrt{9-x^2} = \sqrt{9-9\sin^2 t} = \\ = \sqrt{9(1-\sin^2 t)} = 3\sqrt{\cos^2 t} = 3\cos\ t; \quad dx = 3\cos\ tdt \end{array}\right] =$$

$$= \int 3\cos\ t \cdot 3\cos\ tdt = 9\int \cos^2 tdt = 9\int \frac{1+\cos 2t}{2}dt = \frac{9}{2}\int dt + \frac{9}{2}\int \cos\ 2tdt =$$

$$= \frac{9}{2}t + \frac{1}{2}\cdot\frac{9}{2}\int \cos\ 2td(2t) = \frac{9}{2}t + \frac{9}{4}\sin 2t + C = \left[\text{Обратная замена: } \quad t = \arcsin\frac{x}{3}\right] =$$

$$= \frac{9}{2}\arcsin\frac{x}{3} + \frac{9}{4}\sin\left(2\arcsin\frac{x}{3}\right) + C.$$

4.

$$\int \frac{e^{2x}dx}{e^x+1} = \left[\begin{array}{l|l} \text{Замена:} & \\ e^x = t & e^{2x} = t^2 \\ x = \ln t & dx = \frac{1}{t}dt \end{array}\right] = \int \frac{t^2 \frac{1}{t}dt}{t+1} = \int \frac{tdt}{t+1} = \int \frac{(t+1)-1}{t+1}dt =$$

$$= \int dt - \int \frac{dt}{t+1} = t - \int \frac{d(t+1)}{t+1} = t - \ln|t+1| + C = e^x - \ln|e^x+1| + C.$$

2.4. Интегрирование по частям

Пусть функции $u = u(x)$ и $v = v(x)$ непрерывно дифференцируемы. Тогда

$$\int u(x) \cdot v'(x)\,dx = u(x) \cdot v(x) - \int v(x) \cdot u'(x)\,dx$$

или в укороченном виде

$$\int u\,dv = uv - \int v\,du.$$

Формула применяется для нахождения, например, интегралов вида

а) $\int x^n \cos x dx,\ \int x^n \sin x dx,\ \int x^n e^x dx$ с выбором функции $u = x^n$;

б) $\int x^n \ln x dx$ с выбором функции $u = \ln x$;

в) $\int x^n \arcsin x dx,\ \int x^n \arccos x dx,\ \int x^n \operatorname{arctg} x dx,$ с выбором функции $u = \arcsin$ и т.п.

После выбора функции $u = u(x)$ и дифференциала $dv = v'(x)dx$ находим дифференциал $du = u'(x)dx$ и функцию $v = \int v'(x)dx = \int dv\ (C = 0)$. Подставив $u(x), v(x)$ и $du(x)$ в правую часть формулы, находим $\int v(x)du$.

Применение формулы интегрирования по частям не ограничивается интегралами приведённых типов.

Примеры

$$1.\int x\cos\frac{x}{3}dx=\left[\begin{array}{l}\text{Выбираем}\quad u=x,\ dv=\cos\dfrac{x}{3}dx\\ \text{и находим}\quad du=x'dx=dx,\\ v=\int\cos\dfrac{x}{3}dx=3\int\cos\dfrac{x}{3}d\dfrac{x}{3}=3\sin\dfrac{x}{3}\end{array}\right]=$$

$$=x\cdot 3\sin\frac{x}{3}-\int 3\sin\frac{x}{3}dx=3x\sin\frac{x}{3}-3\cdot 3\int\sin\frac{x}{3}d\frac{x}{3}=3x\cdot\sin\frac{x}{3}+9\cos\frac{x}{3}+C.$$

$$2.\int(2x-5)\cdot e^{-7x}dx=\left[\begin{array}{l}\text{Выбираем}\quad u=2x-5,\ dv=e^{-7x}dx\\ \text{и находим}\quad du=(2x-5)'dx=2dx,\\ v=\int e^{-7x}dx=-\dfrac{1}{7}\int e^{-7x}d(-7x)=-\dfrac{1}{7}e^{-7x}\end{array}\right]=$$

$$=-\frac{2x-5}{7}\cdot e^{-7x}+\int\frac{1}{7}e^{-7x}\cdot 2dx=-\frac{2x-5}{7}e^{-7x}+\frac{2}{7}\int e^{-7x}dx=$$

$$=-\frac{2x-5}{7}\cdot e^{-7x}+\frac{2}{7}\cdot\left(-\frac{1}{7}\right)e^{-7x}+C==-\frac{2x-5}{7}\cdot e^{-7x}-\frac{2}{49}e^{-7x}+C.$$

$$3.\int\frac{\ln 9x}{x^3}dx=\int\frac{1}{x^3}\cdot\ln 9xdx=\int x^{-3}\cdot\ln 9xdx=$$

$$=\left[\begin{array}{l}u=\ln 9x,\ dv=x^{-3}dx,\ \text{тогда}\\ du=(\ln 9x)'\,dx=\dfrac{9}{9x}dx=\dfrac{dx}{x},v=\int x^{-3}dx=-\dfrac{1}{2x^2}\end{array}\right]=-\frac{\ln 9x}{2x^2}+\frac{1}{2}\int\frac{1}{x^2}\cdot\frac{dx}{x}=$$

$$=-\frac{\ln 9x}{2x^2}+\frac{1}{2}\int x^{-3}dx=-\frac{\ln 9x}{2x^2}-\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2x^2}+C=-\frac{2\ln 9x+1}{4x^2}+C.$$

$$4.\int x\operatorname{arctg} x\,dx=\int \operatorname{arctg} x\cdot x\,dx=\left|\begin{array}{l} u=\operatorname{arctg} x,\ dv=x\,dx,\ \text{тогда} \\ du=(\operatorname{arctg} x)'dx=\dfrac{dx}{1+x^2}, \\ v=\int x\,dx=\dfrac{x^2}{2} \end{array}\right|=$$

$$=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\int\frac{x^2}{2}\cdot\frac{dx}{1+x^2}=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\frac{x^2dx}{1+x^2}=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\frac{x^2+1-1}{1+x^2}dx=$$

$$=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\left(\frac{x^2+1}{1+x^2}-\frac{1}{1+x^2}\right)dx==\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\left(1-\frac{1}{1+x^2}\right)dx=$$

$$=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}x+\frac{1}{2}\operatorname{arctg} x+C=\frac{1}{2}\left(x^2\operatorname{arctg} x+\operatorname{arctg} x-x\right)+C.$$

$$5.\int x^2\cdot 3^x dx=\left[\begin{array}{ll} u=x^2, & dv=3^x dx, \quad \text{тогда} \\ du=2x dx, & v=\dfrac{3^x}{\ln 3} \end{array}\right]=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\int\frac{3^x}{\ln 3}\cdot 2x\,dx=$$

$$=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2}{\ln 3}\cdot\int x\cdot 3^x dx=\left[\begin{array}{ll} u=x, & dv=3^x dx, \quad \text{и} \\ du=dx, & v=\dfrac{3^x}{\ln 3} \end{array}\right]=$$

$$=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2}{\ln 3}\cdot\left(\frac{x\cdot 3^x}{\ln 3}-\int\frac{3^x}{\ln 3}dx\right)=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2}{\ln 3}\cdot\left(\frac{x\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{1}{\ln 3}\cdot\frac{3^x}{\ln 3}+C\right)=$$

$$=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2x\cdot 3^x}{\ln^2 3}+\frac{2\cdot 3^x}{\ln^3 3}+C.$$

Рассмотрим два нетиповых примера.

$$6.\int\sqrt{1+x^2}\,dx=\left[\begin{array}{l}u=\sqrt{1+x^2};\ dv=dx,\ \text{тогда}\\ du=\dfrac{2x}{2\sqrt{1+x^2}}dx=\dfrac{xdx}{\sqrt{1+x^2}};\ v=\int dx=x\end{array}\right]=$$

$$=x\cdot\sqrt{1+x^2}-\int x\cdot\frac{xdx}{\sqrt{1+x^2}}=x\cdot\sqrt{1+x^2}-\int\frac{x^2dx}{\sqrt{1+x^2}}dx=$$

$$=x\sqrt{1+x^2}-\int\frac{x^2+1-1}{\sqrt{1+x^2}}dx=x\sqrt{1+x^2}-\int\left(\frac{x^2+1}{\sqrt{1+x^2}}-\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}\right)dx$$

$$=x\sqrt{1+x^2}-\int\left(\sqrt{x^2+1}-\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}\right)dx=x\sqrt{1+x^2}-\int\sqrt{x^2+1}dx+\int\frac{dx}{\sqrt{1+x^2}},$$

тогда из равенства

$$\int\sqrt{1+x^2}dx=x\cdot\sqrt{1+x^2}-\int\sqrt{1+x^2}dx+\ln\left|x+\sqrt{1+x^2}\right|$$

находится

$$\int\sqrt{1+x^2}dx=\frac{1}{2}\left(x\cdot\sqrt{1+x^2}+\ln\left|x+\sqrt{1+x^2}\right|\right)+C.$$

$$7)\int e^x\cdot\sin 2xdx=\left[\begin{array}{l}u=e^x,\ dv=\sin 2xdx,\ \text{тогда}\\ du=e^xdx,\ v=-\dfrac{1}{2}\cos 2x\end{array}\right]=-\frac{e^x\cdot\cos 2x}{2}+\frac{1}{2}\int e^x\cdot\cos 2xdx=$$

$$=\left[\begin{array}{l}u=e^x,\ dv=\cos 2xdx,\ \text{тогда}\\ du=e^xdx,\ v=\dfrac{1}{2}\sin 2x\end{array}\right]=-\frac{e^x\cdot\cos 2x}{2}+\frac{1}{2}\left(\frac{e^x\cdot\sin 2x}{2}-\frac{1}{2}\int e^x\cdot\sin 2xdx\right)=$$

$$=-\frac{e^x\cdot\cos 2x}{2}+\frac{e^x\cdot\sin 2x}{4}-\frac{1}{4}\int e^x\cdot\sin 2xdx$$

Из равенства

$$\int e^x \cdot \sin 2x dx = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{e^x \cdot \sin 2x}{4} - \frac{1}{4}\int e^x \cdot \sin 2x dx$$

находится

$$\frac{5}{4}\int e^x \cdot \sin 2x dx = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{e^x \cdot \sin 2x}{4}$$

или

$$\int e^x \cdot \sin 2x dx = \frac{1}{5}e^x \cdot \sin 2x - \frac{2}{5}e^x \cdot \cos\ 2x + C.$$

2.5. Интегрирование рациональных дробей

Функция $\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$ называется рациональной дробью, где

$$P_n(x) = a_o + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n$$
$$Q_m(x) = b_o + b_1 x + b_2 x^2 + \cdots + b_m x^m -$$

многочлены степени n и m соответственно.

Дробь $\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$ будет правильной, если $n < m$; в противном случае $(n \geq m)$ дробь будет неправильной.

Дроби: $\frac{x^2+1}{x^3+5x^2-5x}$; $\frac{3x+1}{x^2-8x+3}$ являются правильными, а дроби $\frac{x^3-5x^2+1}{x^3-8x-5}$; $\frac{x^4-8x^3-5}{x^2-5x+2}$ - неправильными.

Если дробь неправильная, то путём деления числителя на знаменатель её можно представить в виде суммы целой части и правильной рациональной дроби.

Пример

Представить дробь $\frac{x^4+8x^3+5}{x^2+5x+2}$ в виде суммы целой части и правильной рациональной дроби.

Решение

Дробь является неправильной, так как степень многочлена в числителе больше степени многочлена в знаменателе.

Произведём деление двух многочленов:

$$\begin{array}{r|l} x^4+8x^3+5 & x^2+5x+2 \\ \underline{-\,x^4+5x^3+2x^2} & \overline{x^2+3x-17} \\ 3x^3-2x^2+5 & \\ \underline{-\,3x^3+15x^2+6x} & \\ -17x^2-6x+5 & \\ \underline{-\,-17x^2-85x-34} & \\ 79x+39 & \end{array}$$

Деление производится до тех пор, пока степень многочлена в остатке не будет меньше степени делителя.

Таким образом, $\frac{x^4+8x^3+5}{x^2+5x+2}=x^2+3x-17+\frac{79x+39}{x^2+5x+2}$. Очевидно, что интегрирование целой части (т. е. многочлена) не представляет никаких трудностей, поэтому интегрирование любой рациональной дроби сводится к интегрированию правильной рациональной дроби.

Интегрирование правильной рациональной дроби можно разделить на несколько этапов:

1. Разложить знаменатель правильной рациональной дроби на множители вида $(x-a)^k$ и $\left(x^2+px+q\right)^l$, где $a, p, q-$действительные числа, k и l – натуральные числа, корни квадратного трёхчлена $x^2+px+q-$комплексные числа.

2. По виду множителей в знаменателе разложить правильную рациональную дробь на сумму простейших дробей по правилу:

всякому множителю вида $(x-a)^k$ в разложении соответствует сумма k – дробей вида



всякому множителю вида $(x^2+px+q)^l$ в разложении соответствует сумма l – дробей вида



где  неопределённые коэффициенты.

3. Найти неопределённые коэффициенты



для этого полученную сумму простейших дробей привести к общему знаменателю и сравнить числители заданной и полученной дробей. Найти неопределённые коэффициенты можно двумя способами:

а) приравнять коэффициенты двух многочленов (числителей) при одинаковых степенях x и решить полученную систему уравнений;

б) сравнить многочлены (числители) при конкретных значениях x; удобнее выбрать такие значения x, при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен нулю или любые другие значения (метод частных значений).

4. Проинтегрировать полученные простейшие дроби. При интегрировании получаются интегралы следующего вида:

$$\int \frac{A}{x-a}dx = A\ln|x-a| + C.$$

$$\int \frac{A_k}{(x-a)^k}dx = A_k \cdot \frac{(x-a)^{-k+1}}{-k+1} + C.$$

$\int \frac{Bx + C}{x^2 + px + q} dx$ (см. интегрирование выражений, содержащих квадратный трёхчлен).

$\int \frac{B_l x + C_l}{(x^2 + px + q)^l} dx$ (интегрирование таких дробей в данном методическом пособии не рассматривается).

Примеры

1. $\int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию

$$f(x) = \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} -$$

неправильная рациональная дробь, преобразуем её

$$\begin{array}{r|l} x^5 + x^4 - 8 & x^3 - 4x \\ \underline{x^5 - 4x^3} & x^2 + x + 4 \\ x^4 + 4x^3 - 8 & \\ \underline{x^4 - 4x^2} & \\ 4x^3 + 4x^2 - 8 & \\ \underline{4x^3 - 16x} & \\ 4x^2 + 16x - 8. & \end{array}$$

Таким образом, имеем

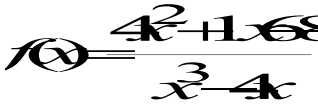


Следовательно

$$\int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x}\,dx = \int\left(x^2 + x + 4 + \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} \right) dx =$$

$$= \int x^2 dx + \int x dx + \int 4 dx + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\,dx =$$

$$= \frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} + 4x + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\,dx.$$

Последний интеграл рассмотрим отдельно. Подынтегральная функция  является правильной рациональной дробью.

Разложим знаменатель этой дроби на множители



Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей



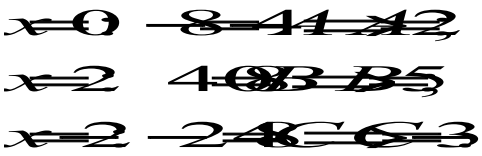
Определим коэффициенты A, B и C. Для этого приведём полученную сумму дробей к общему знаменателю



и приравняем числители



Определим коэффициенты A, B и C методом частных значений, для этого подставим конкретные значения x в обе части вышестоящего выражения; в качестве конкретных значений x рассмотрим те значения, при которых знаменатель рассматриваемой дроби обращается в нуль.



Итак, имеем



Интегрируем данную функцию

$$\int \frac{4x^2+16x-8}{x\cdot(x-2)(x+2)}\,dx = \int\left(\frac{2}{x}+\frac{5}{x-2}-\frac{3}{x+2}\right)dx =$$

$$= 2\int\frac{dx}{x}+5\int\frac{dx}{x-2}-3\int\frac{dx}{x+2} = 2\ln|x|+5\ln|x-2|-3\ln|x+2|+C.$$

Возвращаемся к исходному интегралу

$$\int\frac{x^5+x^4-8}{x^3-4x}\,dx = \frac{x^3}{3}+\frac{x^2}{2}+4x+\int\frac{4x^2+16x-8}{x^3-4x}dx =$$

$$= \frac{x^3}{3}+\frac{x^2}{2}+4x+2\ln|x|+5\ln|x-2|-3\ln|x+2|+C.$$

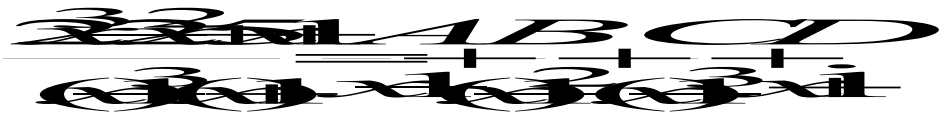
2. $\int\frac{2x^3-2x^2+5x+1}{(x^2-2x+1)(x^2-1)}\,dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x)=\frac{2x^3-2x^2+5x+1}{(x^2-2x+1)(x-1)}$ – правильную рациональную дробь.

Разложим знаменатель на множители



Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей



Определим коэффициенты A, B, C и D, для этого приведем сумму простейших дробей к общему знаменателю

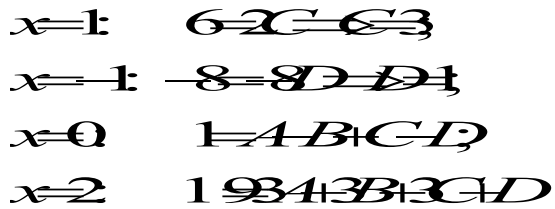
$$\frac{2x^3-2x^2+5x+1}{(x-1)^3\cdot(x+1)}=\frac{A}{x-1}+\frac{B}{(x-1)^2}+\frac{C}{(x-1)^3}+\frac{D}{x+1}=$$

$$=\frac{A(x-1)^2\cdot(x+1)+B(x-1)(x+1)+C(x+1)+D(x-1)^3}{(x-1)^3\cdot(x+1)}$$

и приравняем числители



Определим коэффициенты A, B, C и D методом частных значений, подставив эти значения в обе части, в качестве конкретных значений x выбираем $x = 1$; $x = -1$ (это те значения x при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен 0) и два значения $x = 0$ и $x = 2$ выбираем произвольно.



подставив значения $C = 3$ и $D = 1$ в последние два уравнения получаем

$$\begin{cases} A+B=1 \\ 3A+3B=9 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} A=1 \\ B=2 \end{matrix}$$

Итак, имеем

$$\frac{2x^3-2x^2-5x+1}{(x-1)^3(x+1)} = \frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{3}{(x-1)^3} + \frac{1}{x+1}$$

Интегрируем данную функцию

$$\int \frac{2x^3-2x^2-5x+1}{(x-1)^3(x+1)}\,dx = \int\left(\frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{3}{(x-1)^3} + \frac{1}{x+1}\right)dx =$$

$$= \int \frac{dx}{x-1} + 2\int \frac{dx}{(x-1)^2} + 3\int \frac{dx}{(x-1)^3} + \int \frac{dx}{x+1} = \ln|x-1| - \frac{2}{x-1} - \frac{3}{2(x-1)^2} + \ln|x+1| + C.$$

3. $\int \frac{x^2-7x+15}{x^3-2x^2+5x}\,dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x) = \frac{x^2-7x+15}{x^3-2x^2+5x}$ Это правильная рациональная дробь.

Разложим знаменатель дроби на множители

$$\frac{x^2-7x+15}{x^3-2x^2+5x} = \frac{x^2-7x+15}{x(x^2-2x+5)}$$

Разложим подынтегральную функцию на простейшие дроби

$$\frac{x^2-7x+15}{x(x^2-2x+5)} = \frac{A}{x} + \frac{Bx+C}{x^2-2x+5}$$

Определим коэффициенты A, B и C



$$x^2-7x+1=A(x^2-2x+5)+(Bx+C)x;$$

$$x^2-7x+1=Ax^2-2Ax+5A+Bx^2+Cx;$$

$$x^2-7x+1=(A+B)x^2+(C-2A)x+5A$$

Сравним коэффициенты при одинаковых степенях x

$$\begin{aligned} x^2:&\quad 1=A+B;\\ x:&\quad -7=C-2A;\\ x^0:&\quad 15=5A\Rightarrow A=3\\ &\qquad\quad B=-2\\ &\qquad\quad C=-1. \end{aligned}$$

Итак, имеем



Проинтегрируем данную функцию

$$\int\frac{x^2-7x+15}{x(x^2-2x+5)}\,\mathrm{dx}=\int\left(\frac{3}{x}-\frac{2x+1}{x^2-2x+5}\right)dx=$$

$$=3\int\frac{dx}{x}-\int\frac{2x+1}{x^2-2x+5}\,dx=3\ln|x|-\int\frac{2x+1}{x^2-2x+5}\,dx.$$

Рассмотрим второй интеграл отдельно.

$$\int \frac{2x+1}{x^2-2x+5}\,dx = \int \frac{2x+1}{(x-1)^2+4}\,dx = \left| \begin{array}{l} x-1=t \\ x=t+1 \\ dx=dt \end{array} \right| = \int \frac{2(t+1)+1}{t^2+4}\,dt = \int \frac{2t+3}{t^2+4}\,dt =$$

$$= \int \frac{2tdt}{t^2+4} + 3\int \frac{dt}{t^2+4} = \int \frac{d(t^2+4)}{t^2+4} + \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\frac{t}{2} + C = \ln\left|t^2+4\right| + \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\frac{t}{2} + C =$$

$$= \ln\left|(x-1)^2+4\right| + \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\frac{x-1}{2} + C.$$

Тогда окончательно имеем

$$\int \frac{x^2-7x+15}{x(x^2-2x+5)}\,\mathrm{dx} = 3\ln|x| - \ln\left|x^2-2x+5\right| - \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\,\frac{x-1}{2} + C.$$

2.6. Интегрирование тригонометрических функций

а) $\int \sin^m ax \cdot \cos^n ax dx$

Пусть хотя бы одно из чисел *m* или *n* является нечетным положительным числом. Интеграл находится методом замены переменной; при этом

если *m* – нечетное число, то нужно сделать замену $\cos ax = t$,

если *n* – нечетное число, то нужно сделать замену $\sin ax = t$.

При таких подстановках нужно предварительно представить функцию, имеющую нечетную положительную степень в виде произведения первой и четной степени и преобразовать четную степень тригонометрической функции с помощью основного тригонометрического тождества: $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$.

Если оба числа *m* и *n* являются нечетными положительными числами, то за новую переменную обозначить ту из функций $\cos ax$ и $\sin ax$, степень которой больше, а оставшийся множитель преобразовать так же, как указано выше.

Примеры

$$1.\int\frac{\sin^3 xdx}{\sqrt{\cos^5 x}}=\int\frac{\sin^2 x\cdot\sin xdx}{\sqrt{\cos^5 x}}=\int\frac{(1-\cos^2 x)\cdot\sin xdx}{(\cos x)^{5/2}}=\left|\begin{array}{l}\cos x=t\\-\sin xdx=dt\\\sin xdx=-dt\end{array}\right|=$$

$$=\int\frac{(1-t^2)\cdot(-dt)}{t^{5/2}}=-\int\frac{dt}{t^{5/2}}+\int\frac{t^2dt}{t^{5/2}}=-\int t^{-5/2}dt+\int t^{-1/2}dt=-\frac{t^{-3/2}}{-3/2}+\frac{t^{1/2}}{1/2}+C=$$

$$=\frac{2}{3\sqrt{t^3}}+2\sqrt{t}+C=\frac{2}{3\sqrt{\cos^3 x}}+2\sqrt{\cos x}+C.$$

$$2.\int\cos^5 3xdx=\int\cos^4 3x\cdot\cos 3xdx=\int(\cos^2 3x)^2\cdot\cos 3xdx=$$

$$=\int(1-\sin^2 3x)^2\cdot\cos 3xdx=\left|\begin{array}{l}\sin 3x=t\\3\cos 3\,xdx=dt\\\cos 3\,xdx=\frac{1}{3}dt\end{array}\right|=$$

$$=\int(1-t^2)^2\cdot\frac{1}{3}dt=\frac{1}{3}\int(1-2t^2+t^4)dt=\frac{1}{3}\left(t-\frac{2t^3}{3}+\frac{t^5}{5}\right)+C=$$

$$=\frac{1}{3}\sin 3x-\frac{2}{9}\sin^3 3x+\frac{1}{15}\sin^5 3x+C.$$

3. $\int \cos^9 2x \cdot \sin^3 2x dx = \int \cos^9 2x \cdot \sin^2 2x \cdot \sin 2x dx =$

$$= \int \cos^9 2x \cdot (1 - \cos^2 2x) \cdot \sin 2x dx =$$

$$= \left| \begin{array}{l} \cos 2x = t \\ -2\sin 2x dx = dt \\ \sin 2x dx = -\frac{1}{2} dt \end{array} \right| = \int t^9 \cdot (1 - t^2) \cdot \left(-\frac{1}{2} dt \right) =$$

$$= -\frac{1}{2} \int (t^9 - t^{11}) dt = -\frac{1}{2} \left(\frac{t^{10}}{10} - \frac{t^{12}}{12} \right) + C =$$

$$= -\frac{1}{20} \cos^{10} 2x + \frac{1}{24} \cos^{12} 2x + C.$$

б) $\int \sin^m ax \cdot \cos^n ax dx$

Если оба числа m и n являются четными положительными числами, то воспользуемся формулами понижения степени:

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2},$$

$$\cos^2 x = \frac{1 + \cos 2x}{2}$$

Примеры

$$1.\ \int \sin^2\frac{x}{3}\,dx = \int \frac{1-\cos\frac{2x}{3}}{2}\,dx = \frac{1}{2}\int dx - \frac{1}{2}\int \cos\frac{2x}{3}\,dx =$$

$$= \frac{x}{2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}\sin\frac{2x}{3} + C = \frac{x}{2} - \frac{3}{4}\sin\frac{2x}{3} + C.$$

$$2.\ \int \cos^4 3x dx = \int (\cos^2 3x)^2\,dx = \int\left(\frac{1+\cos 6x}{2}\right)^2 dx = \int \frac{1+2\cos\ 6x+\cos^2 6x}{4}\,dx =$$

$$= \frac{1}{4}\int dx + \frac{1}{2}\int \cos\ 6x dx + \frac{1}{4}\int \cos^2 6x dx = \frac{x}{4} + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{6}\sin\ 6x + \frac{1}{4}\int \frac{1+\cos\ 12x}{2}\,dx =$$

$$= \frac{x}{4} + \frac{1}{12}\sin 6x + \frac{1}{8}x + \frac{1}{8}\int \cos\ 12x dx = \frac{x}{4} + \frac{1}{12}\sin\ 6x + \frac{x}{8} + \frac{1}{8}\cdot\frac{1}{12}\sin\ 12x + C =$$

$$= \frac{3x}{8} + \frac{1}{12}\sin\ 6x + \frac{1}{96}\sin\ 12x + C.$$

$$3.\ \int \sin^4\frac{x}{2}\cos^4\frac{x}{2}dx = \int\left(\sin\frac{x}{2}\cdot\cos\frac{x}{2}\right)^4 dx = \int\left(\frac{1}{2}\sin x\right)^4 dx = \frac{1}{16}\int \sin^4 x dx =$$

$$= \frac{1}{16}\int (\sin^2 x)^2\,dx = \frac{1}{16}\int\left(\frac{1-\cos 2x}{2}\right)^2 dx = \frac{1}{16}\int \frac{1-2\cos 2x+\cos^2 2x}{4}\,dx =$$

$$= \frac{1}{64}\int dx - \frac{2}{64}\int \cos 2x dx + \frac{1}{64}\int \cos^2 2x dx = \frac{x}{64} - \frac{1}{32}\cdot\frac{1}{2}\sin 2x + \frac{1}{64}\int \frac{1+\cos 4x}{2}\,dx =$$

$$= \frac{x}{64} - \frac{1}{64}\sin 2x + \frac{1}{128}\int dx + \frac{1}{128}\int \cos 4x dx =$$

в) $\int \sin ax \cdot \cos bx dx; \qquad \int \cos ax \cdot \cos bx dx; \qquad \int \sin ax \cdot \sin bx dx,$

где $a \neq b$.

При интегрировании указанных выше произведений синусов и косинусов нужно предварительно преобразовать подынтегральную функцию с помощью формул:

$$\sin ax \cos bx = \frac{1}{2}(\sin(a+b)x + \sin(a-b)x)$$

$$\cos ax \cos bx = \frac{1}{2}(\cos(a+b)x + \cos(a-b)x)$$

$$\sin ax \sin bx = \frac{1}{2}(\cos(a-b)x - \cos(a+b)x).$$

Примеры

1. $\int \sin 5x \cdot \cos 2x dx = \frac{1}{2}\int (\sin 7x + \sin 3x) dx = \frac{1}{2} \cdot (-\frac{1}{7}\cos 7x) + \frac{1}{2} \cdot (-\frac{1}{3}\cos 3x) + C$

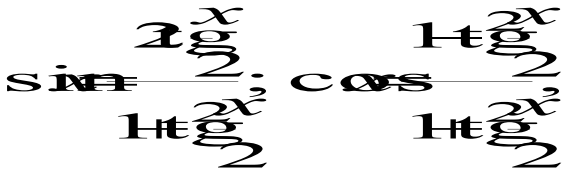
$= -\frac{1}{14}\cos 7x - \frac{1}{6}\cos 3x + C.$

2. $\int \cos 3x \cdot \cos 7x dx = \frac{1}{2}\int (\cos 10x + \cos 4x) dx = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10}\sin 10x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}\sin 4x + C =$

$= \frac{1}{20}\sin 10x + \frac{1}{8}\sin 4x + C.$

г) $\int R(\sin x,\ \cos x)dx$

Здесь $R(\sin x, \cos x)$ - рациональная функция от $\sin x$ и $\cos x$. В этом случае нужно использовать универсальную тригонометрическую подстановку



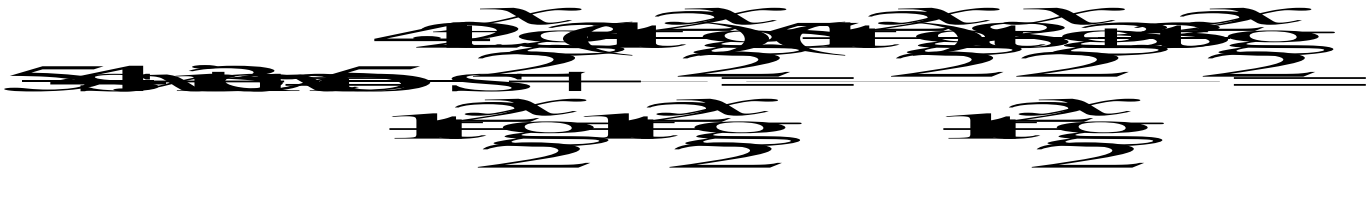
а затем ввести новую переменную



Пример

$$\int \frac{dx}{5-4\sin x+3\cos x}.$$

Преобразуем знаменатель подынтегральной функции





Возвращаемся к вычислению интеграла

$$\int \frac{dx}{5-4\sin x+3\cos x} = \int \frac{1+\operatorname{tg}^2\frac{x}{2}}{2\left(\operatorname{tg}^2\frac{x}{2}-4\operatorname{tg}\frac{x}{2}+4\right)}\,dx =$$

$$= \left| \begin{array}{l} \operatorname{tg}\dfrac{x}{2} = t \\ \dfrac{x}{2} = \operatorname{arctg} t \\ x = 2\operatorname{arctg} t \\ dx = \dfrac{2dt}{1+t^2} \end{array} \right| = \int \frac{(1+t^2)}{2(t^2-4t+4)} \cdot \frac{2dt}{1+t^2} =$$

$$= \int \frac{dt}{t^2-4t+4} = \int \frac{dt}{(t-2)^2} = \int (t-2)^{-2}\,dt = \frac{(t-2)^{-1}}{-1} + C = -\frac{1}{t-2} + C = -\frac{1}{\operatorname{tg}\frac{x}{2}-2} + C.$$

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

3.1. Непосредственное интегрирование

1. *а)* $\int \sqrt{x}\cdot(x+1)(2x+3)dx;$ б) $\int \frac{5e^{2x}+\sqrt{x^3}\cdot e^x}{e^x}dx.$

2. *а)* $\int \frac{(x+3)(\sqrt{x}-1)}{\sqrt{x}}dx;$ б) $\int \frac{4-\sin^2 x}{2-\sin x}dx.$

3. *а)* $\int \frac{1}{x^3}\left(3x^2-\frac{1}{x^6}\right)dx;$ б) $\int \frac{x^2-6}{x^4-36}dx.$

4. *а)* $\int \frac{5x^2-4x+12}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{1-4\sin^2 x}{\sin^2 x}dx.$

5. *а)* $\int \frac{\left(\sqrt{x}+2\right)x}{\sqrt[3]{x}}dx;$ б) $\int \frac{x^2-4x+3}{x-3}dx.$

6. *а)* $\int x\left(\sqrt{x}-9\right)\left(\sqrt{x}+9\right)dx;$ б) $\int \frac{5x\sin x+2}{x}dx.$

7. *а)* $\int \frac{5}{x^2}\left(\frac{x}{25}-x^2\right)dx;$ б) $\int \frac{(81-x^2)dx}{x-9}.$

8. *а)* $\int\left(\frac{3}{x}+4\right)\cdot\left(\sqrt{x}+1\right)dx;$ б) $\int \frac{6+x^2}{36-x^4}dx.$

9. *а)* $\int\left(\frac{1}{x^2}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)\cdot xdx;$ б) $\int \frac{\sqrt{x^2+3}\,dx}{x^2+3}.$

10. *а)* $\int \frac{7x^2+6x-5}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{x^2-6x+5}{x-5}dx.$

11. *а)* $\int \frac{7\sqrt{x}+x\cdot\sqrt[3]{x}}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{(1-\cos^2 x)dx}{x^2\cdot\sin^2 x}.$

12. *а)* $\int (x+2)(1-x)\sqrt{x}\,dx;$ б) $\int \frac{4e^{5x}-x^4\cdot e^{4x}dx}{e^{4x}}dx.$

13. *а)* $\int x^2\cdot\sqrt{x}\cdot\sqrt[3]{x^4}\,dx;$ б) $\int \frac{\sin^2 5x+\cos^2 5x}{\sqrt{16-x^2}}dx.$

14. *а)* $\int (x^2\cdot\sqrt{x}-4x^3+3)dx;$ б) $\int (1+x+tg^2 x)dx.$

15. *а)* $\int x\cdot\left(\frac{7}{x^3}+\frac{2}{x^2}+3\right)dx;$ б) $\int(4+ctg^2x)\,dx\,.$

16. *а)* $\int\frac{(x^3\sqrt{x}-2x)dx}{x^3};$ б) $\int\frac{\sqrt{64-x^2}}{64-x^2}dx\,.$

17. *а)* $\int\frac{\sqrt[5]{x}\cdot\sqrt[5]{x^4}-\sqrt[4]{x^5}}{x}dx;$ б) $\int 4\sin\frac{x}{4}\cdot\cos\frac{x}{4}\cdot\cos\frac{x}{2}dx\,.$

18. *а)* $\int\frac{16x^4-1(x^3\sqrt{x}-2x)}{(2x-1)(2x+1)}dx;$ б) $\int\frac{20dx}{\cos(1+tg^2x)}dx\,.$

19. *а)* $\int\frac{x^3-2x^2+x}{x-1}dx;$ б) $\int e^x(12e^{-x}+3)\,dx\,.$

20. *а)* $\int x\left(\sqrt{x}-1\right)\cdot\frac{9}{x}\,dx;$ б) $\int\frac{(x-3)(x+3)}{x^4-81}dx.$

21. *а)* $\int(7x+2)\left(\frac{7}{x}-1\right)dx;$ б) $\int\frac{x^2\cdot\cos x\,dx}{2\cdot\left(\cos^2\frac{x}{2}-\sin^2\frac{x}{2}\right)}.$

22. *а)* $\int x^3\left(x^{\frac{4}{3}}+\sqrt[3]{x^2}\right)dx;$ б) $\int\frac{x^2-6x-8}{x-2}dx.$

23. *а)* $\int\frac{x^3-16x}{x+4}dx;$ б) $\int\frac{x^3e^x+3e^{2x}}{e^x}dx.$

24. *а)* $\int\frac{x^3-2\sqrt[3]{x}+3}{x}dx;$ б) $\int\frac{1+x\sqrt{9-x^2}}{\sqrt{9-x^2}}dx\,.$

25. *а)* $\int \frac{\left(2\sqrt{x}+1\right)^2}{\sqrt{x}}dx;$ б) $\int \frac{x\cdot(x^2+1)}{\sqrt{\sin^2 x+\cos^2 x}}dx.$

26. *а)* $\int \frac{3}{x^3}\left(\frac{x^2}{3}+x^3+1\right)dx;$ б) $\int \left(e^x+4e^{2x}\right)e^{-x}\,dx.$

27. *а)* $\int \frac{3x^2+1}{x\sqrt{x}}dx;$ б) $\int 3x^2\cdot\left(\frac{1}{x^3\sin x}+\frac{1}{3x^2}\right)dx.$

28. *а)* $\int (3x^2-1)\cdot x\sqrt{x}\,dx;$ б) $\int \frac{x^2+3}{x^4-9}dx.$

29. *а)* $\int \frac{2x\sqrt{x}+3x+12}{x}dx;$ б) $\int \frac{3x^2}{\cos x}\left(\frac{2\cos x}{x^3}-\frac{\cos^2 x}{x^2}\right)dx.$

30. *а)* $\int \frac{(3x+4)(x-1)}{\sqrt{x}}dx;$ б) $\int \frac{2dx}{1+\cos 2x}.$

3.2. Подведение под знак дифференциала

1. *а)* $\int 3\cos 7x dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{3}+1\right)};$ *в)* $\int e^{\sin x-2}\cos x dx.$

2. *а)* $\int 4e^{-5x}dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{2}+7\right)};$ *в)* $\int \frac{\sin x dx}{\cos x+1}.$

3. *а)* $\int 2\sin\frac{x}{10}dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{(5x+8)^2};$ *в)* $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{1-e^{2x}}}.$

4. *а*) $\int \frac{7dx}{\cos^2 3x}$; *б*) $\int e^{\frac{x}{2}+3}dx$; *в*) $\int \frac{\sqrt{\ln x+2}}{x}dx$.

5. *а*) $\int \frac{3dx}{\sin^2 \frac{x}{4}}$; *б*) $\int \cos(2-5x)dx$; *в*) $\int \frac{xdx}{x^2+3}$.

6. *а*) $\int \frac{5dx}{9+4x^2}$; *б*) $\int \sin\left(\frac{1}{3}x+4\right)dx$; *в*) $\int \cos\left(x^3+3\right)x^2dx$.

7. *а*) $\int \frac{6dx}{\sqrt{4-9x^2}}$; *б*) $\int (5x+1)^8 dx$; *в*) $\int \frac{\sqrt{\mathrm{tg}x}\,dx}{\cos^2 x}$.

8. *а*) $\int 2\cos\frac{x}{4}dx$; *б*) $\int \frac{dx}{\sqrt{4x-3}}$; *в*) $\int \frac{dx}{\mathrm{ctg}^3 x\cdot \sin^2 x}$.

9. *а*) $\int 3e^{\frac{x}{7}}dx$; *б*) $\int \frac{dx}{(5x+2)^3}$; *в*) $\int \frac{\mathrm{arctg}^4 xdx}{1+x^2}$.

10. *а*) $\int 5\sin 8x\,dx$; *б*) $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{4}+1\right)}$; *в*) $\int \frac{\arcsin^3 xdx}{\sqrt{1-x^2}}$.

11. *а*) $\int \frac{3dx}{\cos^2 \frac{x}{10}}$; *б*) $\int (7x-2)^5 dx$; *в*) $\int \mathrm{ctg}\ xdx$. .

12. *а*) $\int \frac{4dx}{\sin^2 10x}$; *б*) $\int e^{\frac{x}{5}+2}dx$; *в*) $\int \cos^2 x\sin x\,dx$. .

13. *а*) $\int \frac{7dx}{25+9x^2}$; *б*) $\int \cos\left(\frac{x}{4}-7\right)dx$; *в*) $\int \frac{e^x\,dx}{e^x+5}$.

14. *а*) $\int \frac{3dx}{\sqrt{36-25x^2}}$; *б*) $\int \sin\left(\frac{x}{7}+4\right)dx$; *в*) $\int \frac{\sqrt[3]{\ln x}}{x}dx$.

15. *а*) $\int 2\cos 8x dx$; *б*) $\int \frac{dx}{\sqrt{\frac{x}{3}+1}}$; *в*) $\int \frac{x^2 dx}{x^3+4}$.

16. *а*) $\int 3e^{-\frac{x}{7}}dx$; *б*) $\int e^{-3x^2}xdx$; *в*) $\int \frac{dx}{\sin^2(4x-5)}$.

17. *а*) $\int 25\sin\frac{x}{9}dx$; *б*) $\int \frac{dx}{\sqrt{tgx}\cdot\cos^2 x}$; *в*) $\int \frac{dx}{\cos^2(4x+7)}$.

18. *а*) $\int \frac{6dx}{\cos^2 5x}$; *б*) $\int \frac{e^{-2ctgx}dx}{\sin^2 x}$; *в*) $\int e^{-\frac{x}{7}+2}dx$.

19. *а*) $\int \frac{4dx}{\sin^2\frac{x}{6}}$; *б*) $\int \frac{dx}{(1+x^2)arctg^2 x}$; *в*) $\int \frac{dx}{5x-3}$.

20. *а*) $\int \frac{3dx}{16+25x^2}$; *б*) $\int \frac{e^{\arcsin x}dx}{\sqrt{1-x^2}}$; *в*) $\int\left(3x+\frac{1}{7}\right)^4 dx$.

21. *а*) $\int \frac{5dx}{\sqrt{16-9x^2}}$; *б*) $\int \sqrt{\cos x}\,\sin x dx$; *в*) $\int \cos\left(\frac{x}{2}+1\right)dx$.

22. *а*) $\int 5\cos\ 9xdx$; *б*) $\int \frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{5}+3\right)}$; *в*) $\int \frac{\cos xdx}{1+\sin^2 x}$.

23. *а*) $\int 5e^{5x}dx$; *б*) $\int \frac{e^x dx}{e^x-4}$; *в*) $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{8}-3\right)}$.

24. *а*) $\int 3\sin\frac{2}{5}xdx$; *б*) $\int \frac{dx}{\sqrt{x+7}}$; *в*) $\int \frac{\cos(\ln x)}{x}dx$.

25. *а*) $\int \frac{4dx}{\cos^2\frac{x}{12}}$; *б*) $\int e^{-3x^2}xdx$; *в*) $\int e^{-4x+5}dx$.

26. *а*) $\int \frac{dx}{\sin^2\frac{4x}{5}}$; *б*) $\int e^{2x^3}x^2dx$; *в*) $\int \cos(3x+8)dx$.

27. *а*) $\int \frac{6dx}{9+16x^2}$; *б*) $\int \frac{\cos(tgx)dx}{\cos^2 x}$; *в*) $\int \sin\left(\frac{x}{10}+10\right)dx$.

28. *а*) $\int \frac{7dx}{\sqrt{64-25x^2}}$; *б*) $\int \frac{dx}{7x-5}$; *в*) $\int \frac{e^{\mathrm{ctgx}}dx}{\sin^2 x}$.

29. *а*) $\int \sin\frac{3x}{7}dx$; *б*) $\int \frac{dx}{\sqrt[3]{x-7}}$; *в*) $\int \frac{\sqrt[3]{\mathrm{arctg}\,x}}{1+x^2}dx$.

30. *а*) $\int e^{-\frac{2x}{5}}dx$; *б*) $\int \sqrt{4x-5}dx$; *в*) $\int \frac{dx}{\arcsin^3 x\cdot\sqrt{1-x^2}}$.

3.3. Замена переменной

1. *а*) $\int \frac{dx}{e+2\sqrt{x}}$; *б*) $\int \frac{e^{3x}dx}{e^x+3}$ $\left[e^x=t\right]$.

2. *а*) $\int \frac{dx}{\sqrt{2x-1}}$; *б*) $\int x(5x-1)^{19}dx$ $\left[5x-1=t\right]$.

3. *а*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x-9}}$; *б*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+4}}$ $\left[x=\frac{2}{t}\right]$.

4. *а*) $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x}}$; *б*) $\int \frac{xdx}{(3-x)^7}$ $\left[3-x=t\right]$.

5. *а*) $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+\sqrt{x}}$; *б*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{4-x^2}}$ $\left[x=\frac{2}{t}\right]$.

6. *а*) $\int \frac{dx}{x-3\sqrt{x}}$; *б*) $\int \frac{dx}{e^x-2}$ $\left[e^x=t\right]$.

7. *а*) $\int \frac{xdx}{\sqrt{x+2}}$; *б*) $\int x(1-3x)^8dx$ $\left[1-3x=t\right]$.

8. *а*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+1}}$; *б*) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+9}}$ $\left[x=\frac{3}{t}\right]$.

9. *а*) $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+2\sqrt[3]{x}}$; *б*) $\int \frac{xdx}{(4x+5)^{10}}$ $\left[4x+5=t\right]$.

10. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+4\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{9-x^2}}$ $\left[x=\frac{3}{t}\right]$.

11. *а)* $\int \frac{dx}{x+3\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{e^x+5}$ $[x=\ln t]$.

12. *а)* $\int \frac{(x+1)dx}{\sqrt{3x+2}}$; *б)* $\int x(3-2x)^{11}dx$ $[3-2x=t]$.

13. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+36}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+25}}$ $\left[x=\frac{5}{t}\right]$.

14. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}-2\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(3x+4)^6}$ $[3x+4=t]$.

15. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}-4\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-25}}$ $\left[x=\frac{5}{t}\right]$.

16. *а)* $\int \frac{dx}{x+2\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{e^{3x}dx}{e^x-4}$ $[x=\ln t]$.

17. *а)* $\int \frac{(1-x)dx}{\sqrt{x-5}}$; *б)* $\int x(3x+1)^8 dx$ $[3x+1=t]$.

18. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+16}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{16-x^2}}$ $\left[x=\frac{4}{t}\right]$.

19. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}-5\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(5-x)^8}$ $[5-x=t]$.

20. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+9\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-9}}$. $\left[x=\frac{3}{t}\right]$.

21. *а)* $\int \frac{dx}{x-7\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{e^x-4}$ $\left[x=\ln t\right]$.

22. *а)* $\int \frac{(x-3)\,dx}{\sqrt{5x-1}}$; *б)* $\int x(5x+3)^9\,dx$ $\left[5x+3=t\right]$.

23. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x-25}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-16}}$ $\left[x=\frac{4}{t}\right]$.

24. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+4\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(3-x)^9}$ $\left[3-x=t\right]$.

25. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}-9\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-49}}$ $\left[x=\frac{7}{t}\right]$.

26. *а)* $\int \frac{dx}{x-7\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{e^{3x}dx}{e^x-3}$ $\left[e^x=t\right]$.

27. *а)* $\int \frac{x\,dx}{\sqrt{7x+5}}$; *б)* $\int x(2x-5)^5\,dx$ $\left[2x-5=t\right]$.

28. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+25}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+64}}$ $\left[x=\frac{8}{t}\right]$.

29. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+6\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(3x+1)^7}$ $\left[3x+1=t\right]$.

30. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+49\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{81-x^2}}$ $\left[x=\frac{9}{t}\right]$.

3.4. Интегрирование по частям

1. *а)* $\int x\cos\frac{x}{3}dx$; *б)* $\int \ln(x+4)\,dx$; *в)* $\int \sqrt{x^2+9}\,dx$.

2. *а)* $\int (2x+1)e^{-3x}dx$; *б)* $\int \arcsin 5x\,dx$; *в)* $\int \cos\ln 2x dx$.

3. *а)* $\int\left(\frac{x}{2}-1\right)\sin 2x dx$; *б)* $\int (x+4)\ln x dx$; *в)* $\int e^{3x}\cos x dx$.

4. *а)* $\int(8x+3)\cos 8x dx$; *б)* $\int \ln 8x dx$; *в)* $\int \sin(15\ln x)\,dx$.

5. *а)* $\int(x+4)\ln 5x dx$; *б)* $\int\left(x^2-1\right)5^{-x}dx$; *в)* $\int\sqrt{x^2-1}\,dx$.

6. *а)* $\int\left(1-\frac{5}{2}x\right)\sin 5x dx$; *б)* $\int(2x-5)\ln x dx$; *в)* $\int e^x\sin\frac{x}{4}dx$.

7. *а)* $\int x\cos\left(\frac{x}{5}-1\right)dx$; *б)* $\int \operatorname{arctg} 2x dx$; *в)* $\int e^{4x}\sin x dx$.

8. *а)* $\int\left(\frac{x}{5}+7\right)e^{0,1x}dx$; *б)* $\int x\operatorname{arctg} x dx$; *в)* $\int \sin\ln x dx$.

9. *а)* $\int(7x+1)\sin\frac{x}{7}dx$; *б)* $\int x^{-5}\ln x dx$; *в)* $\int \operatorname{arctg}^2 x dx$.

10. *а)* $\int x\cos\left(5-\frac{x}{10}\right)dx$; *б)* $\int \arccos 3x dx$; *в)* $\int e^x\sin 2x dx$.

11. *а)* $\int\left(x^2-2x\right)\ln x dx$; *б)* $\int x\cdot 10^{5x}dx$; *в)* $\int e^{3x}\cdot\cos x dx$.

12. *а)* $\int \ln 12x dx$; *б)* $\int x\left(\cos^2 x-\sin^2 x\right)dx$; *в)* $\int\sqrt{x^2+7}\,dx$.

13. *а)* $\int x^2\sin x dx$; *б)* $\int \ln(7x+9)\,dx$; *в)* $\int \arcsin^2 x dx$.

14. *а)* $\int(2x+7)\cos\frac{1}{7}x dx$; *б)* $\int \operatorname{arctg}\frac{1}{x}dx$; *в)* $\int e^{5x}\cdot\sin x dx$.

15. *а)* $\int x \cdot e^{x+100} dx$; *б)* $\int \ln 12x\, dx$; *в)* $\int \cos \ln 5x dx$.

16. *а)* $\int (12x+1) \cdot e^{\frac{x}{2}} dx$; *б)* $\int \left(x^2 - 4x + 4\right) \ln x dx$; *в)* $\int \sin(5 \ln x) dx$.

17. *а)* $\int (x+7) \cdot \sin 7x dx$; *б)* $\int x^{100} \cdot \ln x\, dx$; *в)* $\int e^{20x} \cdot \cos x dx$.

18. *а)* $\int x \cdot \cos(7x+9)\, dx$; *б)* $\int \ln(10-x)\, dx$; *в)* $\int \sqrt{x^2 - 10}\, dx$.

19. *а)* $\int 2x \sin 4x \cdot \cos 4x\, dx$; *б)* $\int x^2 \cdot \ln x dx$; *в)* $\int e^x \cdot \cos 12x dx$.

20. *а)* $\int x^{\frac{3}{2}} \cdot \ln x dx$; *б)* $\int x^2 \cdot e^{3x} dx$; *в)* $\int \sqrt{x^2 + 12}\, dx$.

21. *а)* $\int x \cdot \sin \pi x dx$; *б)* $\int x^5 \cdot \ln 5x dx$; *в)* $\int \arccos^2 x\, dx$.

22. *а)* $\int x \cdot \left(\cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2}\right) dx$; *б)* $\int x^{-\frac{1}{2}} \operatorname{arctg} \sqrt{x} dx$; *в)* $\int \sin 3x dx$.

23. *а)* $\int (7x-4) \cdot e^{4-x} dx$; *б)* $\int \frac{\ln x}{(1+x)^2} dx$; *в)* $\int \cos(3 \ln x)\, dx$.

24. *а)* $\int (x+10) \ln 10x dx$; *б)* $\int (1+x)^2 \cdot e^x dx$; *в)* $\int \sin \ln 7x\, dx$.

25. *а)* $\int \lg(10x + 0{,}5)\, dx$; *б)* $\int x \cdot \cos \frac{2x}{\pi} dx$; *в)* $\int 2 \sin \ln x \cdot \cos \ln x\, dx$.

26. *а)* $\int (x+9) \cdot \sin \frac{x}{9} dx$; *б)* $\int \left(1 + x^2\right)^2 \cdot \ln x\, dx$; *в)* $\int 2e^x \cdot \sin x \cos x dx$.

27. *а)* $\int \left(9 - \frac{7}{2}x\right) \cdot \sin 2x dx$; *б)* $\int \arccos 2x\, dx$; *в)* $\int \frac{e^x \cdot \sin x}{\operatorname{tg} x} dx$.

28. *а)* $\int x \cdot \sin\left(9 - \frac{7x}{2} dx\right)$; *б)* $\int \frac{\ln(x+1)}{(x+1)^2} dx$; *в)* $\int \cos \ln x\, dx$.

29. *а*) $\int (x+7)\cdot\cos(x+7)\,dx$; *б*) $\int x\cdot\ln x^7\,dx$; *в*) $\int e^x\cdot(1+\cos 3x)\,dx$.

30. *а*) $\int\left(x^2-2x-3\right)\cdot\ln x dx$; *б*) $\int\frac{x\cdot\sin^3 x}{1-\cos^2 x}dx$; *в*) $\int\frac{\sin 2x}{e^{2x}}dx$.

3.5. Интегрирование рациональных дробей

1. *а*) $\int\frac{2x+3}{x^2-2x+5}dx$; *б*) $\int\frac{8x-2}{x^3+x^2-2x}dx$;

в) $\int\frac{2x^2-2x+1}{x^3-2x^2+x}dx$; *г*) $\int\frac{x^5+7x^3+x^2+12x+1}{x^4+5x^2+4}dx$.

2. *а*) $\int\frac{3x+2}{x^2+2x+5}dx$; *б*) $\int\frac{4x^2-11x+3}{x^3-4x^2+3x}dx$;

в) $\int\frac{2x^2+4x+1}{x^3+2x^2+x}dx$; *г*) $\int\frac{x^5+6x^3+x^2+5x+3}{x^4+4x^2+3}dx$.

3. *а*) $\int\frac{1-2x}{x^2-2x+2}dx$; *б*) $\int\frac{5x-3}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int\frac{2x^2-5x+4}{x^3-4x^2+4x}dx$; *г*) $\int\frac{x^5+5x^3+x^2+4x+2}{x^4+3x^2+2}dx$.

4. *а*) $\int\frac{2-3x}{x^2+2x+2}dx$; *б*) $\int\frac{2x^2+3x+3}{x^3+2x^2-3x}dx$;

в) $\int\frac{2x^2+7x+4}{x^3+4x^2+4x}dx$; *г*) $\int\frac{x^5+7x^3+x^2+10x+3}{x^4+5x^2+6}dx$.

5. *а*) $\int\frac{3-2x}{x^2+4x+5}dx$; *б*) $\int\frac{4x^2-7x+2}{x^3-3x^2+2x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-8x+9}{x^3-6x^2+9x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+8x^3+x^2+16x+2}{x^4+6x^2+8}dx.$

6. *а*) $\int \frac{3x-4}{x^2+4x+5}dx;$ *б*) $\int \frac{8x-6}{x^3+x^2-6x}dx;$

в) $\int \frac{2x^2+10x+9}{x^3+6x^2+9x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+9x^3+x^2+20x+3}{x^4+7x^2+12}dx.$

7. *а*) $\int \frac{5+2x}{x^2-6x+10}dx;$ *б*) $\int \frac{4x^2-6}{x^3-x^2-6x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2-2x+1}{x^3-2x^2+x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+6x^3+x^2+8x+1}{x^4+5x^2+4}dx.$

8. *а*) $\int \frac{2-5x}{x^2+6x+10}dx;$ *б*) $\int \frac{4x^2-7x-3}{x^3-2x^2-3x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2+5x+1}{x^3+2x^2+x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+5x-3}{x^4+4x^2+3}dx.$

9. *а*) $\int \frac{1-4x}{x^2-2x+10}dx;$ *б*) $\int \frac{4x^2-4x-2}{x^3-x^2-2x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2-7x+4}{x^3-4x^2+4x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+5x^3-x^2+4x-2}{x^4+3x^2+2}dx.$

10. *а*) $\int \frac{5x+3}{x^2+2x+10}dx;$ *б*) $\int \frac{2x^2-6x-2}{x^3+x^2-2x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2+9x+4}{x^3+4x^2+4x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+7x^3-x^2+10x-3}{x^4+5x^2+6}dx.$

11. *а*) $\int \frac{5x+2}{x^2-6x+13}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-3x-3}{x^3-4x^2+3x}dx$;

в) $\int \frac{3x^2-11x+9}{x^3-6x^2+9x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+8x^3-x^2+16x-2}{x^4+6x^2+8}dx$.

12. *а*) $\int \frac{4-2x}{x^2+6x+13}dx$; *б*) $\int \frac{2-3x}{x^3-3x^2+2x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+8x+9}{x^3+6x^2+9x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+9x^3+x^2+18x+4}{x^4+7x^2+12}dx$.

13. *а*) $\int \frac{3x-1}{x^2-4x+8}dx$; *б*) $\int \frac{-8x-6}{x^3-x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{3x^2-3x+2}{x^3-2x^2+x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+8x-1}{x^4+5x^2+4}dx$.

14. *а*) $\int \frac{3x-5}{x^2+4x+8}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-6x-6}{x^3+x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+5x+1}{x^3+2x^2+x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+5x^3+2x^2+4x+6}{x^4+4x^2+3}dx$.

15. *а*) $\int \frac{2x+3}{x^2-4x+13}dx$; *б*) $\int \frac{-5x-3}{x^3+2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-4x+4}{x^3-4x^2+4x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+4x^3+2x^2+3x+4}{x^4+3x^2+2}dx$.

16. *а*) $\int \frac{3x-7}{x^2+4x+13}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-3x+2}{x^3-3x^2+2x}dx$;



17. *а*) $\int \frac{2x+1}{x^2-6x+18}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2+6x-6}{x^3-x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-7x+9}{x^3-6x^2+9x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+4x^3+x^2+2}{x^4+6x^2+8}dx$.

18. *а*) $\int \frac{2x-1}{x^2+6x+18}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-3x+3}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+7x+9}{x^3+6x^2+9x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+9x^3-x^2+20x-3}{x^4+7x^2+12}dx$.

19. *а*) $\int \frac{3x-4}{x^2-2x+17}dx$; *б*) $\int \frac{4x^2+2}{x^3+x^2-2x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-x+1}{x^3-2x^2+x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+6x^3+x^2+5x+4}{x^4+5x^2+4}dx$.

20. *а*) $\int \frac{4x+3}{x^2+2x+17}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-9x+3}{x^3-4x^2+3x}dx$;

в) $\int \frac{3x^2+6x+1}{x^3+2x^2+x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+5x^3-2x^2+4x-6}{x^4+4x^2+3}dx$.

21. *а*) $\int \frac{3x-4}{x^2-4x+20}dx$; *б*) $\int \frac{2x-2}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{3x^2-9x+8}{x^3-4x^2+4x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+4x^3-2x^2+3x-4}{x^4+3x^2+2}dx$.

22. *а*) $\int \frac{3x+2}{x^2+4x+20}dx$; *б*) $\int \frac{4x^2+7x-3}{x^3+2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+3x+4}{x^3+4x^2+4x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+7x^3-x^2+12x-2}{x^4+5x^2+6}dx$.

23. *а*) $\int \frac{2x+3}{x^2-4x+29}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-2x+6}{x^3+x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-11x+9}{x^3-6x^2+9x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+8x^3+x^2+12x+4}{x^4+6x^2+8}dx$.

24. *а*) $\int \frac{2x-3}{x^2+4x+29}dx$; *б*) $\int \frac{3x^2+2x+6}{x^3-x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{5x+9}{x^3+6x^2+9x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+5x^3+x^2+4x+3}{x^4+7x^2+12}dx$.

25. *а*) $\int \frac{4x-7}{x^2-2x+26}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2+9x-3}{x^3+2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-5x+1}{x^3-2x^2+x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+5x-4}{x^4+5x^2+4}dx$.

26. *а*) $\int \frac{4x+5}{x^2+2x+26}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-x-2}{x^3-3x^2+2x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+2x+1}{x^3+2x^2+x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+6x^3+7x}{x^4+4x^2+3}dx$.

27. *а*) $\int \frac{5x-1}{x^2-6x+25}dx$; *б*) $\int \frac{2x^2-9x-3}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-9x+4}{x^3-4x^2+4x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+2x^3+2x^2+x+4}{x^4+3x^2+2}dx$.

28. *а*) $\int \frac{5x-3}{x^2+6x+25}dx$; *б*) $\int \frac{6x^2+2x-2}{x^3+x^2-2x}dx$;

в) $\int \frac{x^2+3x+8}{x^3+4x^2+4x}dx$; *г*) $\int \frac{x^5+3x^3+x^2+2}{x^4+5x^2+6}dx$.

29. *а*) $\int \frac{4x-3}{x^2-8x+17}dx$; *б*) $\int \frac{4x^2-6}{x^3+x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{x^2-11x+18}{x^3-6x^2+9x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+8x^3-x^2+12x-4}{x^4+6x^2+8}dx.$

30. *а*) $\int \frac{2x+7}{x^2+8x+17}dx;$ *б*) $\int \frac{x+3}{x^3-4x^2+3x}dx;$

в) $\int \frac{x^2+7x+18}{x^3+6x^2+9x}dx;$ *г*) $\int \frac{x^5+9x^3-x^2+18x-4}{x^4+7x^2+12}dx.$

3.6. Интегрирование тригонометрических функций

1. *а*) $\int \cos^2\frac{x}{3}dx;$ *б*) $\int \cos^3 x\cdot\sin^2 xdx;$ *в*) $\int \sin 4x\cdot\cos 5xdx.$
2. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{3}dx;$ *б*) $\int \sin^3 x\cdot\cos^2 xdx;$ *в*) $\int \sin 3x\cdot\sin 7xdx.$
3. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{2}\cdot\cos^2\frac{x}{2}dx;$ *б*) $\int \cos^3 x\sqrt{\sin x}\,dx;$ *в*) $\int \cos 3x\cdot\cos 8x\,dx.$
4. *а*) $\int \cos^2\frac{x}{5}dx;$ *б*) $\int \sin^3 x\cdot\sqrt{\cos x}\,dx;$ *в*) $\int \sin 7x\cdot\cos 5xdx.$
5. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{5}dx;$ *б*) $\int \frac{\cos^3 x\,dx}{\sqrt[3]{\sin^2 x}};$ *в*) $\int \sin 6x\cdot\sin 2xdx.$
6. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{4}\cdot\cos^2\frac{x}{4}dx;$ *б*) $\int \frac{\sin^3 xdx}{\sqrt{\cos x}}dx;$ *в*) $\int \cos 5x\cdot\cos 7x\,dx$
7. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{6}dx;$ *б*) $\int \frac{\sin^3 x\,dx}{\sqrt[3]{\cos^2 x}};$ *в*) $\int \cos 4x\cdot\cos 7x\,dx.$
9. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{6}\cdot\cos^2\frac{x}{6}dx;$ *б*) $\int \cos^3 x\cdot\sin^4 x\,dx;$ *в*) $\int \cos 7x\cdot\sin 4x\,dx.$
10. *а*) $\int \cos^2\frac{2x}{5}dx;$ *б*) $\int \sin^3 x\cdot\cos^4 xdx;$ *в*) $\int \sin 11x\cdot\sin 5xdx.$
11. *а*) $\int \sin^2\frac{2x}{5}dx;$ *б*) $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[4]{\sin^3}\,dx;$ *в*) $\int \cos 9x\cdot\cos 6x\,dx.$

12. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{5}\cdot\cos^2\frac{x}{5}dx$; *б*) $\int \sin^3 x\sqrt[3]{\cos^2 x}\,dx$; *в*) $\int \cos 6x\cdot\sin 4x\,dx$.

13. *а*) $\int \cos^2\frac{x}{7}dx$; *б*) $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[3]{\sin x}\,dx$; *в*) $\int \sin 12x\cdot\cos 8x dx$.

14. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{7}$; *б*) $\int \sin^3 x\cdot\sqrt[4]{\cos x}\,dx$; *в*) $\int \cos 8x\cdot\cos 5x\,dx$.

15. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{7}\cdot\cos^2\frac{x}{7}dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x\sqrt{\sin x}}dx$; *в*) $\int \sin 7x\cdot\cos 3x\,dx$.

16. *а*) $\int \cos^2\frac{x}{8}dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x\,dx}{\cos x\sqrt{\cos x}}$; *в*) $\int \sin 5x\cdot\sin 8x\,dx$.

17. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{8}dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x\,dx}{\sqrt[5]{\sin^4 x}}dx$; *в*) $\int \cos 7x\cdot\cos 10x dx$.

18. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{8}\cdot\cos^2\frac{x}{8}dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[5]{\cos^3 x}}dx$; *в*) $\int \cos 5x\cdot\sin 6x\,dx$.

19. *а*) $\int \cos^2\frac{x}{9}dx$; *б*) $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[7]{\sin^4 x}\,dx$; *в*) $\int \sin 7x\cdot\sin 11x dx$.

20. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{9}dx$; *б*) $\int \sin^3 x\cdot\sqrt[7]{\cos^4 x}\,dx$; *в*) $\int \cos 9x\cdot\cos 11x\,dx$.

21. *а*) $\int \sin^2\frac{x}{9}\cdot\cos^2\frac{x}{9}dx$; *б*) $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[5]{\sin^4 x}\,dx$; *в*) $\int \cos 11x\cdot\sin 5x\,dx$.

22. *а*) $\int \cos^2\frac{2x}{3}dx$; *б*) $\int \sin^3 x\cdot\sqrt[5]{\cos^4 x}\,dx$; *в*) $\int \sin 12x\cdot\sin 7x dx$.

23. *а*) $\int \sin^2\frac{2x}{3}dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x\sqrt{\sin x}}$; *в*) $\int \cos 13x\cdot\cos 5x\,dx$.

24. *а*) $\int \sin^2\frac{2x}{3}\cdot\cos^2\frac{2x}{3}dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\cos x\cdot\sqrt[3]{\cos x}}$; *в*) $\int \cos 9x\cdot\sin 4x\,dx$.

25. *а*) $\int \cos^2\frac{3x}{4}dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[4]{\sin^3 x}}$; *в*) $\int \sin 13x\cdot\sin 8x\,dx$.

26. *а*) $\int \sin^2\frac{3x}{4}dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[4]{\cos^3 x}}$; *в*) $\int \sin 12x\cdot\sin 8x\,dx$.

27. *а*) $\int \sin^2 \frac{3x}{4} \cdot \cos^2 \frac{3x}{4} dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \sin 5x \cdot \cos 8x \, dx$.

28. *а*) $\int \cos^2 \frac{3x}{5} dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \sin 14x \cdot \sin 9x \, dx$.

29. *а*) $\int \sin^2 \frac{3x}{5} dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[6]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \cos 15x \cdot \cos 11x \, dx$.

30. *а*) $\int \sin^2 \frac{3x}{5} \cdot \cos^2 \frac{3x}{5} dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[6]{\cos^5 x}}$; *в*) $\int \sin 9x \cdot \cos 3x \, dx$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнниях и задачах. Часть 1. – М.: ООО “Изд-во Оникс”, 2008. – 368 с.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2012. – 281 с.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова,
О. Е. Турова

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения

Екатеринбург
2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……...4
1. ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ …….……5
1. 1. Понятия определенного интеграла……..5
1. 2. Свойства определенного интеграла …….……..5
1. 3. Вычисление определенного интеграла ……..6
2. НЕСОБСТВЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ.……8
2. 1. Интегрирование по бесконечному промежутку ……...8
2. 2. Интеграл от разрывной функции……...10
3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ
ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА ……12
3. 1. Площадь плоской фигуры ……..…….…...12
3.2. Объем тела вращения ……..……..... 23
3.3. Длина дуги плоской кривой……..27
4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ …… 30
4. 1. Вычисление определенных интегралов….……30
4. 2. Несобственные интегралы ……..36
4. 3. Площадь …….……..….40
4. 4. Объем тела вращения ……..46
4. 5. Длина дуги плоской кривой ..…….….47
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……53

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии представлены основные теоретические сведения по теме “Определенный интеграл”, рассмотрены основные методы интегрирования, некоторые приложения к геометрическими задачам, разобраны примеры решения задач.

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Рекомендуется для всех специальностей УГГУ.

1. ОПРЕДЕЛЁННЫЙ ИНТЕГРАЛ

1.1. Понятие определённого интеграла

Определённым интегралом функции $f(x)$ по отрезку $[a;b]$ является число, обозначаемое символом $\int_a^b f(x)dx$ и определяемое как предел интегральной суммы функции на заданном отрезке, а именно

$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{\max \Delta x_i \to 0} \sum_{i=1}^{n} f\left(\bar{x}_i\right)\Delta x_i,$$

где $a = x_0 < x_1 < x_2 < \ldots < x_n = b$; $\bar{x}_i \in (x_{i-1}, x_i)$, $i = 1,\ldots,n$; $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$.

1. 2. Свойства определённого интеграла

1. $\int_a^b A \cdot f(x)dx = A \cdot \int_a^b f(x)dx, \quad A = \text{const};$
2. $\int_a^b [f(x) \pm g(x)]dx = \int_a^b f(x)dx \pm \int_a^b g(x)dx;$
3. $\int_a^b f(x)dx = \int_a^c f(x)dx + \int_c^b f(x)dx, \quad c \in (a;b).$

1. 3. Вычисление определённого интеграла

1. Для вычисления определённого интеграла используется формула Ньютона-Лейбница:

$$\int_a^b f(x)dx = F(x)\Big|_a^b = F(b) - F(a),$$

где $F(x)-$ первообразная функции $f(x)$.

2. Если для нахождения первообразной используется введение новой переменной $x = \varphi(t)$ (замена переменной), то

$$\int_a^b f(x)dx = \int_{t(a)}^{t(b)} f\left[\varphi(t)\right]\cdot \varphi'(t)dt,$$

где $t(a)$ и $t(b)$ новые пределы интегрирования, соответствующие переменной t.

При подстановке $u = u(x)$ формула замены переменной имеет вид

$$\int_a^b f\left[u(x)\right]u'(x)\,dx = \int_{u(a)}^{u(b)} f(u)\,du.$$

3. Формула интегрирования по частям для определённого интеграла принимает вид

$$\int_a^b ud\upsilon = u\upsilon\Big|_a^b - \int_a^b \upsilon du.$$

Примеры

1. $\int\limits_0^4 \sqrt{x}dx = \int\limits_0^4 x^{\frac{1}{2}}dx = \left.\frac{x^{\frac{1}{2}+1}}{\frac{1}{2}+1}\right|_0^4 = \left.\frac{2x^{\frac{3}{2}}}{3}\right|_0^4 = \frac{2\cdot 4^{\frac{3}{2}}}{3} - \frac{2\cdot 0^{\frac{3}{2}}}{3} = \frac{2\cdot 8}{3} = \frac{16}{3}.$

2. $\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} 7\cos 3xdx = 7\cdot\frac{1}{3}\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \cos 3xd3x = \left.\frac{7\cdot\sin 3x}{3}\right|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{7}{3}\left(\sin\frac{3\pi}{2} - \sin 0\right) = -\frac{7}{3}.$

3. $\int\limits_1^e \frac{\ln x}{x}dx = \int\limits_1^e \ln x\frac{dx}{x} = \int\limits_1^e \ln xd\ln x = \left.\frac{\ln^2 dx}{2}\right|_1^e = \frac{\ln^2 e}{2} - \frac{\ln^2 1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{0}{2} = \frac{1}{2}.$

4. $\int\limits_1^4 \frac{\sqrt{x}dx}{1+\sqrt{x^3}} = \left[\begin{array}{c} \sqrt{x} = t, \\ x = t^2, \\ dx = \left(t^2\right)'dt = 2tdt, \\ t(1) = \sqrt{1} = 1;\ t(4) = \sqrt{4} = 2 \end{array}\right] = \int\limits_1^2 \frac{t\cdot 2tdt}{1+t^3} = 2\int\limits_1^2 \frac{t^2dt}{1+t^3} =$

$= \frac{2}{3}\int\limits_1^2 \frac{3t^2dt}{1+t^3} = \frac{2}{3}\int\limits_1^2 \frac{d(1+t^3)}{1+t^3} = \frac{2}{3}\ln\left|1+t^3\right|\Big|_1^2 = \frac{2}{3}\left(\ln|1+8| - \ln|1+1|\right) = \frac{2}{3}\ln\frac{9}{2}.$

2. НЕСОБСТВЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

2. 1. Интегрирование по бесконечному промежутку

Пусть функция $y = f(x)$ определена и непрерывна на промежутке $[a; +\infty)$. Предел $\lim\limits_{b\to\infty}\int\limits_a^b f(x)\,dx$ называют несобственным интегралом первого рода и обозначают $\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx$, т. е.

$$\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx = \lim_{b\to\infty}\int\limits_a^b f(x)\,dx.$$

Если существует конечный предел $\lim\limits_{b\to\infty}\int\limits_a^b f(x)\,dx$, то говорят, что интеграл $\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx$ сходится; если указанный предел не существует или равен бесконечности, интеграл $\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx$ является расходящимся.

Аналогично определяются и другие интегралы по бесконечному промежутку

$$\int\limits_{-\infty}^b f(x)dx = \lim_{a\to-\infty}\int\limits_a^b f(x)\,dx$$

и

$$\int\limits_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = \int\limits_{-\infty}^c f(x)dx + \int\limits_c^{+\infty} f(x)dx.$$

В последнем случае интеграл является сходящимся, если сходятся оба интеграла, его составляющие.

Примеры

Найти несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$1.\int_2^{\infty}\frac{dx}{x^2-4x+13}=\lim_{b\to\infty}\int_2^{b}\frac{dx}{x^2-4x+13}=\lim_{b\to\infty}\int_2^{b}\frac{dx}{(x-2)^2+9}=\lim_{b\to\infty}\int_2^{b}\frac{d(x-2)}{(x-2)^2+9}=$$

$$=\lim_{b\to\infty}\frac{1}{3}\operatorname{arctg}\frac{x-2}{3}\Bigg|_2^{b}=\frac{1}{3}\lim_{b\to\infty}\left(\operatorname{arctg}\frac{b-2}{3}-\operatorname{arctg}0\right)=\frac{1}{3}\cdot\frac{\pi}{2}=\frac{\pi}{6},$$

интеграл сходится.

$$2.\int_e^{\infty}\frac{\sqrt{\ln x}}{x}=\lim_{b\to\infty}\int_e^{b}\frac{\sqrt{\ln x}\,dx}{x}=\lim_{b\to\infty}\int_e^{b}(\ln x)^{\frac{1}{2}}d(\ln x)=\lim_{b\to\infty}\frac{(\ln x)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\Bigg|_e^{b}=$$

$$=\frac{2}{3}\lim_{b\to\infty}\sqrt{(\ln x)^3}\Big|_e^{b}=\frac{2}{3}\lim_{b\to\infty}\left(\sqrt{(\ln b)^3}-\sqrt{(\ln e)^3}\right)=\infty,$$

интеграл расходится.

3. $$\int_{-\infty}^{1}\frac{dx}{(x-2)^3}=\lim_{a\to-\infty}\int_{a}^{1}\frac{dx}{(x-2)^3}=\lim_{a\to-\infty}\int_{a}^{1}\frac{d(x-2)}{(x-2)^3}=$$

$$=\lim_{a\to-\infty}\int_{a}^{1}(x-2)^{-3}d(x-2)=\lim_{a\to-\infty}\frac{(x-2)^{-2}}{-2}\Bigg|_{a}^{1}=-\frac{1}{2}\lim_{a\to-\infty}\frac{1}{(x-2)^2}\Bigg|_{a}^{1}=$$

$$=-\frac{1}{2}\lim_{a\to-\infty}\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{(a-2)^2}\right)=-\frac{1}{2},$$

интеграл сходится.

2. 2. Интеграл от разрывной функции

Пусть функция $y=f(x)$ определена и непрерывна на промежутке $[a;b)$, точка $x=b$ является точкой разрыва второго рода. Предел $\lim\limits_{\xi\to0}\int\limits_{a}^{b-\xi}f(x)dx$ называют несобственным интегралом второго рода и обозначают $\int\limits_{a}^{b}f(x)dx$, т. е.

$$\int_{a}^{b}f(x)dx=\lim_{\xi\to0}\int_{a}^{b-\xi}f(x)dx.$$

Если существует конечный предел $\lim\limits_{\xi\to0}\int\limits_{a}^{b-\xi}f(x)dx$, интеграл является сходящимся.

Если же указанный предел не существует или равен бесконечности, то говорят, что интеграл $\int_a^b f(x)\,dx$ расходится.

Если функция $y = f(x)$ непрерывна на промежутке $(a; b]$, а точка $x = a$ является точкой разрыва второго рода, то

$$\int_a^b f(x)\,dx = \lim_{\xi \to 0} \int_{a+\xi}^b f(x)\,dx .$$

Если точка $x = c$ является точкой разрыва второго рода функции $y = f(x)$, где $c \in (a, b)$, то

$$\int_a^b f(x)\,dx = \int_a^c f(x)\,dx + \int_c^b f(x)\,dx .$$

В последнем случае $\int_a^b f(x)\,dx$ будет сходящимся, если сходятся оба интеграла в правой части.

Примеры

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$1.\ \int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[3]{x-5}} = \lim_{\xi \to 0} \int_4^{5-\xi} \frac{dx}{\sqrt[3]{x-5}} = \lim_{\xi \to 0} \int_4^{5-\xi} (x-5)^{-\frac{1}{3}} d(x-5) =$$

$$= \lim_{\xi \to 0} \frac{(x-5)^{\frac{2}{3}}}{\frac{2}{3}} \Bigg|_4^{5-\xi} = \frac{3}{2} \lim_{\xi \to 0} \sqrt[3]{(x-5)^2} \Big|_4^{5-\xi} =$$

$$= \frac{3}{2} \lim_{\xi \to 0} \left(\sqrt[3]{(5-\xi-5)^2} - \sqrt[3]{(4-5)^2} \right) = \frac{3}{2} \lim_{\xi \to 0} \left(\sqrt[3]{\xi^2} - \sqrt[3]{1} \right) = -\frac{3}{2},$$

интеграл сходится.

$$2.\ \int_{-2}^{0}\frac{x^2dx}{x^3+8}=\lim_{\xi\to 0}\int_{-2+\xi}^{0}\frac{x^2dx}{x^3+8}=\lim_{\xi\to 0}\int_{-2+\xi}^{0}\frac{\frac{1}{3}d(x^3+8)}{x^3+8}=$$

$$=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\ln\left|x^3+8\right|\Big|_{-2+\xi}^{0}=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8-\ln\left|(-2+\xi)^3+8\right|\right)=$$

$$=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8-\ln\left(-8+12\xi-6\xi^2+\xi^3+8\right)\right)=$$

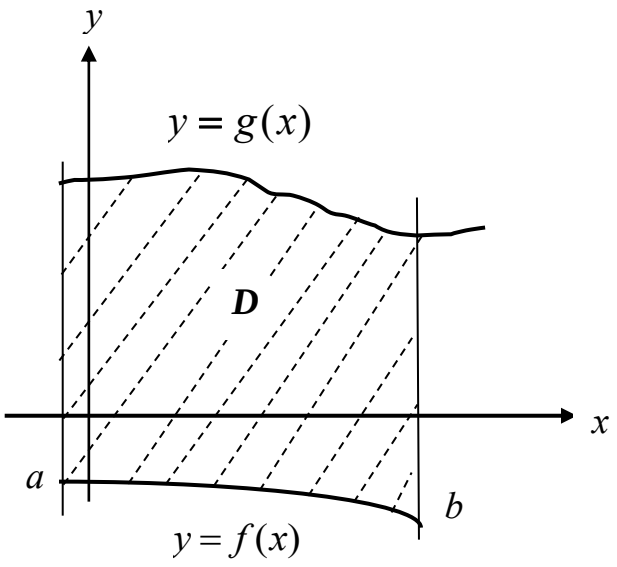
$$=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8-\ln\left(12\xi-6\xi^2+\xi^3\right)\right)=\infty,$$

интеграл расходится.

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЁННОГО ИНТЕГРАЛА

3. 1. Площадь плоской фигуры

а) Площадь криволинейной трапеции D, ограниченной кривыми $y=f(x),\ y=g(x),$ где $f(x)\le g(x)$ и прямыми $x=a$ и $x=b$, где $a<b$ (см. рис.),



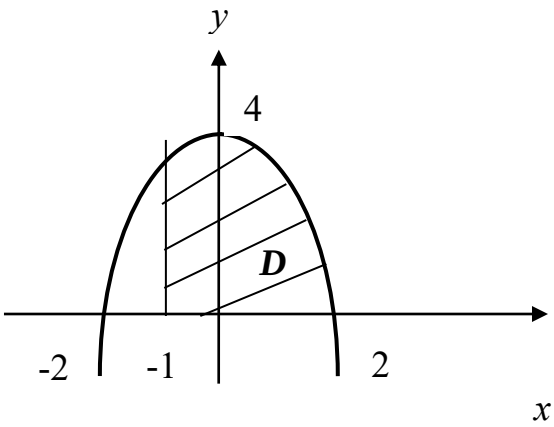
находится по формуле

$$S = \int_a^b \big(g(x) - f(x)\big)dx\,.$$

Примеры

1. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями: $y = 4 - x^2;\ x = -1;$ $y = 0.$

Построим фигуру. Верхняя граница: $y = 4 - x^2$, нижняя граница: $y = 0$, левая граница $x = -1,$ правая граница $x = 2.$

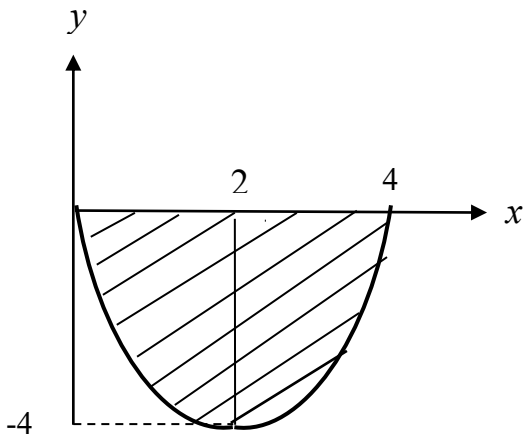


Найдем площадь:

$$S = \int_{-1}^{2} (4 - x^2 - 0)\,dx = 4x\Big|_{-1}^{2} - \frac{x^3}{3}\Big|_{-1}^{2} =$$

$$= 4(2+1) - \frac{1}{3}(8+1) = 12 - 3 = 9\ ed^2.$$

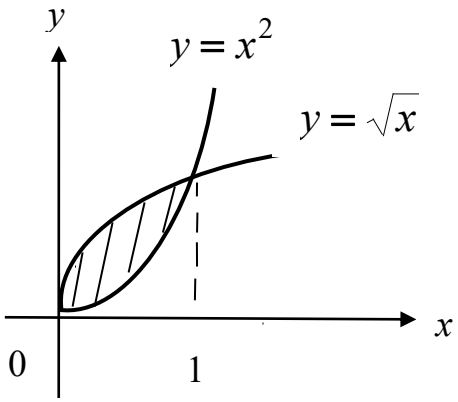
2. Найти площадь фигуры: $y = x^2 - 4x;\quad y = 0.$



$$S = \int_0^4 (0 - (x^2 - 4x))dx = \int_0^4 (-x^2 + 4x)dx =$$

$$= -\frac{x^3}{3}\Big|_0^4 + \frac{4x^2}{2}\Big|_0^4 = -\frac{64}{3} + 32 = \frac{160}{3}\ ед^2.$$

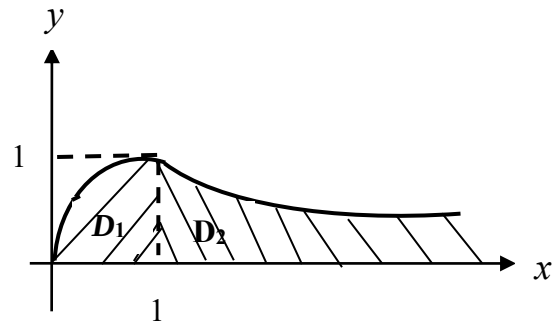
3. Найти площадь фигуры: $y = x^2;\ \ y = \sqrt{x}.$



$$S = \int_0^1 (\sqrt{x} - x^2)dx = \int_0^1 x^{\frac{1}{2}}dx - \int_0^1 x^2 dx =$$

$$= \frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\Big|_0^1 - \frac{x^3}{3}\Big|_0^1 = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3}\ ед^2.$$

4. Найти площадь: $y=\sqrt{x},\ \ y=\dfrac{1}{x^2},\ y=0.$



Найдем площадь как сумму площадей двух фигур D_1 и D_2.

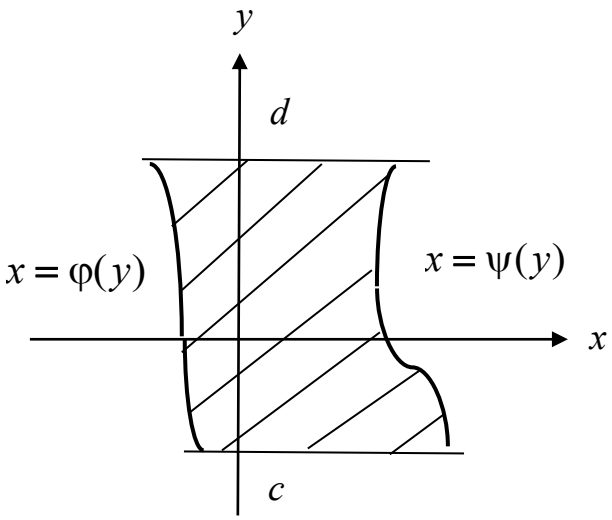
$$S_1=\int_0^1\sqrt{x}dx=\int_0^1 x^{\frac{1}{2}}dx=\left.\frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\right|_0^1=\left.\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\right|_0^1=\frac{2}{3}\,e\partial^2,$$

$$S_2=\int_1^\infty\frac{dx}{x^2}=\lim_{b\to\infty}\int_1^b x^{-2}dx=\lim_{b\to\infty}\left.\frac{x^{-1}}{-1}\right|_1^b=-\lim_{b\to\infty}\left.\frac{1}{x}\right|_1^b=-\lim_{b\to\infty}\left(\frac{1}{b}-1\right)=1\,e\partial^2,$$

$$S=S_1+S_2=\frac{2}{3}+1=\frac{5}{3}\,e\partial^2.$$

b) Площадь криволинейной трапеции, ограниченной линиями:

$x=\varphi(y),\ \ x=\Psi(y),\ \ y=c,\quad y=d,\quad$ где $\varphi(y)\le\Psi(y),\quad c<$d



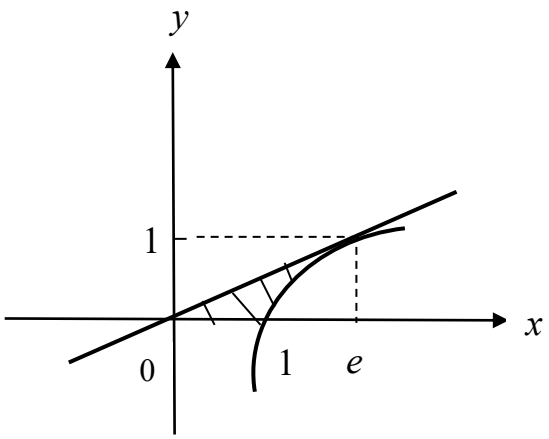
равна:

$$S = \int_c^d (\Psi(y) - \varphi(y))dy.$$

Пример

Найти площадь фигуры: $y = \ln x; \quad y = \frac{1}{e}x; \quad y = 0.$

Построим область:



Запишем её границы: $y = \ln x \Rightarrow x = e^y; \quad y = \frac{1}{e}x \Rightarrow x = ey; \quad y = 0, \quad y = 1.$

$$S = \int_0^1 (e^y - ey)dy = e^y\Big|_0^1 - e\frac{y^2}{2}\Big|_0^1 = e - 1 - \frac{e}{2} = \frac{e}{2} - 1.$$

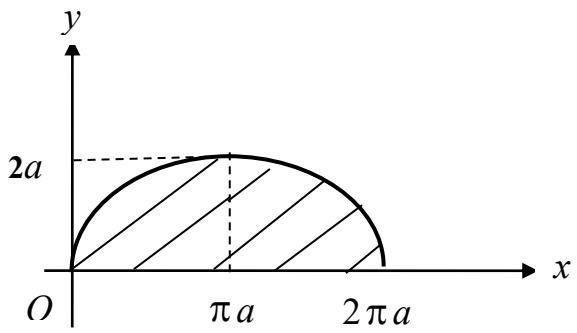
c) Если кривая задана параметрическими уравнениями $x = x(t), \quad y = y(t),$ то площадь криволинейной трапеции ограниченной этой кривой, прямыми $x = a,\ x = b$ и отрезком $[a, b]$ оси Ox, находим по формуле

$$S = \int_{\alpha}^{\beta} y(t)x'(t)dx,$$

где α и β определяются из условий $x(\alpha) = a, \quad x(\beta) = b,$ а $y(t) \geq 0$ при $\alpha \geq t \leq \beta.$

Пример

Найти площадь плоской фигуры, ограниченной аркой циклоиды $x = a(t - \sin t)$, $y = a(1 - \cos t)$ и осью $Ox.$



Здесь $dx = a(1 - \cos t)\, dt,$ а t изменяется от 0 до 2π.

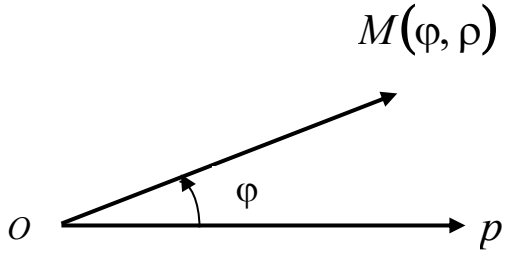
$$S = \int_0^{2\pi} a(1 - \cos t)a(1 - \cos t)dt = a^2 \int_0^{2\pi} (1 - \cos t)^2 dt =$$

$$= a^2 \int_0^{2\pi} (1 - 2\cos t + \cos^2 t)dt = a^2 \left(t\Big|_0^{2\pi} - 2\sin t\Big|_0^{2\pi} + \int_0^{2\pi} \frac{1 + \cos 2t}{2} \right) dt =$$

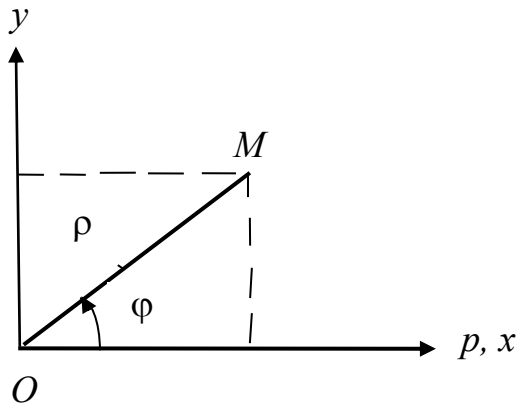
$$= a^2 \left(2\pi + \frac{1}{2} t\Big|_0^{2\pi} + \frac{1}{4} \sin 2t\Big|_0^{2\pi} \right) = a^2 (2\pi + \pi) = 3\pi a^2.$$

d) Площадь фигуры, границы которой заданы в полярных координатах.

Полярная система координат состоит из точки O – полярного полюса и полярной оси Op. Положение точки M определяется двумя координатами: ρ – полярным радиусом – расстоянием от точки M до полюса O и полярным углом φ – углом между радиус-вектором точки M и полярной осью.



Переход от полярных координат к прямоугольным



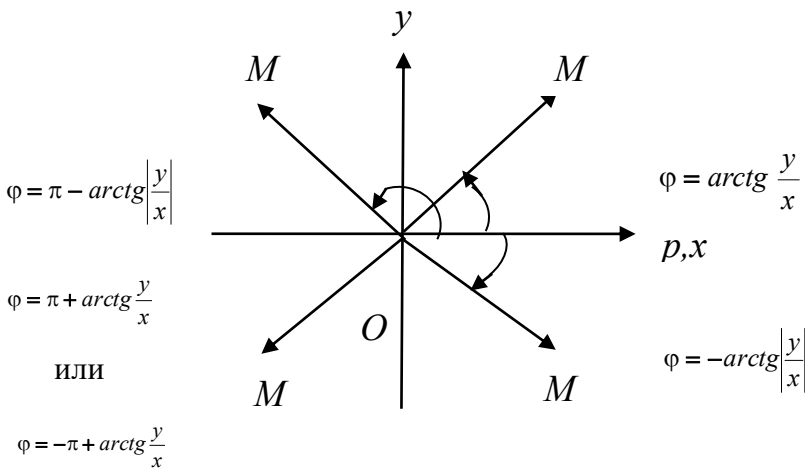
выполняется по формулам

$$\begin{cases} x = \rho\cos\varphi, \\ y = \rho\sin\varphi. \end{cases}$$

Переход от прямоугольных координат к полярным

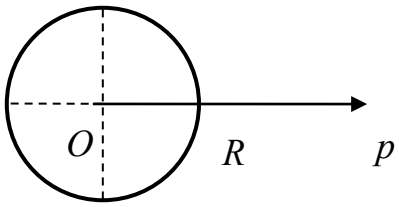
$$\begin{cases} \rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \\ tg\varphi = \dfrac{y}{x}. \end{cases}$$

Угол φ определяется с учетом четверти, в которой лежит точка M (см. рис.).

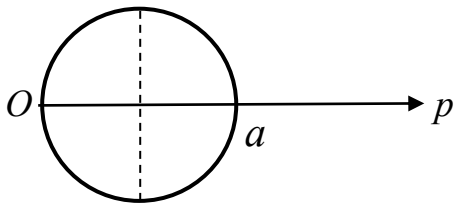


Уравнения некоторых линий в полярных координатах

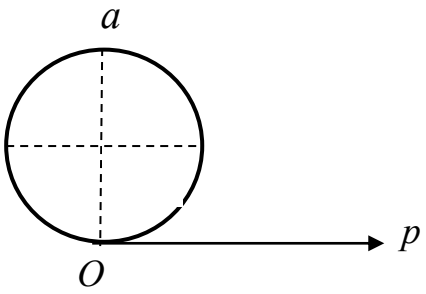
а) $\rho = R$ – уравнение окружности радиуса R с центром в точке O;



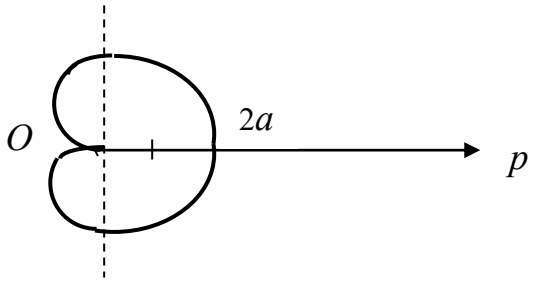
б) $\rho = a\cos\varphi$ – уравнение окружности радиуса $\frac{|a|}{2}$, с центром в точке $\frac{a}{2}$ на полярной оси;



в) $\rho = a\sin\varphi$ – уравнение окружности радиуса $\frac{|a|}{2}$, с центром в точке $\frac{a}{2}$ на прямой, перпендикулярной полярной оси;

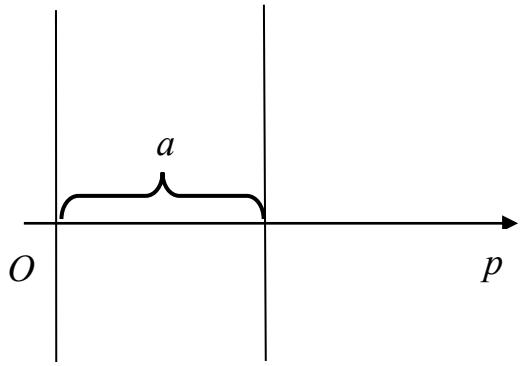


г) $\rho = a(1+\cos\varphi)$ – уравнение кардиоиды.

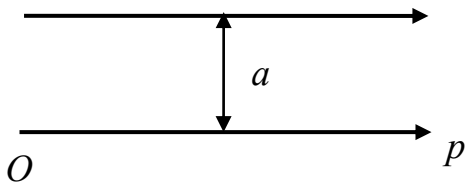


Уравнения $\rho = a(1-\cos\varphi)$; $\rho = a(1+\sin\varphi)$; $\rho = a(1-\sin\varphi)$ – также задают различные кардиоиды.

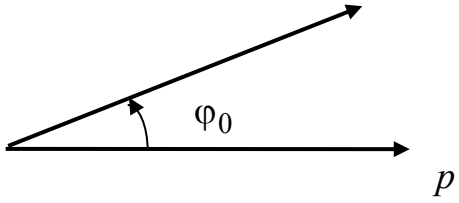
д) $\rho = \dfrac{a}{\cos\varphi}$ – уравнение прямой, перпендикулярной оси Op, отстоящей от точки O на расстояние $|a|$;



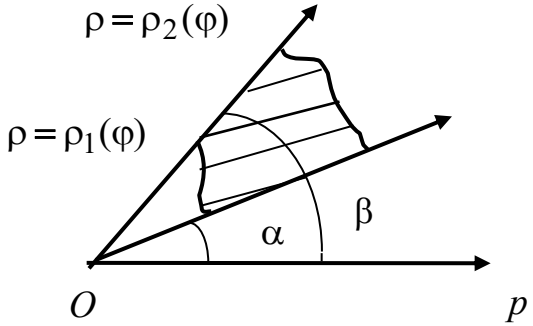
е) $\rho = \dfrac{a}{\sin\varphi}$ – уравнение прямой, параллельной оси Op, отстоящей от неё на расстоянии $|a|$;



ё) $\varphi = \varphi_0$ – уравнение луча, проходящего через точку O под углом φ_0 к оси Op;



Площадь криволинейного сектора, ограниченного кривыми $\rho = \rho_1(\varphi)$ и $\rho = \rho_2(\varphi)$, где $\rho_1(\varphi) \le \rho_2(\varphi)$, и лучами $\varphi = \alpha$ и $\varphi = \beta$, где $\alpha < \beta$

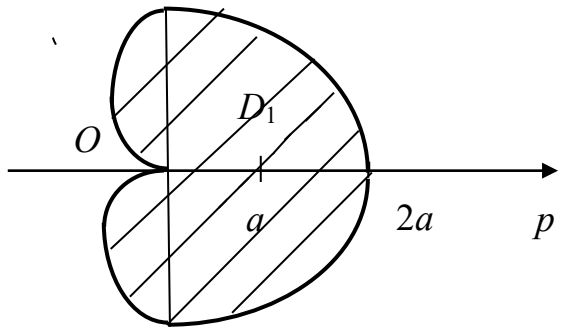


находится по формуле

$$S = \frac{1}{2}\int_{\alpha}^{\beta}\left(\rho_2^2(\varphi) - \rho_1^2(\varphi)\right)d\varphi.$$

Примеры

1. Найти площадь фигуры, заключенной внутри кардиоиды $\rho = a(1 + \cos\varphi)$

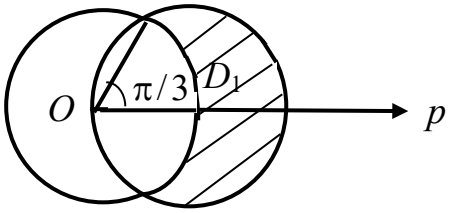


$$S = 2S_{D_1} = 2\frac{1}{2}\int_0^{\pi} a^2(1+\cos\varphi)^2\,d\varphi = a^2\int_0^{\pi}(1+2\cos\varphi+\cos^2\varphi)\,d\varphi =$$

$$= a^2\left(\varphi|_0^{\pi} + 2\sin\varphi|_0^{\pi} + \int_0^{\pi}\frac{1+\cos 2\varphi}{2}d\varphi\right) = a^2\left(\pi + \frac{1}{2}\varphi\Big|_0^{\pi} + \frac{1}{4}\sin 2\varphi|_0^{\pi}\right) =$$

$$= a^2\left(\pi + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{3\pi a^2}{2}\ ed^2.$$

2. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями $\rho = 2\cos\varphi;\quad \rho = 1$ (вне окружности $\rho = 1$).



$$S = 2S_{D_1}$$

Найдем точку пересечения окружностей

$$\begin{cases}\rho = 2\cos\varphi \\ \rho = 1\end{cases} \Rightarrow 2\cos\varphi = 1,\ \cos\varphi = \frac{1}{2},\quad \varphi = \frac{\pi}{3}.$$

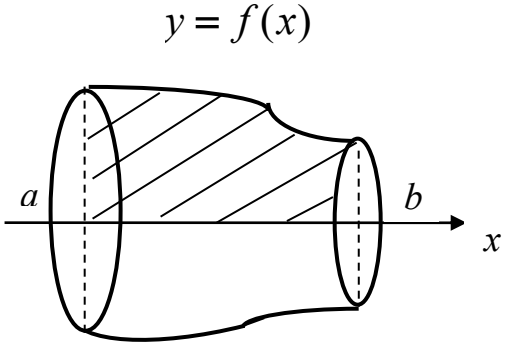
$$S = 2\frac{1}{2}\int_0^{\frac{\pi}{3}} (4\cos^2\varphi - 1)\, d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{3}} (4\frac{1+\cos 2\varphi}{2} - 1)\, d\varphi =$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{3}} (2 + 2\cos 2\varphi - 1)\, d\varphi = \varphi|_0^{\frac{\pi}{3}} + \sin 2\varphi|_0^{\frac{\pi}{3}} =$$

$$= \frac{\pi}{3} + \sin\frac{2\pi}{3} - \sin 0 = \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \text{ед}^2.$$

3. 2. Объем тела вращения

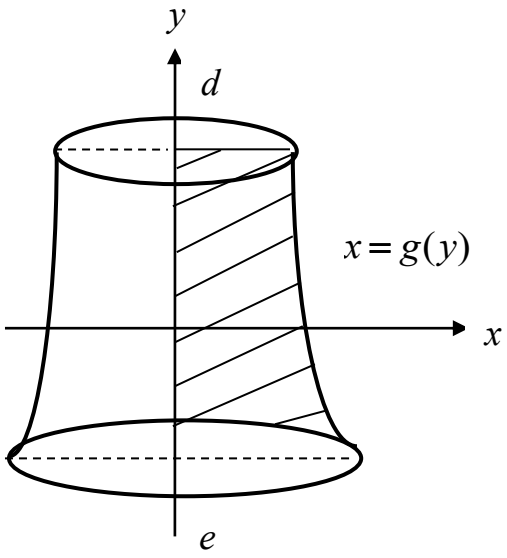
a) Объем тела вращения плоской фигуры с границами $y = f(x), \quad x = a,$ $x = b, \quad y = 0 \quad (a < b)$ вокруг оси Ox



вычисляется по формуле

$$V_{Ox} = \pi\int_a^b f^2(x)\, dx.$$

b) Объем тела вращения плоской фигуры с границами $x = g(y), \quad y = c,$ $y = d, \quad x = 0 \quad (c < d)$ вокруг оси Oy



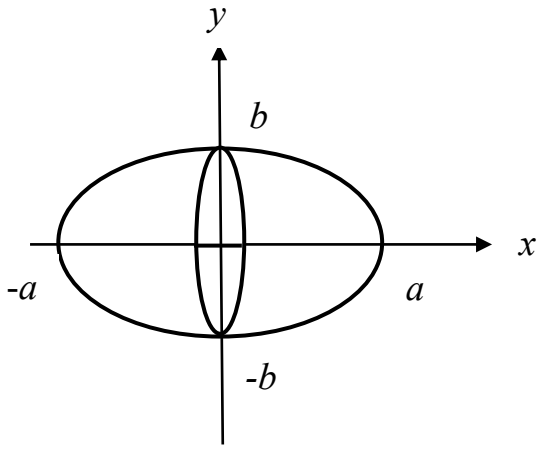
вычисляется по формуле

$$V_{oy} = \pi \int_c^d g^2(y)\, dy.$$

ПРИМЕРЫ

1. Найти объем тела, полученного вращением эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ вокруг оси Ox.

Построим чертеж.



Выразим y^2 из уравнения эллипса

$$y^2 = b^2\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)$$

$$V_{ox} = \pi\int_{-a}^{a} y^2dx = \pi b^2\int_{-a}^{a}\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)dx = 2\pi b^2\int_{0}^{a}\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)dx =$$

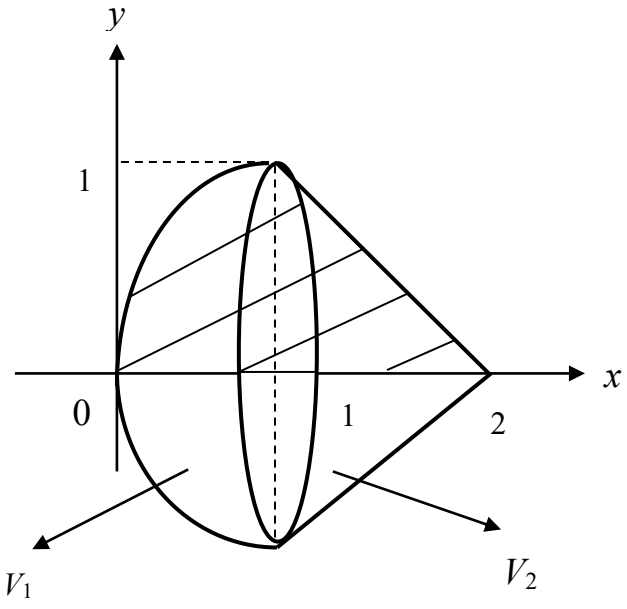
$$= 2\pi b^2\left(x\Big|_0^a - \frac{x^3}{3a^2}\Big|_0^a\right) = 2\pi b^2\left(a-\frac{a}{3}\right) = \frac{4}{3}\pi ab^2\ ед^3.$$

Заметим, что, если $a = b = R$, то получим объем шара

$$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3\ \text{ед}^3\ .$$

2. Найти объем тел вращения вокруг оси Ox и Oy фигуры с границами $y = \sqrt{x}\ ,\ y = 2-x,\ y = 0.$

а)



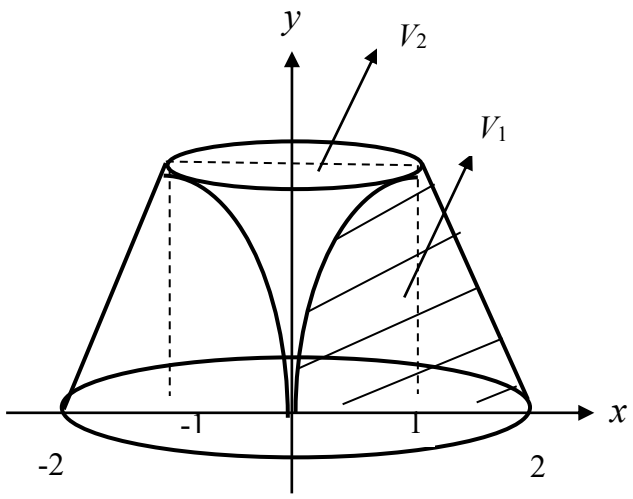
$$V_{0x} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \pi \int_0^1 \left(\sqrt{x}\right)^2 dx = \pi \frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{\pi}{2} \text{ ед}^3$$

$$V_2 = \pi \int_1^2 (2-x)^2 dx = \pi \int_1^2 (x-2)^2 d(x-2) = \pi \frac{(x-2)^3}{3}\Big|_1^2 = \frac{\pi}{3}\left(0-(-1)^3\right) = \frac{\pi}{3} \text{ ед}^3$$

$$V_{0x} = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{6} \text{ ед}^3.$$

б)



$$V_{0y} = V_1 - V_2$$

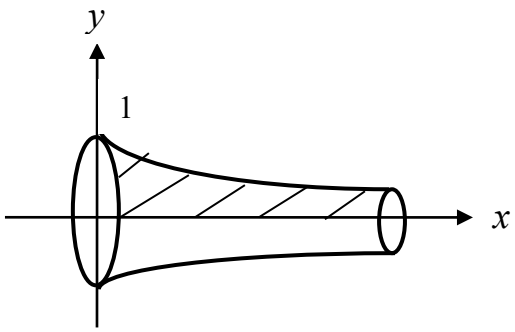
$$V_1 = \pi \int_0^1 (2-y)^2 dy = \pi \int_0^1 (y-2)^2 d(y-2) = \pi \frac{(y-2)^3}{3}\Big|_0^1 =$$

$$\frac{\pi}{3}\left((-1)^3 - (-2)^3\right) = \frac{\pi}{3}(8-1) = \frac{7}{3}\pi \text{ ед}^3$$

$$V_2 = \pi \int_0^1 y^4 dy = \pi \frac{y^5}{5}\Big|_0^1 = \frac{\pi}{5} \text{ ед}^3$$

$$V_{0y} = \frac{7\pi^{(5}}{3} - \frac{\pi^{(3}}{5} = \frac{32\pi}{15} \text{ ед}^3.$$

3. Вычислить объем тела вращения фигуры с границами $y = e^{-x},\ x = 0,\ y = 0$ вокруг оси $0x$



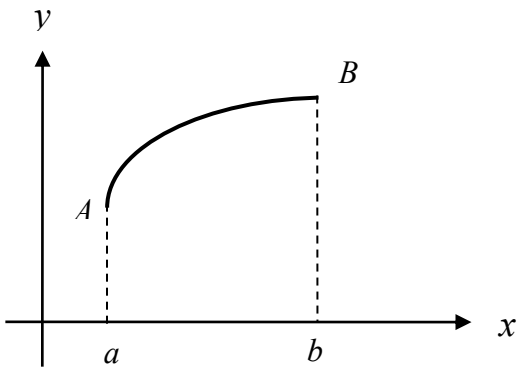
$$V_{ox} = \pi \int_0^{\infty} e^{-2x}\, dx = -\frac{\pi}{2} \lim_{b\to\infty} \int_0^b e^{-2x} d(-2x) = -\frac{\pi}{2} \lim_{b\to\infty} e^{-2x} \Big|_0^b =$$

$$= -\frac{\pi}{2} \lim_{b\to\infty} \left(e^{-2b} - e^0\right) = \frac{\pi}{2} \text{ ед}^2.$$

3.3. Длина дуги плоской кривой

а) Если кривая задана уравнением $y = f(x)$, то длина дуги кривой от точки A до точки B определяется по формуле

$$l = \int_a^b \sqrt{1 + \left(f'(x)\right)^2}\, dx.$$



Пример

Найти длину дуги кривой: $y=\frac{1}{3}(3-x)\cdot\sqrt{x}\,;\quad 0\le x\le 3.$

Найдем производную:

$$y'=\left(\frac{1}{3}(3-x)\cdot\sqrt{x}\right)'=\frac{1}{3}(3-x)'\cdot\sqrt{x}+\frac{1}{3}(3-x)\cdot(\sqrt{x})'=$$

$$=-\frac{1}{3}\sqrt{x}+\frac{1}{3}(3-x)\cdot\frac{1}{2\sqrt{x}}=\frac{-\frac{2}{3}x+1-\frac{1}{3}x}{2\sqrt{x}}=\frac{1-x}{2\sqrt{x}}.$$

$$l=\int_0^3\sqrt{1+\left(\frac{1-x}{2\sqrt{x}}\right)^2}\,dx=\int_0^3\sqrt{1+\frac{1-2x+x^2}{4x}}\,dx=\int_0^3\sqrt{\frac{4x+1-2x+x^2}{4x}}\,dx=$$

$$=\int_0^3\sqrt{\frac{(x+1)^2}{4x}}\,dx=\int_0^3\frac{x+1}{2\sqrt{x}}\,dx=\frac{1}{2}\int_0^3\left(\frac{x}{\sqrt{x}}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)dx=\frac{1}{2}\int_0^3\left(\sqrt{x}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)dx=$$

$$=\frac{1}{2}\int_0^3 x^{\frac{1}{2}}\,dx+\frac{1}{2}\int_0^3 x^{-\frac{1}{2}}\,dx=\frac{1}{2}\cdot\left.\frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\right|_0^3+\frac{1}{2}\cdot\left.\frac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}}\right|_0^3=\frac{1}{3}\sqrt{27}-0+\sqrt{3}-0=2\sqrt{3}.$$

b) Если кривая AB задана параметрически: $\begin{cases}x=x(t)\\ y=y(t)\end{cases},\ \alpha\le t\le\beta,$ то

$$l=\int_\alpha^\beta\sqrt{(x'_t)^2+(y'_t)^2}\,dx.$$

Пример

2. Найти длину дуги кривой $\begin{cases} x = e^{3t}\cos 4t \\ y = e^{3t}\sin 3t \end{cases}$, $0 \le t \le \ln 2$,

Найдем производные x'_t и y'_t

$$x'_t = \left(e^{3t}\cdot\cos 4t\right)' = \left(e^{3t}\right)'\cos 4t + e^{3t}\cdot\left(\cos 4t\right)' = 3e^{3t}\cos 4t - 4e^{3t}\sin 4t$$

$$y'_t = \left(e^{3t}\cdot\sin 4t\right)' = \left(e^{3t}\right)'\sin 4t + e^{3t}\cdot\left(\sin 4t\right)' = 3e^{3t}\sin 4t + 4e^{3t}\cos 4t$$

$$\left(x'_t\right)^2 + \left(y'_t\right)^2 = \left(3e^{3t}\cdot\cos 4t - 4e^{3t}\cdot\sin 4t\right)^2 + \left(3e^{3t}\cdot\sin 4t + 4e^{3t}\cdot\cos 4t\right)^2 =$$

$$= 9e^{6t}\cos^2 4t - 24e^{6t}\cos 4t\cdot\sin 4t + 16e^{6t}\sin^2 4t + 9e^{6t}\sin^2 4t +$$

$$+ 24e^{6t}\cdot\sin 4t\cos 4t + 16e^{6t}\cos^2 4t = 25e^{6t}\cos^2 4t + 25e^{6t}\sin^2 4t =$$

$$= 25e^{6t}\left(\cos^2 4t + \sin^2 4t\right) = 25e^{6t}.$$

$$l = \int_0^{\ln 2}\sqrt{\left(x'_t\right)^2 + \left(y'_t\right)^2}\,dt = \int_0^{\ln 2}\sqrt{25e^{6t}}\,dt = \int_0^{\ln 2}5e^{3t}dt = \frac{5}{3}e^{3t}\Big|_0^{\ln 2} =$$

$$= \frac{5}{3}e^{3\ln 2} - \frac{5}{3}e^{0} = \frac{5}{3}e^{3\ln 2} - \frac{5}{3}e^{0} = \frac{5}{3}e^{\ln 8} - \frac{5}{3} = \frac{5}{3}\cdot 8 - \frac{5}{3} = \frac{40-5}{3} = \frac{35}{3} = 11\frac{2}{3};$$

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

4. 1. Вычисление определённых интегралов

Вычислить интегралы, выбрав нужный метод.

1. а) $\int_0^4 \sqrt{4x+1}dx$; б) $\int_{-2}^{1} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} x^2, & -2\le x\le 0 \\ 4, & 0<x\le 1 \end{cases}$;

в) $\int_0^{\frac{1}{4}} xe^{4x}dx$; г) $\int_2^3 \frac{dx}{x^2-4x+5}dx$.

2. а) $\int_0^{\frac{\pi}{6}} 3\cos 3xdx$; б) $\int_1^2 f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 0, & 1\le x\le \frac{3}{2} \\ 4x-1, & \frac{3}{2}<x<2 \end{cases}$;

в) $\int_1^e x^2\cdot \ln xdx$; г) $\int_{-1}^{0} \frac{xdx}{\sqrt{4-5x}}$.

3. а) $\int_1^2 \frac{dx}{x(x+1)}$; б) $\int_0^{\pi} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} \sin 2x, & 0<x\le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \frac{\pi}{2}<x<\pi \end{cases}$;

в) $\int_0^1 \operatorname{arctg} xdx$; г) $\int_2^5 \frac{dx}{x\sqrt{x-1}}$.

4. 3. а) $\int\limits_0^{\frac{1}{5}} \frac{e^x dx}{e^{6x-1}}$; б) $\int\limits_{-1}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}1-x, & -1\le x<0\\ 1+x, & 0\le x<2\end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\pi}^{\pi} x\sin\frac{x}{3}dx$; г) $\int\limits_1^9 \frac{dx}{1+\sqrt{x}}$.

5. а) $\int\limits_8^{20}\left(\frac{x}{2}+5\right)^{\frac{1}{2}}dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}4, & -2\le x<1\\ x, & 1\le x<2\end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\pi}(x-\pi)\cos x dx$; г) $\int\limits_0^{\ln 2}\frac{e^x dx}{\left(e^x+1\right)^2}$.

6. а) $\int\limits_8^{0,5}\frac{dx}{(6x-1)^2}$; б) $\int\limits_{-1}^{1} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}0, & -1<x\le 0\\ 2x^3, & 0<x\le 1\end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\pi}\frac{xdx}{e^{2x}}$; г) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{3}}\sin^3 x dx$.

7. а) $\int\limits_{-0,5}^{1} 2\sin\pi x dx$; б) $\int\limits_{-2}^{0} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}5, & -2\le x\le -1\\ -5x, & -1<x\le 0\end{cases}$;

в) $\int\limits_1^e\frac{\ln x dx}{x^2}$; г) $\int\limits_0^2\frac{xdx}{(x+1)^2}$.

8. а) $\int\limits_{-3}^{0}(x+4)^{-2}dx$; б) $\int\limits_{-1}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}-2x, & -1\le x<0\\ 2x, & 0\le x\le 2\end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}}(x+4)\sin 2x dx$; г) $\int\limits_1^e\frac{\sqrt{\ln x}}{x}dx$.

9. а) $\int\limits_0^{\pi} \frac{5dx}{\cos^2 \frac{x}{4}}$; б) $\int\limits_{-1}^{1} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 0, & -1 \le x < 0 \\ e^{2x}, & 0 \le x \le 1 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{\frac{1}{e}}^{1} x^2 \ln x dx$; г) $\int\limits_{-\frac{\pi}{3}}^{0} \frac{\sin x dx}{\cos^3 x}$.

10. а) $\int\limits_0^{0,1} \frac{5dx}{e^{1-5x}}$; б) $\int\limits_{-4}^{0} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 0, & -4 \le x < -2 \\ x^2, & -2 \le x \le 0 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{e-1} (x+1) \cdot \ln(x+1) dx$; г) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 x dx$.

11. а) $\int\limits_0^{1} \frac{dx}{\sqrt{16x+9}}$; б) $\int\limits_0^{5} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} \sqrt{x}, & 0 \le x < 4 \\ -2, & 4 \le x \le 5 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{2\frac{\pi}{}} (x+1)\cos 2x dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{\text{arctg}x}{x^2+1} dx$.

12. а) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{(3x+4)^2}$; б) $\int\limits_0^{2} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} x-1, & 0 \le x \le 1 \\ 10, & 1 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{1} xe^{9x} dx$; г) $\int\limits_{-4}^{-3} \frac{dx}{x^2+8x+15}$.

13. а) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{6}} \left(\frac{1}{2} - \sin^2 x\right) dx$; б) $\int\limits_{-2}^{3} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 6x, & -1 \le x \le 0 \\ 0, & 1 < x \le 3 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\pi} x \cdot \sin \frac{x}{3} dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{3+\sqrt{x+1}}$.

14. а) $\int\limits_{0,25}^{0,5} \frac{5dx}{\sin^2 \pi x}$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}6, & -2 \le x < 0\\ 6-x, & 0 < x \le 2\end{cases}$;

в) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{xdx}{e^x}$; г) $\int\limits_{0}^{5} x \cdot \sqrt{x+4}\, dx$.

15. а) $\int\limits_{-\sqrt{3}}^{0} \frac{\sqrt{3}dx}{x^2+3}$; б) $\int\limits_{-1}^{1} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}x_1 - 1, & -1 < x \le 0\\ 2x, & 0 < x \le 1\end{cases}$;

в) $\int\limits_{0}^{1} x \sin \frac{\pi x}{4} dx$; г) $\int\limits_{1}^{2} \frac{xdx}{(2x-1)^3}$.

16. а) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{\sqrt{16-9x}}$; б) $\int\limits_{0}^{2\pi} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}\sin x, & 0 \le x \le \pi\\ \frac{1}{\pi}, & \pi < x \le 2\pi\end{cases}$;

в) $\int\limits_{0}^{1} (2x+1)\ln(x+1)dx$; г) $\int\limits_{-3}^{5} x \cdot \sqrt{x+4}\, dx$.

17. а) $\int\limits_{0}^{\frac{2}{3}} \frac{dx}{\sqrt{16-9x^2}}$; б) $\int\limits_{-10}^{0} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}0, & -10 \le x \le -1\\ (x+1)^2, & -1 < x \le 0\end{cases}$;

в) $\int\limits_{-3}^{-2} (x+3)e^{x+3}dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{\sqrt{x+1}+2}$.

18. а) $\int\limits_{0}^{4\pi} 6\cos \frac{x}{12} dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}2, & -2 \le x \le -1\\ 0, & -1 < x \le 1\\ 4, & 1 < x \le 2\end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\sqrt{3}}^{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} x\, dx$; г) $\int\limits_{2}^{7} \frac{xdx}{\sqrt{x+2}}$.

19. а) $\int\limits_{-\frac{\pi}{12}}^{0} 12\sin 6x dx;$ б) $\int\limits_{-10}^{10} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}0, & -10\le x\le 0\\ 5x, & 0<x\le 10\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{1} x\,e^{1-x}dx$; г) $\int\limits_{0}^{1}\frac{xdx}{(x^2+2x+1)^2}$.

20. а) $\int\limits_{0}^{9}\sqrt[3]{1-x}\,dx;$ б) $\int\limits_{0}^{2} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}(x-1)^2, & 0\le x\le 1\\ 0, & 1<x\le 2\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{\frac{1}{2}} x\cdot\sin x dx;$ г) $\int\limits_{0}^{\ln 2}\frac{dx}{e^x+1}dx.$

21. а) $\int\limits_{0}^{2\pi} 5\sin\frac{x}{4}dx;$ б) $\int\limits_{0}^{2} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}x+4, & 0\le x\le 1\\ 4, & 1<x\le 2\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{1-e}\ln(x+e)\,dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0}\frac{xdx}{x^2+6x+9}$.

22. а) $\int\limits_{0}^{\ln 2} e^x(e^x+1)dx;$ б) $\int\limits_{1}^{3} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}5, & 1\le x\le 2\\ 5x, & 2<x\le 3\end{cases};$

в) $\int\limits_{1}^{\sqrt{3}}\operatorname{arctg} x dx$; г) $\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{3}}\frac{dx}{\sin 2x}$.

23. а) $\int\limits_{0}^{1} 12(1+x)^5 dx;$ б) $\int\limits_{-11}^{1} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}e^{-x}, & -1<x\le 0\\ e, & 0<x\le 1\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{\frac{\pi}{3}}(3x+4)\sin x dx$; г) $\int\limits_{0}^{\frac{\pi}{2}}\cos^3 x dx$.

24. а) $\int\limits_0^{\pi} \frac{dx}{\cos^2 \frac{x}{4}}$; б) $\int\limits_{-1}^{\ln 3} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} x, & -1 < x \le 0 \\ e^x, & 0 < x \le \ln 3 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\frac{\pi}{4}}^{0} (4x-3)\cos x dx$; г) $\int\limits_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \sin^3 x dx$.

25. а) $\int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\pi} 3\sin 6x dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 7, & -2 \le x \le 0 \\ 7x, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^1 \frac{x dx}{e^{2x}}$; г) $\int\limits_5^6 \frac{dx}{(x^2 - 8x + 16)^2}$.

26. а) $\int\limits_0^{e-1} \frac{5dx}{x+1}$; б) $\int f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} \cos 3x, & -\frac{\pi}{2} \le x \le 0 \\ 0, & 0 < x \le \frac{\pi}{10} \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-0,25}^{0} x e^{4x+1} dx$; г) $\int\limits_{-5}^{3} x \cdot \sqrt[3]{x+5}\, dx$.

27. а) $\int\limits_5^6 \sqrt[3]{x-5}\, dx$; б) $\int\limits_1^{\frac{\pi}{2}} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 1, & -1 \le x \le \frac{\pi}{6} \\ \sin 2x, & \frac{\pi}{6} < x \le \frac{\pi}{2} \end{cases}$;

в) $\int\limits_{\frac{1}{9}}^{\frac{e}{9}} \ln 9x dx$; г) $\int\limits_0^{\ln 5} \frac{dx}{e^x + 4}$.

28. а) $\int\limits_{10}^{\frac{1}{2}} e^{1-0,1x}dx$; б) $\int\limits_{-\pi}^{\pi} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 0, & -\pi \le x \le \dfrac{\pi}{2} \\ \cos 2x, & \dfrac{\pi}{2} < x \le \pi \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-1}^{0} \operatorname{arctg} x dx$; г) $\int\limits_{0}^{2} \dfrac{xdx}{\sqrt{4x+1}}$.

29. а) $\int\limits_{0}^{6} \left(\dfrac{x}{6}+1\right)^3 dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 4, & -2 \le x \le 0 \\ 4x, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\frac{1}{6}}^{0} x \cdot e^{6x+1}dx$; г) $\int\limits_{0}^{3} x \cdot \sqrt{4-x}\, dx$.

30. а) $\int\limits_{0}^{0,1\pi} 10\cos 5x dx$; б) $\int\limits_{-10}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 2, & -10 < x \le 0 \\ 3x^2, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{0}^{1} (4 - x) \cdot e^x\, dx$; г) $\int\limits_{0}^{3} \dfrac{dx}{1+\sqrt{4-x}}$.

4. 2. Несобственные интегралы

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость.

1. а) $\int\limits_{1}^{\infty} \dfrac{\operatorname{arctg} x dx}{1+x^2}$; б) $\int\limits_{0}^{2} \dfrac{dx}{\sqrt{(2-x)^3}}$;

2. а) $\int\limits_{-\infty}^{1} \dfrac{dx}{x^2+3}$; б) $\int\limits_{0}^{3} \dfrac{xdx}{\sqrt{9-x^2}}$;

3. а) $\int_{-1}^{\infty} \frac{dx}{x^2+2x+2}$; б) $\int_{4}^{5} \frac{dx}{\sqrt[3]{(5-x)^2}}$;

4. а) $\int_{0}^{\infty} x \cdot e^{-x^2} dx$; б) $\int_{2}^{3} \frac{xdx}{x^2-4}$;

5. а) $\int_{1}^{\infty} \frac{\ln x}{x} dx$; б) $\int_{-1}^{0} \frac{x^2 dx}{x^3+1}$;

6. а) $\int_{0}^{\infty} \frac{xdx}{(2+x^2)^2}$; б) $\int_{-2}^{0} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+8}}$;

7. а) $\int_{0}^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{3x+4}}$; б) $\int_{0}^{1} \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$;

8. а) $\int_{e}^{\infty} \frac{dx}{x \ln x}$; б) $\int_{1}^{2} \frac{dx}{x^2-5x+6}$;

9. а) $\int_{0}^{\infty} \frac{arctg^2 x}{1+x^2} dx$; б) $\int_{2}^{3} \frac{dx}{\sqrt{(3-x)^5}}$;

10. а) $\int_{-\infty}^{0} \frac{dx}{x^2+1}$; б) $\int_{2}^{3} \frac{dx}{x^2-4x+3}$;

11. а) $\int_{4}^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+8}$; б) $\int_{0}^{2} \frac{xdx}{\sqrt{4-x^2}}$;

12. а) $\int_0^{\infty} x^2 \cdot e^{-x^3} dx$; б) $\int_0^2 \frac{dx}{\sqrt[4]{(2-x)^3}}$;

13. а) $\int_e^{\infty} \frac{\ln^2 x dx}{x}$; б) $\int_3^4 \frac{xdx}{x^2-9}$;

14. а) $\int_0^{\infty} \frac{xdx}{(3+x^2)^3}$; б) $\int_{-1}^0 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+1}}$;

15. а) $\int_e^{\infty} \frac{dx}{x \ln^2 x}$; б) $\int_0^2 \frac{dx}{\sqrt{4-x^2}}$;

16. а) $\int_2^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+5}$; б) $\int_{-3}^1 \frac{dx}{(3+x)^3}$;

17. а) $\int_0^{\infty} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+1}}$; б) $\int_1^3 \frac{dx}{x^2-2x-3}$;

18. а) $\int_{-\infty}^3 \frac{dx}{x^2-6x+10}$; б) $\int_0^2 \frac{dx}{(x-2)^4}$;

19. а) $\int_{-\infty}^3 \frac{dx}{x^2-2x+5}$; б) $\int_{-1}^2 \frac{dx}{(x+1)^3}$;

20. а) $\int_1^{\infty} x \cdot e^{-2x^2} dx$; б) $\int_1^e \frac{dx}{x\sqrt{\ln x}}$;

21. а) $\int_e^{\infty} \frac{dx}{x \ln^3 x}$; б) $\int_2^4 \frac{dx}{x^2 - 2x - 8}$;

22. а) $\int_2^{\infty} \frac{2xdx}{\sqrt{(x^2+5)^3}}$; б) $\int_4^5 \frac{xdx}{x^2 - 16}$;

23. а) $\int_e^{\infty} \frac{dx}{x\sqrt{\ln x}}$; б) $\int_0^4 \frac{dx}{\sqrt{16 - x^2}}$;

24. а) $\int_1^{\infty} \frac{arctg^3 x}{1+x^2} dx$; б) $\int_2^3 \frac{dx}{\sqrt[3]{(3-x)^4}}$;

25. а) $\int_4^{\infty} \frac{xdx}{\sqrt{x^2+9}}$; б) $\int_4^5 \frac{dx}{x^2 - 6x + 5}$;

26. а) $\int_4^{\infty} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+4}}$; б) $\int_{-2}^0 \frac{dx}{(x+2)^2}$;

27. а) $\int_1^{\infty} \frac{\ln^3 x dx}{x}$; б) $\int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[6]{5-x}}$;

28. а) $\int_2^{\infty} \frac{xdx}{(x^2-1)^2}$; б) $\int_0^5 \frac{dx}{\sqrt{25 - x^2}}$;

29. а) $\int_{-\infty}^0 \frac{dx}{x^2+9}$; б) $\int_{-3}^0 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+27}}$;

30. а) $\int\limits_0^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{5x+9}}$; б) $\int\limits_1^{e} \frac{dx}{x\ln x}$.

3. 3. Площадь

Вычислить площади фигур, ограниченных линиями.

1. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -x + 10;$
   б) $y = 3^x, \quad y = 1 - x, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_2 x, \quad y = x, \quad y = 0, \quad y = 1;$
   г) $\rho = \sqrt{3}, \quad \rho = 2\cos\varphi.$

2. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = -3x - 1;$
   б) $y = 2^{-x}, \quad y = x + 1, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_{\frac{1}{2}} x, \quad y = 2x, \quad y = -2$ (правая фигура);
   г) $\rho = 2, \quad \rho = 4\sin\varphi$ (верхняя фигура).

3. а) $y = x^2 + 2x, \quad y = x + 6;$
   б) $y = \frac{1}{x^2}, \quad y = x^2, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_3 x, \quad y = -3x, \quad y = 1;$
   г) $\rho = 1 + \cos\varphi, \quad \rho = 1$ (правая фигура).

4. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = x - 2;$
   б) $y = \frac{1}{x^3}, \quad y = x^2, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x, \quad y = -x, \quad y = 2, \quad y = 0;$
   г) $\rho = 4\cos\varphi, \quad \rho = 4\sin\varphi.$

5. а) $y = x^2 + 4, \quad y = 5x + 12;$

   б) $y = \sqrt[3]{x}, \quad y = \dfrac{1}{x^4}, \quad y = 0;$

   в) $y = \log_4 x, \quad y = \dfrac{1}{2}, \quad y = 0, \quad y = 2;$

   г) $\rho = 4\cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{1}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

6. а) $y = x^2 + 1, \quad y = -x - 11;$

   б) $y = \dfrac{1}{x^3}, \quad y = x, \quad y = 0, \quad (x \geq 0);$

   в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x, \quad y = 3x, \quad y = 0;$

   г) $\rho = 6\sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{1}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

7. а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -x + 6;$

   б) $y = \dfrac{1}{1 + x^2}, \quad y = x + 1, \quad y = 0$ (правая фигура);

   в) $y = \log_5 x, \quad y = -5x, \quad y = 0;$

   г) $\rho = 2(1 - \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (левая фигура).

8. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = -x - 2;$

   б) $y = e^x, \quad y = 1 - x, \quad y = 0;$

   в) $y = \log_{\frac{1}{4}} x, \quad y = -2x, \quad y = 0, \quad y = 2;$

   г) $\rho = 4(1 + \sin\varphi), \quad \rho = 4$ (верхняя фигура).

9. а) $y = x^2 + 4x, \quad y = x + 10;$

   б) $y = e^{-x}, \quad y = x + 1, \quad y = 0;$

   в) $y = \log_6 x, \quad y = 3x, \quad y = 0, \quad y = 2;$

   г) $\rho = 2(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 2$ (нижняя фигура).

10. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 3x - 1;$

б) $y = \dfrac{1}{x^5}, \quad y = x, \quad y = 0, \quad (x \le 0);$

в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x, \quad y = 5x, \quad y = -1;$

г) $\rho = 1 + \cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{4\cos\varphi}$ (правая фигура).

11. а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -3x + 12;$

б) $y = 4^{x-1}, \quad y = x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_7 x, \quad y = -7x, \quad y = 1;$

г) $\rho = 1, \quad \rho = 4\cos\varphi$ (правая фигура).

12. а) $y = -x^2 + 25, \quad y = -x + 13;$

б) $y = 5^{-x+1}, \quad y = 1 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{\frac{1}{7}} x, \quad y = -2x, \quad y = -1, \quad y = 1;$

г) $\rho = 2, \quad \rho = 2\sqrt{2}\sin\varphi$ (верхняя фигура).

13. а) $y = x^2 - 8x, \quad y = x;$

б) $y = \dfrac{16}{x^2}, \quad y = x^2, \quad y = 0, \quad (x \ge 0);$

в) $y = \log_6 x, \quad y = 3x, \quad y = -1 \quad y = 2;$

г) $\rho = 1 + \cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{2}$ (правая фигура).

14. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = -5;$

б) $y = \dfrac{32}{x^3}, \quad y = x^2, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{\frac{1}{6}} x, \quad y = 6x, \quad y = -2;$

г) $\rho = \sqrt{3}\cos\varphi, \quad \rho = \sin\varphi.$

15. а) $y = x^2 + 2x, \quad y = 2x + 16;$

б) $y = \sqrt{x-2}, \quad y = \dfrac{81}{x^4}, \quad y = 0;$

в) $y = \log_8 x, \quad y = -8x, \quad y = 2;$

г) $\rho = \cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

16. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = -7;$

б) $y = \dfrac{1}{(x-3)^3}, \quad y = x - 3, \quad y = 0, \quad (x \geq 3);$

в) $y = \log_{\frac{1}{9}} x, \quad y = -2x, \quad y = 3, \quad y = 0;$

г) $\rho = 4\sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

17. а) $y = x^2 - 6x, \quad y = -6x + 4;$

б) $y = \dfrac{1}{1+x^2}, \quad y = -x + 1, \quad y = 0$ (левая фигура);

в) $y = \lg x, \quad y = \dfrac{1}{3}x, \quad y = -1, \quad y = 0;$

г) $\rho = 1 - \cos\varphi, \quad \rho = 1$ (левая фигура).

18. а) $y = -x^2 + 1, \quad y = -3;$

б) $y = 2e^x, \quad y = 2 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{0,1} x, \quad y = 10x, \quad y = -4;$

г) $\rho = 4(1 + \sin\varphi), \quad \rho = 4$ (верхняя фигура).

19. а) $y = x^2 + 6x, \quad y = 6x - 25;$

б) $y = 3e^{-x}, \quad y = x + 3, \quad y = 0;$

в) $y = \lg x, \quad y = -2x, \quad y = 3;$

г) $\rho = 2(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 1$ (нижняя фигура).

20. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = -2x + 1;$

б) $y = \dfrac{1}{(x-5)^5}, \quad y = x - 1, \quad (x \le 1);$

в) $y = \log_{0,1} x, \quad y = -x, \quad y = 1, \quad y = 2;$

г) $\rho = 1 - \cos\varphi, \quad \rho = -\dfrac{3}{4\sin\varphi}.$

21. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -2x + 5;$

б) $y = 3^{x-2}, \quad y = 3 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_2 x, \quad y = 3x, \quad y = 1, \; y = 3;$

г) $\rho = \sqrt{2}, \quad \rho = 2\cos\varphi$ (правая фигура).

22. а) $y = -x^2 + 16, \quad y = -9;$

б) $y = 3 \cdot 2^{-x}, \quad y = 3 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x, \quad y = 3x, \quad y = -3;$

г) $\rho = 2\sqrt{2}, \quad \rho = 4\sin\varphi$ (верхняя фигура).

23. а) $y = x^2 + 4x, \quad y = 2x + 3;$

б) $y = \dfrac{1}{(x+2)^2}, \quad y = (x+2)^2, \quad y = 0, \quad (x \ge -2);$

в) $y = \log_3 x, \quad y = -3x, \quad y = 4;$

г) $\rho = 3(1 + \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (правая фигура).

24. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = 2x + 1;$

б) $y = \dfrac{1}{(x+1)^3}, \quad y = (x+1)^2, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{\frac{1}{4}} x, \quad y = -4x, \quad y = -2, \quad y = 2;$

г) $\rho = \cos\varphi, \quad \rho = \sqrt{3}\sin\varphi.$

25. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -x + 4;$

б) $y = 2\sqrt{x}, \quad y = \dfrac{2}{x^4}, \quad y = 0;$

в) $y = \log_4 x, \quad y = 2x, \quad y = -2, \quad y = 1;$

г) $\rho = 2\cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{1}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

26. а) $y = -x^2 + 1, \quad y = -3x - 3;$

б) $y = \dfrac{5}{x^3}, \quad y = 5x, \quad y = 0, \quad (x \le 0);$

в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x, \quad y = 5x, \quad y = -4;$

г) $\rho = 3(1 - \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (левая фигура).

27. а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -5x + 4;$

б) $y = \dfrac{3}{1 + x^2}, \quad y = 3 + x, \quad y = 0$ (правая фигура);

в) $y = \log_6 x, \quad y = -6x, \quad y = 1;$

г) $\rho = 4\sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{2}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

28. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 3x + 5;$

б) $y = e^{x-3}, \quad y = 4 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x, \quad y = -2x, \quad y = -2, \quad y = 2;$

г) $\rho = 3(1 + \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (верхняя фигура).

29. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -2x + 8;$

б) $y = e^{-x+2}, \quad y = \dfrac{1}{2}x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_5 x, \quad y = 4x, \quad y = -2, \quad y = 1;$

г) $\rho = 3(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 3$ (нижняя фигура).

30. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 2x + 1;$

б) $y = \dfrac{4}{x^5}, \quad y = 4x, \quad y = 0, \quad (x \le 0);$

в) $y = \log_{\frac{1}{6}} x, \quad y = 6x, \quad y = -2;$

г) $\rho = 1 + \sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{4\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

4. 4. Объем тела вращения

Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями,

а) вокруг оси Ox

б) вокруг оси Oy

1. $\dfrac{x^2}{9} - \dfrac{y^2}{4} = 1; \quad y = \pm 2$

2. $\dfrac{x^2}{16} - \dfrac{y^2}{9} = 1; \quad x = 8$

3. $\dfrac{x^2}{9} + \dfrac{y^2}{16} = 1; \quad y = 2$

4. $\dfrac{x^2}{4} + \dfrac{y^2}{9} = 1; \quad x = 1$

5. $y^2 = 2x; \quad x = 2$

6. $y^2 = -3x; \quad x = -3$

7. $y = x^2 + 1; \quad y = 2$

8. $y = x^2 - 8; \quad y = -4$

9. $y = \sin x, \; y = 2 - \dfrac{2}{\pi}x, \; y = 0$

10. $y = \cos x, \; y = 1, \; x = -\dfrac{\pi}{2}$

11. $\dfrac{x^2}{25} - \dfrac{y^2}{9} = 1; \quad y = \pm 3$

12. $\dfrac{x^2}{9} - \dfrac{y^2}{4} = 1; \quad x = 6$

13 $y^2 = 5x, \; x = 5$

14 $y^2 = -4x, \; x = -4$

15. $\dfrac{x^2}{16} + \dfrac{y^2}{4} = 1; \quad y = 1$

16. $\dfrac{x^2}{36} + \dfrac{y^2}{9} = 1; \quad x = 3$

17. $y = x^2 + 4; \quad y = 8$

18. $y = x^2 - 2; \quad y = -1$

19. $y = \sin x,\ y = 0,\ x = \frac{\pi}{2}$

20. $y = \cos x,\ y = 1,\ x = \frac{\pi}{2}$

21. $\frac{x^2}{4} - y^2 = 1;\quad y = \pm 1$

22. $x^2 - \frac{y^2}{9} = 1;\quad x = 2$

23. $\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{16} = 1;\quad y = 2$

24. $\frac{x^2}{16} + y^2 = 1;\quad x = 2$

25. $y^2 = 7x;\quad x = 7$

26. $y^2 = 6x;\quad x = -6$

27. $y = x^2 + 9;\quad y = 18$

28. $y = x^2 - 18;\quad y = -9$

29. $y = \sin x,\ y = 1,\ y = 0,\ x = 2$

30. $y = \cos x,\ y = 1,\ y = 0, x = 2$

4. 5. Длина дуги плоской кривой

1. *а)* $y = \sqrt{4 - x^2}$
$-1 \le x \le 1;$

б) $\begin{cases} x = t - \sin t \\ y = 1 - \cos t \end{cases}$
$0 \le t \le 2\pi.$

2. *а)* $y = \ln \sin x$
$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{2};$

б) $\begin{cases} x = 2\cos^3 t \\ y = 2\sin^3 t \end{cases}$
$0 \le t \le \pi/2.$

3. *а)* $y = \frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}}$
$0 \le x \le 3;$

б) $\begin{cases} x = 4\sin t + 3\cos t \\ y = 3\sin t - 4\cos t \end{cases}$
$0 \le t \le \pi.$

4. *а)* $y = e^{\frac{x}{2}} + e^{-\frac{x}{2}}$
$0 \le x \le 4;$

б) $\begin{cases} x = \cos t + t\sin t \\ y = \sin t - t\cos t \end{cases}$
$0 \le t \le 2\pi.$

5. *а)* $y = \ln\cos x$

$0 \le x \le \dfrac{\pi}{3}$

б) $\begin{cases} x = \left(t^2 - 2\right)\sin t + 2t\cos t \\ y = \left(2 - t^2\right)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$0 \le t \le \pi.$

6. *а)* $y = 4 - 3\ln(x^2 - 9)$

$4 \le x \le 6;$

б) $\begin{cases} x = 2\cos t - \cos 2t \\ y = 2\sin t - \sin 2t \end{cases}$

$0 \le t \le \dfrac{\pi}{2}.$

7. *а)* $y = \sqrt{9 - x^2}$

$-\dfrac{3}{2} \le x \le \dfrac{3}{2};$

б) $\begin{cases} x = 2t^3 + 1 \\ y = \dfrac{t^3}{3} - 2 \end{cases}$

$0 \le t \le 3.$

8. *а)* $y = \ln(2\sin x)$

$\dfrac{\pi}{4} \le x \le \dfrac{\pi}{2};$

б) $\begin{cases} x = \dfrac{t^3}{3} + 1 \\ y = \dfrac{2}{9}t^{\frac{9}{2}} - 3 \end{cases}$

$0 \le t \le 2.$

9. *а)* $y = \dfrac{4}{3}(x + 2)^{\frac{3}{2}}$

$-1 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = 3(t - \sin t) \\ y = 3(1 - \cos t) \end{cases}$

$0 \le t \le \pi.$

10. *а)* $y = \dfrac{3}{2}\left(e^{\frac{x}{3}} + e^{-\frac{x}{3}}\right)$

$0 \le x \le 3$

б) $\begin{cases} x = 4\cos^3 t \\ y = 4\sin^3 t \end{cases}$

$\dfrac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

11. *а)* $y = \ln(5\cos x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{3};$

б) $\begin{cases} x = 8\sin t + 6\cos t \\ y = 6\sin t - 8\cos t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

12. *а)* $y = 3 + \ln(x^2 - 1)$

$2 \le x \le 3;$

б) $\begin{cases} x = 2(\cos t + t\sin t) \\ y = 2(\sin t - t\cos t) \end{cases}$

$\pi \le t \le 2\pi.$

13. *а)* $y = \sqrt{16 - x^2}$

$-2 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$\pi \le t \le 2\pi.$

14. *а)* $y = \ln(3\sin x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{3};$

б) $\begin{cases} x = 3\cos t - \cos 3t \\ y = 3\sin t - \sin 3t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

15. *а)* $y = 2(x+3)^{\frac{3}{2}}$

$-2 \le x \le 1;$

б) $\begin{cases} x = \frac{t^3}{3} - 1 \\ y = 2t^2 + 3 \end{cases}$

$0 \le t \le 3.$

16. *а)* $y = 2\left(e^{\frac{x}{4}} + e^{-\frac{x}{4}}\right)$

$0 \le x \le 4;$

б) $\begin{cases} x = 3(\cos t + t\sin t) \\ y = 3(\sin t - t\cos t) \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

17. *а)* $y = \ln(4\cos x)$

$0 \le x \le \frac{\pi}{6};$

б) $\begin{cases} x = 5\cos^3 t \\ y = 5\sin^3 t \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

18. *а)* $y = 5 - 3\ln(x^2 - 9)$

$4 \le x \le 5;$

б) $\begin{cases} x = 8\sin t - 6\cos t \\ y = 6\sin t + 8\cos t \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

19. *а)* $y = \sqrt{25 - x^2}$

$-\frac{5}{2} \le x \le \frac{5}{2};$

б) $\begin{cases} x = 4(t - \sin t) \\ y = 4(1 - \cos t) \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

20. *а)* $y = \ln(4\sin x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{4};$

б) $\begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

21. *а)* $y = \frac{2}{3}(x+4)^{\frac{3}{2}}$

$-3 \le x \le 0;$

б) $\begin{cases} x = 4\cos t - \cos 4t \\ y = 4\sin t - \sin 4t \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

22. *а)* $y = \frac{1}{4}\left(e^{2x} + e^{-2x}\right)$

$0 \le x \le 1;$

б) $\begin{cases} x = \frac{3}{2}t^2 - 2 \\ y = \frac{t^3}{3} + 5 \end{cases}$

$0 \le t \le 4.$

23. *а)* $y = \ln(3\cos x)$

$0 \le x \le \frac{\pi}{4};$

б) $\begin{cases} x = 6(t - \sin t) \\ y = 6(1 - \cos t) \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

24. *а)* $y = 3 + 2\ln(x^2 - 4)$

$3 \le x \le 5;$

б) $\begin{cases} x = 3\cos^3 t \\ y = 3\sin^3 t \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

25. *а)* $y = \sqrt{36 - x^2}$

$-3 \le x \le 3;$

б) $\begin{cases} x = 4\sin t - 3\cos t \\ y = 3\sin t + 4\cos t \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

26. *а)* $y = \ln(5\sin x)$

$\frac{\pi}{4} \le x \le \frac{\pi}{2};$

б) $\begin{cases} x = 4(\cos t + t\sin t) \\ y = 4(\sin t - t\cos t) \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

27. *а)* $y = \frac{4}{3}(x-1)^{\frac{3}{2}}$

$1 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

28. *а)* $y = \frac{1}{2}\left(e^{x} + e^{-x}\right)$

$0 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = 5\cos t - \cos 5t \\ y = 5\sin t - \sin 5t \end{cases}$

$0 \le t \le \frac{\pi}{2}.$

29. *а)* $y = \ln(2\cos x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{4};$

б) $\begin{cases} x = \frac{t^3}{3} + 2 \\ y = \frac{3}{2}t^2 + 7 \end{cases}$

$0 \le t \le 4.$

30. *а)* $y = 1 - \ln(x^2 - 1)$

$3 \le x \le 4;$

б) $\begin{cases} x = \frac{2}{9}t^{\frac{9}{2}} + 3 \\ y = \frac{t^3}{3} - 2 \end{cases}$

$0 \le t \le 2.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнниях и задачах. Часть 1. – М.: ООО “Изд-во Оникс”, 2008. – 368 с.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2012. – 281 с.



Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Т. И. Королюк

ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей:
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ…….....3
ВВЕДЕНИЕ…….4
1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ…….....5
2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ…….6
3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ….....7
4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ……..…12
5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ…….....14
6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ……...15
6.1. Показательная функция e^z ……..…….……...15
6.2. Тригонометрические функции $\sin z, \cos z$ ……..…….…..16
6.3. Логарифмическая функция $Ln\ z$ ……..……..16
6.4. Общая степенная функция z^γ ……..……...17
7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....19
7.1. Определение производной…….……..…19
7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)…….…….....19
7.3. Правила дифференцирования…….…….....22
7.4. Аналитические функции…….…….....22
7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной.....23
8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ...…….....25
8.1. Интеграл от функции комплексной переменной……..25
8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной……..27
8.3. Основная теорема Коши…….……...29
8.4. Теорема Коши для многосвязной области…….....31
8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции...…….....32
8.6. Особые точки – полюсы…….....34
8.7. Определение вычета…….....34
8.8. Формулы для вычисления вычетов……..…….....35
8.9. Теорема Коши о вычетах……..…….....36
9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ……..…….....40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….43

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей. В пособии приведены теоретические сведения по теме « Функции комплексной переменной» в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика». Теоретический материал сопровождается решением задач с подробными объяснениями, а также даны варианты заданий, которые могут быть использованы как для самостоятельной работы студентов в аудитории в присутствии преподавателя, так и в качестве домашних и аудиторных контрольных работ.

Целью работы является активация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению одного из разделов курса математики.

1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Число вида $z = x + iy$, где x и y – действительные числа, а i – так называемая мнимая единица $(i^2 = -1)$, называется комплексным числом. Действительные числа x и y называются соответственно действительной и мнимой частями комплексного числа z и обозначаются: $x = \mathrm{Re}\, z,\ y = Jmz,$ где Re – начальные буквы латинского слова *realis* – действительный, *Jm* – начальные буквы слова *imaginarius* – мнимый.

Два комплексных числа считаются равными, если равны одновременно их действительные и мнимые части.

Геометрически комплексное число $z = x + iy$ изображается либо точкой плоскости xOy с координатами (x, y), либо вектором, направленным из начала координат в эту точку. Если комплексное число z – действительное, т. е. $z = x$, то соответствующая ему точка лежит на оси Ox, поэтому ось абсцисс называется действительной осью. Чисто мнимые числа $z = iy$ изображаются точками оси Oy, поэтому ось ординат называется мнимой осью.

Если $z = x + iy$, то сопряженное с ним есть $\bar{z} = x - iy$.

Комплексная величина $z = x + iy$, где x и y – действительные переменные, называется комплексной переменной. Плоскость, на которой изображаются комплексные числа или комплексная переменная z, называется комплексной плоскостью C.

Введем понятие функции комплексной переменной.

Пусть дано некоторое множество D комплексных чисел. Если каждому значению переменной $z \in D$ ставится в соответствие вполне определенное значение переменной w, то переменная w называется функцией комплексной переменной z, в записи: $w = f(z)$. Если каждому значению $z \in D$ соответствует несколько значений w, то функция называется многозначной.

Множество D, состоящее из всех значений независимой переменной z, называется областью определения функции $w = f(z)$, а о функции говорят, что она определена или задана на множестве D. Геометрически область определения функции изображается некоторым множеством точек на комплексной плоскости z.

Примеры

1. Функция $w = z^2$ определена на всей плоскости z, функция однозначная.
2. Функция $w = \sqrt{z}$ определена на всей плоскости и двузначна.
3. Функция $w = \dfrac{1}{z-3}$ определена при всех значениях z, кроме $z = 3$, поэтому область ее определения есть вся комплексная плоскость z, из которой удалена точка $z = 3$. Функция однозначная.

2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть дана функция $w = f(z)$. Обозначим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда $w = f(z)$ перепишется в виде $u + iv = f(x + iy)$.

Отсюда видно, что действительная и мнимая части u, v переменной w являются функциями действительной и мнимой частей x, y переменной z:
$u = u(x, y), \quad v = v(x, y)$.

Итак, задание функции комплексной переменной $w = f(z)$ равносильно заданию двух действительных функций от двух действительных переменных.

Примеры

1. Для функции $w = z^2$, при $z = x + iy$, $w = u + iv$ имеем $w = u + iv = (x + iy)^2$ или $u + iv = x^2 - y^2 + i2xy$, откуда $u = x^2 - y^2, \quad v = 2xy$.

2. $w = \dfrac{1}{z}$, $z \neq 0$.

$$z = x + iy, \; w = u + iv, \text{ тогда } u + iv = \frac{1}{x + iy}$$

или $u + iv = \dfrac{x - iy}{x^2 + y^2}$, откуда $u = \dfrac{x}{x^2 + y^2}$, $v = -\dfrac{y}{x^2 + y^2}$.

3. $w = Jmz$

$$u + iv = y, \text{ откуда } \quad u = y, \quad v = 0.$$

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Геометрическую интерпретацию функции одной действительной переменной $y = f(x)$ можно получить с помощью ее графика в плоскости Oxy, строя для каждой пары соответствующих друг другу значений x и y точку с координатами (x, y).

В случае же комплексных переменных, поступая аналогично, нужно было бы строить точку для каждой пары соответствующих друг другу комплексных чисел $z = x + iy$ и $w = u + iv$. Такая точка (z, w) должна определяться четырьмя действительными координатами (x, y, u, v). В трехмерном пространстве построить такую точку нельзя. Поэтому поступим так.

Возьмем две плоскости: на одной – плоскости аргумента (плоскость Oxy, плоскость (z)) – будем изображать комплексные числа $z = x + iy$, $z \in D$, D – область определения функции $w = f(z)$, а на другой – плоскости функции (пл. 0, uv, плоскость (w)) – соответствующие им комплексные числа w (рис. 1). Получим, что задание функции $w = f(z)$ позволяет каждой точке $z \in D$ плоскости аргумента поставить в соответствие точку $w \in D_1$ плоскости функции,

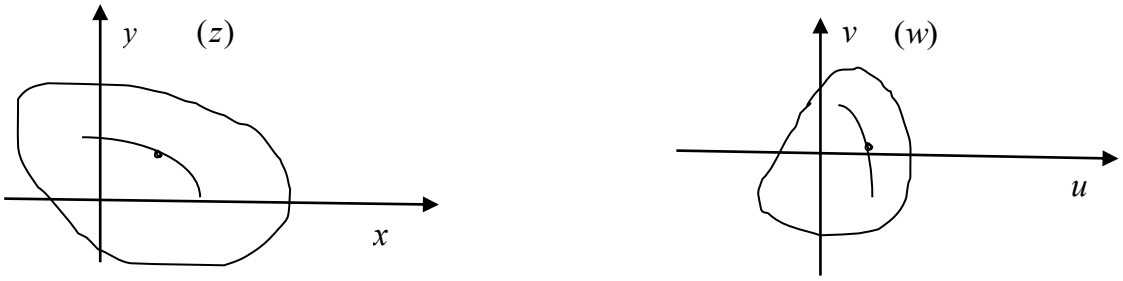


Рис. 1. Геометрическое изображение функции комплексной переменной

т. е. отображает множество D на множество D_1.

Иногда удобно плоскости Oxy и $O_1 uv$ совместить (ось $O_1 u$ с осью Ox, ось $O_1 v$ с осью Oy). Тогда значения незави симой переменной z и функции w изображаются точками одной и той же плоскости.

Пусть $w = f(z)$ – функция комплексной переменной. Если точка $z = x + iy$ описывает какую-либо кривую L в плоскости Oxy, все точки кривой принадлежат множеству D, то соответствующая точка $w = u + iv$ описывает в плоскости $O_1 uv$, как правило, тоже некоторую линию L_1 (рис. 1). Можно сказать, что при отображении $w = f(z)$ кривая L переходит в кривую L_1.

Но не всякая функция комплексной переменной отображает кривую в кривую, а область в область. Так функция $w = \operatorname{Re} z$ отображает всю плоскость z в действительную ось плоскости w.

Для «хороших» функций (например, аналитических, которые мы рассмотрим позже), как правило, образ кривой – кривая, образ области – область.

Поставим вопрос: как, зная кривую L, найти кривую L_1. Если кривая L задана уравнением в комплексной форме $z = g(t)$, то, заменив в равенстве $w = f(z)$ переменную z функцией $g(t)$, мы получим уравнение $w = f(g(t))$ кривой L_1 в комплексной форме. Однако чаще кривая L задается уравнением в прямоугольных координатах $\varphi(x, y) = 0$.

Для кривой L_1 обозначим текущие координаты через u и v, поскольку эта кривая описывается точкой $w = u + iv$. Уравнение кривой L_1 мы должны получить в форме $\Psi(u, v) = 0$. Возьмем на кривой L_1 некоторую точку $w = u + iv$. Она соответствует некоторой точке $z = x + iy$ кривой L. Так как z и w связаны соотношением $w = f(z)$, то $u = u(x, y), \quad v = v(x, y)$. Решая эту систему уравнений относительно x и y, получим $x = x(u, v), \quad y = y(u, v)$. Подставляя эти выражения для x и y в уравнение $\varphi(x, y) = 0$, получим уравнение $\varphi(x(u, v), \quad y(u, v)) = 0$. Это уравнение и будет уравнением $\psi(u, v) = 0$ кривой L_1.

Если плоскости Oxy и O_1uv совмещены, то кривые L и L_1 расположены на одной плоскости. Линия L_1 называется образом линии L.

Иногда удобно выразить из уравнения $w = f(z)$ сначала z без w, а затем x и y через u и v.

Пример 1

Кривая L задана на плоскости Oxy уравнением $x^2 + y^2 = 4$. Найти ее образ при отображении $w = 2iz - 1$.

Решение

Положим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда равенство $w = 2iz - 1$ перепишется в виде $u + iv = 2i(x + iy) - 1$, откуда $u = -2y - 1, \quad v = 2x$. Выражаем x и y через u и v: $x = \frac{v}{2}, \quad y = -\frac{u+1}{2}$. Подставляем найденные выражения для x и y в уравнение $x^2 + y^2 = 4$ кривой L: $\left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{(u+1)^2}{4} = 4$. После упрощения получаем уравнение кривой L_1 в виде $(u+1)^2 + v^2 = 16$.

Итак, кривая L – окружность с центром в начале координат радиуса 2 – преобразуется с помощью заданной функции $w = 2\,i\,z - 1$ в кривую L_1 – окружность с центром $(-1;\,0)$ радиуса 4.

Пример 2

При отображении $w = \dfrac{1}{z}$ найти образ прямой линии $y = x + 1$.

Решение

Из уравнения $w = \dfrac{1}{z}$ находим $z = \dfrac{1}{w}$. Подставим $z = x + iy$,

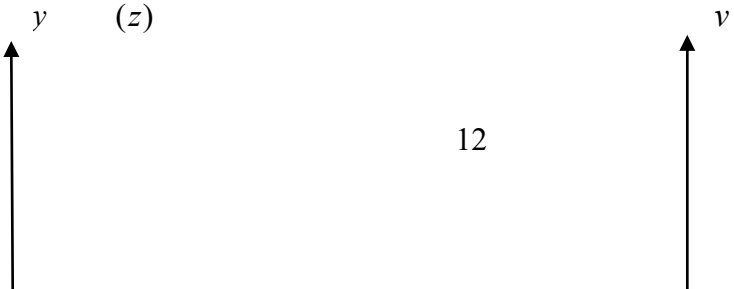
$w = u + iv : x + iy = \dfrac{1}{u + iv}$, $x + iy = \dfrac{u - iv}{u^2 + v^2}$, откуда $x = \dfrac{u}{u^2 + v^2}$, $y = -\dfrac{v}{u^2 + v^2}$.

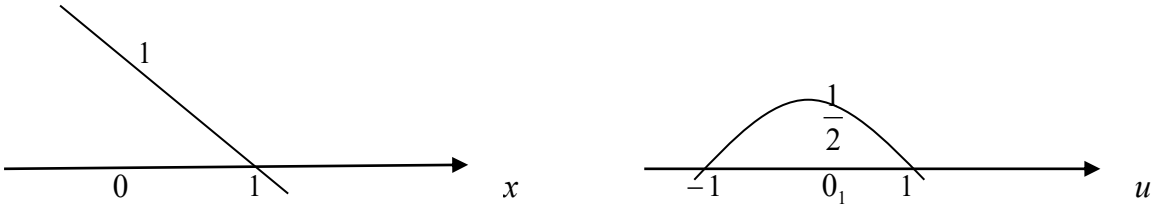
Найденные выражения для x и y подставим в уравнение линии L $y = x + 1$: $-\dfrac{v}{u^2 + v^2} = \dfrac{u}{u^2 + v^2} + 1$, после преобразования имеем $u^2 + v^2 + u + v = 0$ или $\left(u + \dfrac{1}{2}\right)^2 + \left(v + \dfrac{1}{2}\right)^2 = \dfrac{1}{2}$. Это уравнение в плоскости $O_1 u v$ определяет линию L_1 - окружность с центром $\left(-\dfrac{1}{2}; -\dfrac{1}{2}\right)$ радиуса $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$.

Пример 3

Пусть $w = z^2$. Найти образ прямой $x + y = 1$.

Выделяя действительную и мнимую части функции $w = z^2$, получим $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$. Далее из трех уравнений $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$, $x + y = 1$ исключаем x и y: $u = (x - y)(x + y)$ или $u = (x - y)$, так как $x + y = 1$, тогда $u^2 + 2v = x^2 - 2xy + y^2 + 4xy = (x + y)^2 = 1$. Получили уравнение образа $u^2 + 2v = 1$ – это уравнение параболы в плоскости $O_1 u v$, вершина которой – точка $\left(0; \dfrac{1}{2}\right)$.





Пример 4

Построить на комплексной плоскости множество точек z, удовлетворяющих условиям:

а) $|z-3+2i|=1$; б) $-1<\operatorname{Re} z<1$; в) $Jmz=-2$; г) $|z-1|+|z+1|<3$;

д) $1<|z+2i|<2$; е) $\frac{\pi}{4}<\arg z<\pi$; ж) $|z|<1$; $-\frac{\pi}{4}<\arg z<\frac{\pi}{4}$.

Решение

а) $|z-3+2i|=|z-(3-2i)|$ есть расстояние от точки z до точки $3-2i$.

Значит, уравнению *а*) удовлетворяют все точки z, лежащие на окружности радиуса 1 с центром $(3;-2)$.

б) Полагая $z=x+iy$, имеем $\operatorname{Re} z=\operatorname{Re}(x+iy)=x$.

Значит, условие *б*) можно записать так: $-1<x<1$. Очевидно, этому условию удовлетворяют точки z, лежащие в полосе между прямыми $x=-1$ и $x=1$, параллельными оси Oy.

в) Полагая $z=x+iy$, имеем $Jmz=Jm(x+iy)=y$.

Значит, условие *в*) можно записать так: $y=-2$. Этому условию удовлетворяют точки прямой $y=-2$, параллельной оси Oy.

г) Равенство $|z-1|+|z+1|<3$ выражает, что сумма расстояний от точки z до точек $+1$ и -1 равна 3. Множество таких точек есть эллипс с фокусами в точках $+1$ и -1 $(c=1)$ и с большой осью $2a=3$. Значит, неравенству *г*) удовлетворяют точки, лежащие внутри этого эллипса с полуосями $a=\frac{3}{2}$, $b=\frac{\sqrt{5}}{2}$.

д) Неравенству *д*) удовлетворяют все точки кольца, ограниченного концентрическими окружностями радиусов 1 и 2 с центром в точке $(0,-2)$.

е) Неравенство *е*) определяет множество точек z, лежащих внутри угла, вершина которого находится в начале координат, а сторонами являются лучи, наклоненные к положительному направлению оси Ox под углами $\frac{\pi}{4}$ и π.

ж) Система неравенств *ж*) определяет сектор, ограниченный окружностью с центром в начале координат радиуса 1 и радиусами, образующими с осью Ox углы $-\frac{\pi}{4}$ и $\frac{\pi}{4}$.

Для проверки усвоения пройденного материала на практических занятиях студентам можно предложить выполнить самостоятельные работы.

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$$z_1 = -2\,; \quad z_2 = 1 - i\,; \quad z_3 = -1 - \sqrt{3}\,i\,; \quad z_4 = 5.$$

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

а) $|\,z\,| = 3\,;$ б) $|\,z + 1 - 2\,i\,| = 2\,;$ в) $Jmz = 4\,;$ г) $\arg z = \frac{\pi}{6}$.

Вариант 2

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$z_1 = -2\,i\,; \quad z_2 = -\sqrt{3} + i\,; \quad z_3 = -2 - 2\,i\,; \quad z_4 = -4.$

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

а) $|\,z - 3 + 2\,i\,| = 1\,;$ б) $|\,z\,| = 2\,;$ в) $\mathrm{Re}\,z = 4\,;$ г) $\arg z = \frac{2\pi}{3}$.

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 1$ при отображении $w = \frac{1}{z}$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z, удовлетворяющих неравенствам:

а) $2 < |z + 2i| < 4$; б) $\mathrm{Re}\, z < -1$; в) $\frac{\pi}{2} < \arg z < \frac{3\pi}{4}$; г) $|z + 1| < 1$ и $Jmz < 0$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $y = x^2$ при отображении $w = i\,z + 1$.
2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z, удовлетворяющих неравенствам:

а) $-1 < Jmz < 2$; б) $|z + 3 + i| > 1$; в) $\arg z > \frac{\pi}{3}$; г) $|z + 1| < 1$ и $\mathrm{Re}\, z < -1$.

4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная для любого $z \in D$ за исключением, может быть, точки z_0.

Говорят, что функция $f(z)$ стремится к пределу $A\,(A \neq \infty)$, когда $z \to z_0$ (конечному), и пишут $\lim_{z \to z_0} f(z) = A$, если для любого сколь угодно малого положительного числа ξ можно найти положительное число $\delta = \delta(\xi)$ такое, что для всех z, отличных от z_0 и удовлетворяющих неравенству $|z - z_0| < \delta$, выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$. Геометрически это означает, что как только z попадет в δ – окрестность точки z_0, то $w = f(z)$ попадет в ξ- окрестность точки A.

Полагая $A = B + iC$, $f(z) = u(x, y) + i\,v(x, y)$, $z_0 = x_0 + i\,y_0$, докажем теорему, устанавливающую связь между пределом функции и пределами ее действительной и мнимой частей.

Теорема

Если существует $\lim_{z \to z_0} f(z) = A = B + iC$, то существуют

$\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = B$ и $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = C$.

Доказательство

$$f(z) - A = u(x, y) - B + i(v(x, y) - C).$$

Тогда $|f(z) - A| = \sqrt{(u(x, y) - B)^2 + (v(x, y) - C)^2} < \xi$

при $|z - z_0| = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} < \delta$ по определению предела.

Отсюда следует, что $|u(x, y) - B| < \xi$ и $|v(x, y) - C| < \xi$

при $|x - x_0| < \delta$ и $|y - y_0| < \delta$.

А это означает, что $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = B$ и $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = C$.

Справедливо и обратное утверждение.

Из доказанной теоремы следует: если $f(z) \to A$, то $|f(z)| \to |A|$, $\arg f(z) \to \arg A$ при условии $A \neq 0, \infty$.

Действительно,

$$|f(z)| = \sqrt{u^2 + v^2} \to \sqrt{B^2 + C^2} = |A|; \ \arg f(z) = arc\,tg\frac{v}{u} \to arc\,tg\frac{C}{B} = \arg A.$$

Поэтому основные теоремы о пределах функций действительных переменных распространяются без изменения на пределы функций комплексной переменной.

Например, если функции $f(z)$ и $g(z)$ определены в некоторой области D и для них $\lim_{z \to z_0} f(z) = A_1$; $\lim_{z \to z_0} q(z) = A_2$, то $\lim_{z \to z_0} (f(z) \pm q(z)) = A_1 \pm A_2$; $\lim_{z \to z_0} f(z)\,q(z) = A_1 A_2$; $\lim_{z \to z_0} \frac{f(z)}{q(z)} = \frac{A_1}{A_2}$, если $A_2 \neq 0$.

Говорят, что $\lim_{z \to z_0} f(z) = A$, $A \neq \infty$, если для любого $\xi > 0$ существует $N(\xi)$ такое, что при $|z| > N(\xi)$ выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$.

Говорят, что $\lim_{z \to z_0} f(z) = \infty$, если для любого $N > 0$ можно указать такую окрестность точки z_0, что если $z \in D$ и $z \neq z_0$ принадлежит этой окрестности, то $|f(z)| > N$.

Часто применяется понятие о пределе функции по кривой. Говорят, что $f(z) \to A$ при $z \to z_0$ по кривой L, если выполнение условия $|f(z) - A| < \xi$ при $|z - z_0| < \delta$ рассматривается только для точек z, лежащих на кривой L.

Очевидно, если $f(z) \to A$ при $z \to z_0$, то $f(z) \to A$ и по любой кривой. Если же по двум кривым функция имеет разные пределы или по какой-нибудь кривой предела вовсе нет, то $\lim_{z \to z_0} f(z)$ не существует.

5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть функция $w = f(z)$ определена в точке z_0 и в некоторой ее окрестности.

Функция $f(z)$ называется непрерывной в точке z_0, если $\lim_{z \to z_0} f(z) = f(z_0)$.

Как и в анализе функций действительных переменных, назовем $z - z_0 = \Delta z$ приращением аргумента, а $f(z) - f(z_0) = \Delta w$ – приращением функции. Тогда функция $f(z)$ будет непрерывной в точке z_0, если $\lim_{\Delta z \to 0} \Delta w = 0$. Условие непрерывности функции $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ в точке $z_0 = x_0 + iy_0$ эквивалентно двум следующим: $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = u(x_0, y_0)$ и $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = v(x_0, y_0)$, выражающим непрерывность двух действительных функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в той же точке (x_0, y_0). Справедливо и обратное утверждение. Отсюда следует, что теоремы о непрерывности суммы, произведения и частного непрерывных функций действительных переменных будут справедливы и для непрерывных функций комплексной переменной.

Если функция $f(z)$ непрерывна в каждой точке множества D, то она называется непрерывной на этом множестве.

Точками разрыва функции $f(z)$ называются точки, в которых нарушается непрерывность функции.

Функция $w = \dfrac{z}{z - i}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точки $z = i$, а функция $w = \dfrac{2z + 1}{|z - 2| - 3}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точек окружности $|z - 2| = 3$.

6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

6.1. Показательная функция e^z

Показательная функция e^z, где $z = x + iy$, определяется так:

$$e^z = e^{x+iy} = e^x\,(\cos y + i \sin y).$$

Функция $e^z \neq 0$ на всей комплексной плоскости. Для e^z сохраняются правила действий с показателями:

$$(e^z)^m = e^{nz}; \quad e^{z_1+z_2} = e^{z_1} e^{z_2}.$$

Показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, т. е. любой другой ее период равен $2\pi k i$, где k – целое число.

Действительно, $e^{z+2\pi i} = e^z e^{2\pi i} = e^z(\cos 2\pi + i \sin 2\pi) = e^z$.

Пример

Вычислить значение $e^{-1+\frac{\pi}{4}i}$, записать его модуль, действительную и мнимую части.

Решение

$$e^{-1+\frac{\pi}{4}i} = e^{-1}\left(\cos\frac{\pi}{4} + i \sin\frac{\pi}{4}\right) = \frac{1}{e}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + i\,\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}(1+i), \quad \operatorname{Re}\left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e};$$

$$Jm\left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}, \quad \left|e^{-1}e^{\frac{\pi}{4}i}\right| e^{-1} = \frac{1}{e}.$$

6.2. Тригогометрические функции $\sin z, \ \cos z$

Тригонометрические функции $z = \sin z, \quad z = \cos z$ определяются так:

$$\sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}, \quad \cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}, \quad z \in C.$$

$\sin z$ и $\cos z$ сохраняют многие свойства тригонометрических функций действительной переменной.

Например, $\sin^2 z + \cos^2 z = 1$, $\sin(z_1 + z_2) = \sin z_1 \cos z_2 + \sin z_2 \cos z_1$, $\cos(z_1 + z_2) = \cos z_1 \cos z_2 - \sin z_1 \sin z_2$.

Так как показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, то показательная функция e^{iz} имеет основной период 2π, тогда $\sin z$ и $\cos z$ тоже имеют основной период 2π.

Пример

Вычислить $\cos(2 + 3i)$.

Решение

$\cos z = \dfrac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}$. Подставляя $z = 2 + 3i$, получим

$$\cos(2+3i) = \frac{e^{i(2+3i)} + e^{-i(2+3i)}}{2} = \frac{e^{2i-3} + e^{2i+3}}{2} = \frac{1}{2}(e^{-3}(\cos 2 + i \sin 2) + e^{3}(\cos 2 - i \sin 2)) =$$

$$= \frac{1}{2}(e^{3} + e^{-3}) \cos 2 - i \frac{1}{2}(e^{3} - e^{-3}) \sin 2 = ch\,3 \cdot \cos 2 - i\, sh 3 \cdot \sin 2.$$

6.3. Логарифмическая функция $Ln\ z$

Если $e^w = z$, где $z \neq 0$, $z \neq \infty$, то число w называется логарифмом комплексного числа z (по основанию e) и обозначается $w = Ln\ z$.

Чтобы получить формулу для вычисления логарифма комплексного числа в равенстве $e^w = z$, положим $w = u + iv$, а $z = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$, тогда $e^{u+iv} = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$ или $e^u = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$. По определению, два комплексных числа равны тогда и только тогда, когда равны их модули, а аргументы отличаются на число, кратное 2π. Следовательно, $e^u = r$, а $v = \varphi + 2\pi k$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, откуда $u = \ln r = \ln |z|$.

Итак,

$$Ln\ z = w = u + iv = \ln r + i(\varphi + 2\pi k).$$

Окончательно

$$Ln\ z = \ln |z| + i \arg z + 2\pi k i, \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Значение логарифма при $k = 0$ называется главным, его обозначают $\ln z$, оно равно $\ln z = \ln |z| + i \arg z$.

Из изложенного следует, что логарифмы можно находить не только для положительных чисел, но и для произвольных комплексных чисел. При этом обнаружилось, что логарифмическая функция не однозначная, а многозначная, то

есть каждое комплексное число имеет бесконечное множество логарифмов. В частности, имеют логарифмы и отрицательные числа, но при этом все значения логарифма комплексные.

Если $z = x-$ действительное положительное число, то $|z| = x$, а $\arg z = 0$. Поэтому главное значение логарифма действительного положительного числа совпадает со значением $\ln z$, приводимым обычно в таблицах натуральных логарифмов. Но, кроме этих действительных значений, логарифмы положительных чисел имеют еще и бесконечное множество комплексных значений.

Все значения логарифма комплексного числа имеют одну и ту же действительную часть $\ln|z|$, поэтому геометрически значения логарифма изображаются на плоскости (w) точками вертикальной прямой $u = \ln|z|$.

Пример

Найти $Ln(-1+i)$ и $\ln(-1+i)$.

Решение

$|-1+i| = \sqrt{2}$, $\arg(-1+i) = \frac{3\pi}{4}$.

Поэтому $Ln(-1+i) = \ln\sqrt{2} + i\frac{3\pi}{4} + 2\pi ki, k = 0,\pm1,\pm2,...;\ \ln(-1+i) = \ln\sqrt{2} + \frac{3\pi}{4}i$.

6.4. Общая степенная функция z^γ

Если $w = z^\gamma$, где z – произвольное, отличное от 0 и ∞ комплексное число, а γ – любое комплексное число, то полагают по определению

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Lnz}.$$

Пусть $z = re^{i\varphi}, \gamma = a + bi$ тогда

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Lnz} = e^{(a+bi)(\ln r + i\varphi + 2\pi ki)} = e^{a\ln r - b\varphi - 2\pi kb} \cdot e^{i(b\ln r + a\varphi + 2\pi ka)},\ k = 0, \pm1, \pm2,...$$

Так как логарифм комплексного числа имеет бесконечное множество значений, то и выражение z^γ имеет бесконечное множество значений, но в частных случаях они могут все совпадать (если γ – целое число) или среди них может быть только конечное число различных значений (если γ – дробное число).

Пример

Вычислить: а) 2^{3+5i}; б) i^i.

Решение

а)

$$2^{3+5i} = e^{(3+5i)Ln2} = e^{(3+5i)(\ln 2+2\pi ki)} = e^{(3\ln 2-10\pi k)+i(5\ln 2+6\pi k)}$$
$$= e^{3\ln 2-10\pi k} \cdot e^{i5\ln 2} = = e^{3\ln 2-10\pi k}(\cos(5\ln 2) + i\sin(5\ln 2)); k = 0,\pm 1,\pm 2,...$$

б) $i^i = e^{iLni} = e^{i(\ln 1+i\frac{\pi}{2}+2\pi ki)} = e^{-(\frac{\pi}{2}+2\pi k)}, k = 0,\pm 1,\pm 2,...$

Видно, что все полученные значения i^i – действительные числа.

Например, при $k = 0$ имеем $i^i = e^{-\frac{\pi}{2}} \approx 0{,}2079$.

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = ie^{\pi - i}$.
2) Вычислить:

а) $\sin(4-i)$; б) $Ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1-i)^{2+i}$.

Вариант 2

1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = \sin z$.
2) Вычислить:

а) $\cos(2+5i)$; б) $\ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1+i)^{3-i}$.

7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

7.1. Определение производной

Пусть $w = f(z)$ есть однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z).

1. $z \in D, z+\Delta z \in D, w = f(z), w+\Delta w = f(z+\Delta z).$

2. $\Delta w = f(z+\Delta z) - f(z)$ есть приращение функции $f(z)$ при переходе от точки z к точке $z+\Delta z$.

3. $\frac{\Delta w}{\Delta z} = \frac{f(z+\Delta z) - f(z)}{\Delta z}$.

4. Если существует конечный предел отношения $\frac{\Delta w}{\Delta z}$ при произвольном стремлении $\Delta z \to 0$, то этот предел называется *производной функции* $f(z)$ в точке z и обозначается $w' = f'(z) = \lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$, а функция $f(z)$ называется *дифференцируемой в точке* z.

Из дифференцируемости $f(z)$ в точке z следует ее непрерывность в этой точке: $\frac{\Delta w}{\Delta z} = f'(z) + \alpha$, где $\alpha \to 0$ при $\Delta z \to 0$.

Тогда $\Delta w = f'(z)\Delta z + \alpha \Delta z$, откуда $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \Delta w = 0$, что означает непрерывность $f(z)$ в точке z.

Из непрерывности $f(z)$ в точке z дифференцируемость $f(z)$ не следует.

Если функция $f(z)$ имеет производную в каждой точке области D, то она называется *дифференцируемой в этой области.*

7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z). Точки $z = x + iy$ и $z + \Delta z = (x + \Delta x) + i(y + \Delta y)$ принадлежат области D.

Тогда

$$\Delta z = \Delta x + i\Delta y; \Delta w = f(z+\Delta z) - f(z) =$$

$$= (u(x+\Delta x, y+\Delta y) + iv(x+\Delta x, y+\Delta y)) - (u(x,y) + iv(x,y)) = \Delta u + i\Delta v,$$

где $\Delta u = u(x+\Delta x, y+\Delta y) - u(x,y)$ и $\Delta v = v(x+\Delta x, y+\Delta y) - v(x,y)$ есть полные приращения функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$.

Теорема

Для того, чтобы однозначная функция $w = f(z) = u(x,y) + iv(x,y)$ была дифференцируема в точке $z = x + iy$, необходимо и достаточно, чтобы в точке (x,y) существовали частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$, причем эти производные удовлетворяли условиям:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Эти условия называют условиями Коши - Римана.

Так как эти условия значительно раньше были найдены Даламбером и Эйлером, то их называют также условиями Даламбера - Эйлера.

Доказательство

Необходимость

Функция $w = f(z)$ дифференцируема в точке z, поэтому существует конечный предел $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim\limits_{\substack{\Delta x \to 0 \\ \Delta y \to 0}} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x + i\Delta y} = f'(z)$, предел не зависит от того, как точка $z + \Delta z \to z$.

Предположим, что точка $z + \Delta z$ приближается к точке z, например, по прямой, параллельной оси $0x$, тогда $\Delta y = 0, \Delta z = \Delta x$ и

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \left(\frac{\Delta u}{\Delta x} + i\frac{\Delta v}{\Delta x}\right) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} + i \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Если точка $z + \Delta z \to z$ по прямой, параллельной оси $0y$, то $\Delta x = 0, \Delta z = i\Delta y$, поэтому

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta y \to 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{i\Delta y} = \lim_{\Delta y \to 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta y} - i\frac{\Delta u}{\Delta y}\right) = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y}.$$

Так как $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ не зависит от способа стремления $\Delta z \to 0$, то, приравнивая полученные выражения для $f'(z)$, находим $f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y}$ откуда по определению равенства двух комплексных чисел получаем условия Коши-Римана: $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$.

Необходимость доказана.

Достаточность

Так как функции $u(x,y)$ и $v(x,y)$ дифференцируемы в точке (x,y), то их полные приращения в этой точке можно представить в виде

$$\Delta u = \frac{\partial u}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial u}{\partial y}\Delta y + \alpha_1; \Delta v = \frac{\partial v}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial v}{\partial y}\Delta y + \alpha_2,$$

где α_1 и $\alpha_2 \to 0$ при $|\Delta z| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \to 0$, причем $\frac{\alpha_1}{\Delta z} \to 0$ и $\frac{\alpha_2}{\Delta z} \to 0$.

Тогда при условии, что частные производные функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в точке (x, y) удовлетворяют условиям Коши-Римана, приращение функции $w = f(z)$ запишется в виде

$$\Delta w = f(z + \Delta z) - f(z) = \Delta u + i\Delta v =$$

$$= \frac{\partial u}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial u}{\partial y}\Delta y + \alpha_1 + i(\frac{\partial v}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial v}{\partial y}\Delta y + \alpha_2) =$$

$$= (\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x})\Delta x + i\Delta y(\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}) + \alpha = (\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x})\Delta z + \alpha = A\Delta z + \alpha,$$

где $A = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}$ - некоторое постоянное комплексное число, не зависящее от Δz, а $\alpha = \alpha_1 + i\alpha_2$ – бесконечно малая более высокого порядка, чем $|\Delta z|$, т. е. $\to 0$ при $|\Delta z| \to 0$.

Найдем $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{A\Delta z + \alpha}{\Delta z} = \lim\limits_{\Delta z \to 0} (A + \frac{\alpha}{\Delta z}) = A$.

Следовательно, $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ существует, конечен и не зависит от способа стремления $\Delta z \to 0$, а значит, существует производная функции $w = f(z)$ в точке $z = x + iy$.

Если функция $w = f(z)$ в некоторой точке удовлетворяет условиям Коши-Римана, то производная в этой точке может быть вычислена по одной из формул:

$$f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial x} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial y} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

7.3. Правила дифференцирования

Из определения производной, правил алгебраических действий и теорем о пределах функций комплексной переменной следует, что основные правила дифференцирования функций действительного аргумента остаются справедливыми и для функций комплексной переменной.

7.4. Аналитические функции

Определение 1

Если однозначная функция $w = f(z)$ дифференцируема в области D, то она называется аналитической в этой области.

Определение 2

Однозначная функция $w = f(z)$ называется аналитической в точке z, если она дифференцируема как в самой точке z, так и в некоторой ее окрестности.

Пример

Является ли аналитической а) $w = e^z$; б) $w = (\bar{z})^2$?

Решение

а) $w = u + iv, z = x + iy$

$$w = e^z = e^x(\cos y + i\sin y), \text{ тогда } u = e^x \cos y, v = e^x \sin y$$

Найдем частные производные этих функций

$$\frac{\partial u}{\partial x} = e^x \cos y; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = e^x \cos y..$$

Условия Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$ выполняются в любой (x, y), следовательно, функция $w = e^z$ дифференцируема на всей комплексной плоскости (z), а значит и аналитическая на всей комплексной плоскости.

б) $w = u + iv, z = x + iy; u + iv = (x - iy)^2; u + iv = x^2 - 2xyi - y^2;$

тогда $u = x^2 - y^2; v = -2xy; \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 2x; \frac{\partial u}{\partial y} = -2y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = -2y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = -2x.$

Условия Коши-Римана выполняются только в точке $z = 0$, так как равенства $2x = -2x$ и $-2y = 2y$ имеют место лишь при $x = y = 0$.

Следовательно, функция $w = (\bar{z})^2$ дифференцируема лишь в точке $z = 0$. Но, так как в окрестности точки $z = 0$ заданная функция не дифференцируема, она не будет аналитической в точке $z = 0$.

7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной

Пусть функция $w = f(z)$, аналитическая в области D плоскости (z), отображает эту область в область G плоскости (W). Пусть, далее, точка $z_0 \in D$, а соответствующая ей при отображении точка $w_0 \in G$ и $f'(z_0) \neq 0$. Тогда величина $k = |f'(z_0)| = \lim\limits_{z \to z_0} \frac{|w - w_0|}{|z - z_0|}$ есть коэффициент искажения или масштаб в точке z_0 при отображении $w = f(z)$.

Если $k>1$, то дуги при отображении растягиваются, если $k<1$, то дуги сжимаются, если $k=1$, то масштаб при отображении не меняется. Так как производная в точке z_0 не зависит от того, по какой кривой $z \to z_0$, то все бесконечно малые дуги, проходящие через точку z_0, при отображении будут подвергаться одинаковому искажению.

$\arg f'(z_0) = \lim\limits_{z \to z_0} (\arg (w - w_0) - \arg (z - z_0))$ - это угол, на который нужно повернуть касательную к некоторой линии L в точке z_0 для того, чтобы получить направление касательной к преобразованной кривой L_1 в точке $w_0 = f(z_0)$.

При отображении с помощью аналитической функции углы между кривыми сохраняются не только по величине, но и по направлению, во всех точках, где $f'(z_0) \neq 0$.

Определение

Всякое отображение, обладающее в некоторой точке свойством постоянства углов и свойством постоянства растяжений, называется конформным в этой точке.

Отображение с помощью аналитической функции $w = f(z)$ в точке z_0, для которой $f'(z_0) \neq 0$, является конформным отображением.

Самостоятельная работа № 4

Вариант 1

1) Найти область дифференцируемости функции $w = z^2 + (3-i)z + i$ и ее производную.
2) Вычислить:

   а) $\cos(1-3i)$; б) $Ln(\sqrt{3}+i)$; в) $(2i)^{5+i}$.

Вариант 2

1) Найти область дифференцируемости функции $w = \cos z$ и её производную.
2) Вычислить:

   а) $(i-\sqrt{3})^{2i+1}$; б) $\ln(-3-\sqrt{3}i)$; в) $\sin(i-2)$

Самостоятельная работа № 5

Вариант 1

1) Сформулируйте достаточные условия дифференцируемости функции $f(z)$.
2) Дифференцируема ли функция $w = \overline{\frac{1}{z}}$?
3) Вычислить:

   а) $\ln(-4-4i)$; б) 5^{4-3i}; в) $\sin 3i$.

Вариант 2

1) Какая функция называется аналитической в точке и в области?
2) Установить, дифференцируема ли функция $w = e^{\bar{z}}$.
3) Вычислить:

   а) 2^{1+5i}; б) $Ln(-5i)$; в) $\cos(4+i)$.

Самостоятельная работа № 6

Вариант 1

1) Найти область аналитичности функции $w = e^{2z} + iz$.
2) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 4$ при отображении $w = iz + 2$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $x^2 + (y-1)^2 = 1$ при отображении $w = \overline{\frac{2}{z}}$.
2) Проверить условия Коши-Римана для функции $w = e^{z^2}$.

8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

8.1. Интеграл от функции комплексной переменной

Пусть в некоторой области D плоскости комплексной переменной (z) задана однозначная и непрерывная функция $w = f(z) = u(x,y) + iv(x,y)$, и пусть γ – произвольная гладкая или кусочно-гладкая кривая, целиком лежащая в области D.

Выберем на дуге γ направление обхода от точки a к точке b.

1) Разобьем дугу γ произвольно на n частичных дуг точками $z_0 = a, z_1, z_2, ..., z_{n-1}, z_n = b;$; обозначим $z_k - z_{k-1} = \Delta z_k = \Delta x_k + i\,\Delta y_k$.

2) Выберем на каждом участке (z_{k-1}, z_k) дуги γ по точке $\varsigma_k = \xi_k + i\eta_k$.

3) Образуем сумму

$$\sigma_n = \sum_{k=1}^{n} f(\varsigma_k)\Delta z_k = \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k) + iv(\xi_k,\eta_k)) \cdot (\Delta x_k + i\Delta y_k) = \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k)\Delta x_k - v(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k) +$$

$$+ i\sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k + v(\xi_k,\eta_k)\Delta x_k),$$

которую назовем интегральной суммой функции $f(z)$.

Предел интегральной суммы σ_n, вычисленный при стремлении к нулю длины наибольшей из частичных дуг (при $n \to \infty$), не зависящий ни от способа разбиения дуги γ на частичные дуги (z_{k-1}, z_k), ни от выбора точек ς_k, называется интегралом от функции $f(z)$ по дуге γ и обозначается

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \lim_{\max|\Delta z_k| \to 0} \sum_{k=1}^{n} f(\varsigma_k)\Delta z_k \ .$$

При указанных выше требованиях к функции $f(z)$ и контуру γ этот предел всегда существует.

Действительно,

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \lim_{n\to\infty} \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\ \eta_k)\Delta x_k - v(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k) + i\ \lim_{n\to\infty} \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k + v(\xi_k,\eta_k)\Delta x_k).$$

По условию $f(z)$ непрерывна в области D, значит, в этой области непрерывны и функции $u(x,y)$ и $v(x,y)$, а γ – гладкая или кусочно-гладкая кривая. Поэтому пределы сумм, стоящих в правой части последнего равенства, существуют и являются криволинейными интегралами по координатам от функций действительных переменных.

Таким образом,

$$\int_\gamma f(z)dz = \int_\gamma u(x,y)dx - v(x,y)dy + i\int_\gamma v(x,y)dx + u(x,y)dy\,.$$

Эта формула дает выражение интеграла от функции комплексной переменной через два криволинейных интеграла от действительных функций. Отсюда же следует, что основные свойства криволинейных интегралов по координатам распространяются и на интегралы от функций комплексной переменной.

Некоторые из этих свойств есть:

1) $\int\limits_{AB} f(z)dz = -\int\limits_{BA} f(z)dz$;
2) $\int\limits_\gamma af(z)dz = a\int\limits_\gamma f(z)dz$;
3) $\int\limits_\gamma (f_1(z) \pm f_2(z))dz = \int\limits_\gamma f_1(z)dz + \int\limits_\gamma f_2(z)dz$;
4) $\int\limits_{\gamma_1+\gamma_2} f(z)dz = \int\limits_{\gamma_1} f(z)dz + \int\limits_{\gamma_2} f(z)dz\,.$

8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной

1. Пусть дуга γ задана параметрическими уравнениями: $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}$, $\alpha \le t \le \beta$.

Тогда криволинейные интегралы сводим к определенным и получим

$$\int_\gamma f(z)\,dz = \int_\alpha^\beta u\,(x\,(t),\,y\,(t))\,x'(t)\,dt - v\,(x\,(t),y\,(t))\,y'(t)\,dt +$$

$$+ i\int_\alpha^\beta v\,(x\,(t),\,y\,(t))\,x'(t)\,dt + u\,(x\,(t),\,y\,(t))\,y'(t)\,dt =$$

$$= \int_\alpha^\beta (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),\,y\,(t)))\,x\,'(t)\,dt +$$

$$+ \int_\alpha^\beta (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),\,y\,(t)))\,iy'(t)\,dt = \int_\alpha^\beta (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),$$

$$y\,(t)))\,(x'(t) + iy'(t))\,dt = \int_\alpha^\beta f\,(z\,(t))\,z'(t)\,dt = \int_\alpha^\beta f\,(z\,(t))\,dz\,(t),$$

то есть $\int\limits_{\gamma} f(z)\,dz = \int\limits_{\alpha}^{\beta} f\,(z\,(t))\,dz\,(t)$, где $z\,(t) = x\,(t) + iy\,(t)$.

2. Если дуга γ задана уравнением $y = g\,(x)$, где $a \le x \le b$, то, принимая за параметр x и записывая $z = x + ig(x)$, задачу сводим к случаю 1.

3. Если дуга γ задана уравнением $x = \varphi\,(y)$, где $x = \varphi\,(y)$, где $c \le y \le d$, то за параметр принимаем y и записываем $z = \varphi\,(y) + iy$. Задачу сводим к случаю 1.

Пример 1

Вычислить $\int\limits_{\gamma} (\bar{z})^2\,dz$ по отрезку, соединяющему точки $z = 0$ и $z = 1 + i$.

Решение

На прямой, соединяющей точки $z = 0$ и $z = 1 + i$, контур γ задается уравнением $z = x + ix = x\,(1 + i)$, где $0 \le x \le 1$. Тогда $\bar{z} = x\,(1 - i), dz = (1 + i)\,dx$ и

$$\int\limits_{\gamma} (\bar{z})^2\,dz = \int\limits_{0}^{1} x^2 (1-i)^2 (1+i)\,dx = 2\,(1-i)\int\limits_{0}^{1} x^2 dx = 2\,(1-i)\,\frac{x^3}{3}\Bigg|_0^1 = \frac{2}{3}\,(1-i)..$$

Пример 2

По ломаной γ с вершинами в точках $O\,(0, 0), A\,(1, 1), B\,(2, 1)$ вычислить интегралы:

а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$; б) $\int\limits_{\gamma} \mathrm{Re}\, z dz$; в) $\int\limits_{\gamma} Jmz dz$; г) $\int\limits_{\gamma} |z| dz$.

Решение

а) Уравнение стороны $OA: y = x$, тогда $z = x + ix$ или $z = x\,(1 + i)$, где $0 \le x \le 1$, $dz = (1 + i)\,dx$, а

$$\int\limits_{OA} z^2 dz = \int\limits_{0}^{1} x^2 (1+i)^2 (1+i) dx = (1+i)^3 \int\limits_{0}^{1} x^2 dx = (1+i)^3\,\frac{x^3}{3}\Bigg|_0^1 = \frac{1}{3}(1 + 3i - 3 - i) = \frac{1}{3}(2i - 2) = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i\,.$$

Уравнение стороны $AB: y = 1$, тогда $z = x + i, \quad dz = dx, \quad 1 \le x \le 2$, а

$$\int_{AB} z^2 dz = \int_1^2 (x+i)^2 dx = \frac{(x+i)^3}{3}\Big|_1^2 = \frac{1}{3}((2+i)^3 - (1+i)^3) =$$

$$= \frac{1}{3}(2+i-1-i)((2+i)^2 + (2+i)(1+i) + (1+i)^2) = \frac{1}{3}(4+9i) = \frac{4}{3} + \frac{9}{3}i = \frac{4}{3} + 3i.$$

Окончательно, интеграл по всей ломаной равен

$$\int_\gamma z^2 dz = \int_{OA} z^2 dz + \int_{AB} z^2 dz = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i + \frac{4}{3} + 3i = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i.$$

б) $\operatorname{Re} z dz$. Для стороны $OA: z = x(1+i)$, $0 \le x \le 1$, $dz = (1+i)\,dx$. Тогда

$$\int_{OA} \operatorname{Re}\, z\, dz = \int_0^1 x\,(1+i)\,dx = (1+i)\,\frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Для стороны

$$AB:\ z = x+i,\quad 1 \le x \le 2,\quad dz = dx, \text{ а } \int_{AB} \operatorname{Re}\, z\, dz = \int_1^2 x\, dx = \frac{x^2}{2}\Big|_1^0 = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2}.$$

Тогда

$$\int_\gamma \operatorname{Re} z dz = \int_{OA} \operatorname{Re} z dz + \int_{AB} \operatorname{Re} z dz = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + \frac{3}{2} = 2 + \frac{1}{2}i.$$

в) $J\ m\ z\ dz$.

$$\int_\gamma Jmzdz = \int_{OA} Jmzdz + \int_{AB} Jmzdz = \int_0^1 x\,(1+i)\,dx + \int_1^2 dx = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + 1 = \frac{3}{2} + \frac{1}{2}i.$$

г) $|\,z\,| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Для стороны $OA: y = x$, $z = x(1+i)$, $dz = (1+i)dx$, $0 \le x \le 1$

$$\int_{OA} |\,z\,|\, dz = \int_0^1 x\sqrt{2}\,(1+i)\,dx = \sqrt{2}\,(1+i)\,\frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i.$$

Для стороны $AB: y = 1$, $z = x + i, dz = dx$, $1 \le x \le 2$,

$$\int\limits_{AB} |\, z \,|\, dz = \int\limits_{1}^{2} \sqrt{x^2+1}\; dx = \frac{1}{2} x\sqrt{x^2+1}\,\Big|_1^2 + \frac{1}{2}\ln(x+\sqrt{x^2+1})\,\Big|_1^2 =$$

$$= \sqrt{5} - \frac{1}{2}\sqrt{2} + \frac{1}{2}\ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2}\ln(1+\sqrt{2}).$$

Тогда

$$\int\limits_{\gamma} |\, z \,|\, dz = \int\limits_{OA} |\, z \,|\, dz + \int\limits_{AB} |\, z \,|\, dz = \sqrt{5} + \frac{1}{2}\ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2}\ln(1+\sqrt{2}) + \frac{\sqrt{2}}{2} i \approx 2{,}518 + 0{,}707i.$$

8.3. Основная теорема Коши

Теорема

Если $f(z)$ есть аналитическая функция односвязной области $\overline{D}$, то интеграл от $f(z)$ по любому замкнутому кусочно-гладкому контуру, целиком лежащему в области $\overline{D}$, равен нулю, т. е.

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = 0\,.$$

Доказательство

Известно, что $\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = \oint\limits_{\gamma} u(x,y)\, dx - v(x,y)\, dy + i \oint\limits_{\gamma} v(x,y)\, dx + u(x,y)\, dy.$

Из аналитичности $f(z)$ в области D следует, что частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$ существуют, удовлетворяют условиям Коши-Римана, $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$, а из предположения о непрерывности $f'(z)$ в области D следует непрерывность частных производных. Поэтому, применяя к криволинейным интегралам формулу Грина, получим

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = \iint\limits_{D_1} \left(-\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) dx\, dy + i \iint\limits_{D_1} \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y}\right) dx\, dy.$$

Из условий Коши-Римана подынтегральное выражение в каждом двойном интеграле равно нулю, поэтому

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = 0..$$

Теорема доказана.

Следствие

Если функция $f(z)$ аналитична в односвязной области $\overline{D}$, то $\int\limits_{AB} f(z)\,dz$ не зависит от пути, соединяющего точки A и B, если дуга AB целиком лежит внутри области $\overline{D}$.

Пример 1

Вычислить по ломаной OAB (см. пример 2 раздела 8) и по отрезку OB интегралы:

а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$; б) $\int\limits_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$;

Решение

а) $\int\limits_{OAB} z^2 dz = \frac{2}{3} + \frac{11}{3} i$ (см. пример 2 раздела 8)

$$\int\limits_{OB} z^2 dz = \int\limits_0^2 x^2 (1+\frac{i}{2})^2 (1+\frac{i}{2}) dx = (1+\frac{i}{2})^3 \int\limits_0^2 x^2 dx =$$

$$= (1+\frac{i}{2})^3 \left.\frac{x^3}{3}\right|_9^2 = \frac{8}{3}(1+\frac{i}{2})^3 = \frac{8}{3}(1+\frac{3i}{2}-\frac{3}{4}-\frac{i}{8}) = \frac{2}{3}+\frac{11}{3}i.$$

Получили, что $\int\limits_{OAB} z^2 dz = \int\limits_{OB} z^2 dz$, т. е. интеграл не зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$, так как $f(z)=z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости.

б) $w = \operatorname{Re} z$, $u+iv = x$, тогда $u = x$, $v = 0$; $\frac{\partial u}{\partial x} = 1$; $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$.

Условие Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$ не выполняется ни в одной точке на комплексной плоскости, так как $1 \neq 0$, поэтому $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической на всей комплексной плоскости.

$$\int\limits_{OAB} \operatorname{Re} z dz = 2 + \frac{1}{2} i \qquad \text{(см. пример 2 раздела 8),}$$

$$\int\limits_{OB} \operatorname{Re} z \; dz = \int\limits_0^2 x\,(1+\frac{i}{2})\,dx = (1+\frac{i}{2}) \int\limits_0^2 x\,dx = (1+\frac{i}{2})\left.\frac{x^2}{2}\right|_0^2 = 2+i.$$

Так как функция $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической, интеграл $\int\limits_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$ зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$.

8.4. Теорема Коши для многосвязной области

Сначала рассмотрим двусвязную область (рис. 2), ограниченную простыми замкнутыми кривыми γ_1 и γ_2, которые не пересекаются, а γ_2 целиком лежит внутри γ_1. Допустим, что $f(z)$ является аналитической в области между контурами и на самих контурах γ_1 и γ_2. Проведём в заданной области разрез по линии AB. Предполагая, что разрез имеет как бы два берега, мы превратим эту область в односвязную. Положительное направление обхода по контуру указано на рисунке. Применим теорему Коши к полученной односвязной области, ограниченной контуром $\Gamma\{AEA + AB + BFB + BA\}$.

$$\int_{\Gamma} f(z)\,dz = 0 \quad \text{или} \quad \oint_{AEA} f(z)\,dz + \int_{AB} f(z)\,dz + \oint_{BFB} f(z)\,dz + \int_{BA} f(z)\,dz = 0\,.$$

Так как $\int_{AB} f(z)\,dz + \int_{BA} f(z)\,dz = 0$, то $\oint_{\gamma_1} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz.$

Из полученной формулы видно, что интегралы от $f(z)$ по внешнему контуру γ_1 и по внутреннему контуру γ_2, обходимым в одном и том же направлении, равны по величине, но, вообще говоря, не равны нулю, так как $f(z)$ может быть неаналитической внутри области, ограниченной контуром γ_2.

Теперь рассмотрим теорему Коши для $(n+1)$- связной области, которая с помощью системы разрезов может быть сделан односвязной.

Если $f(z)$- аналитическая функция в замкнутой многосвязной области, ограниченной внешним замкнутым контуром γ и замкнутыми контурами γ_1, γ_2,....,γ_n,, лежащими внутри γ, то интеграл от этой функции по внешнему контуру γ равен сумме интегралов по внутренним контурам, причём интегрирование по всем контурам выполняется в одном и том же направлении, то есть

$$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_1} f(z)\,dz + \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz + ... + \oint_{\gamma_n} f(z)\,dz.$$

8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D, содержащей внутри себя точки z_0 и z, то величина $\int_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ не зависит от пути интегрирования, а зависит, лишь от вида подынтегральной функции и точек z_0 и z.

Если точка z_0 зафиксирована, то интеграл $F(z)=\int_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ определяет функцию $F(z)$ для каждой выбранной точки $z \in D$. Функция $F(z)$ является аналитической в D и $F'(z)=f(z)$.

Назовём функцию $\Phi(z)$ первообразной для $f(z)$ в области D, если $\Phi(z)$ аналитическая в D и $\Phi'(z)=f(z)$. Тогда $\Phi(z)-F(z)=C$, где C постоянное комплексное число. При $z=z_0$ имеем $\Phi(z_0)-F(z_0)=C$, отсюда $C=\Phi(z_0)$, так как $F(z_0)=0$.

Следовательно, $\int_{z_0}^{z} f(z)dz=\Phi(z)-\Phi(z_0).$

Полученная формула показывает, что значение интеграла от аналитической функции равно приращению какой-либо первообразной для подынтегральной функции на пути интегрирования.

Таким образом, определение первообразной и формула Ньютона-Лейбница для функций действительной переменной и аналитических функций комплексной переменной полностью совпадают. Поэтому интегралы от элементарных функций комплексной переменной вычисляются с помощью тех же формул и правил, что и в обычном анализе.

Пример 1

Вычислить: а) $\int_{\gamma} z^2 dz$ вдоль контура γ, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$; б) $\int_{\gamma} e^z dz$ по отрезку, соединяющему точки $z=0$ и $z=i$.

Решение

а) Так как $f(z)=z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция. $F(z)=\frac{z^3}{3}$, то

$$\int_{\gamma} z^2 dz = \int_{z=0}^{z=2+i} z^2 dz = \frac{z^3}{3}\Big|_0^{2+i} = \frac{(2+i)^3}{3} = \frac{1}{3}(8+12i-6-i) = \frac{2}{3}+\frac{11}{3}i\,.$$

Получили тот же результат, что и в примере 8.3.1

б) Так как $f(z)=e^z$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция $F(z)=e^z$, то

$$\int_{\gamma} e^z dz = \int_{z=0}^{z=i} e^z dz = e^z\Big|_0^i = e^i - e^0 = e^i - 1 = \cos 1 + i\sin 1 - 1 = (\cos 1 - 1) + i\sin 1\,.$$

8.6. Особые точки - полюсы

Точка z_0 называется особой точкой для $f(z)$, если в этой точке нарушается аналитичность функции. Точка z_0 называется изолированной особой точкой, если можно указать такую окрестность точки $z_0 : |z - z_0| < r$, в которой, кроме z_0, других особых точек функции $f(z)$ нет.

Если $\lim\limits_{z \to z_0} f(z) = \infty$, то точка $z = z_0$ называется полюсом функции $f(z)$.

Функция $f(z) = \dfrac{\varphi(z)}{z - z_0}$ имеет в z_0 простой полюс или полюс первого порядка, а функция $g(z) = \dfrac{\varphi(z)}{(z - z_0)^m}$ имеет в z_0 полюс *m*-го порядка, если $\varphi(z)$ аналитическая функция в точке z_0 и $\varphi(z_0) \neq 0$.

Так для функции $f(z) = \dfrac{z^2 - 1}{z\,(z-3)(z+1)^4} = \dfrac{z-1}{z\,(z-3)(z+1)^3}$ точки $z = 0$ и $z = 3$ - простые полюсы, а точка $z = -1$ - полюс третьего порядка.

8.7. Определение вычета

Понятие вычета является одним из важнейших понятий теории функций комплексной переменной в силу большой практической ценности основной теоремы о вычетах, которую мы рассмотрим ниже.

Если $f(z)$ - аналитическая функция в односвязной области D, то $\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz = 0$, где γ - любой замкнутый контур, лежащий целиком в области D. Если же внутри контура γ есть единственная изолированная особая точка функции $f(z)$, то $\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz$, вообще говоря, не равен нулю. Значение этого интеграла, как известно, не зависит от формы контура γ.

Условились величину этого интеграла, делённую на $2\pi i$, называть вычетом функции $f(z)$ относительно особой точки z_0 и обозначать символом

$$res[f(z);z_0]=\frac{1}{2\pi i}\oint_{\gamma} f(z)dz.$$

Здесь при интегрировании обход контура γ идёт против движения часовой стрелки.

8.8. Формулы для вычисления вычетов

1. Если z_0 есть простой полюс функции $f(z)$, то вычет $f(z)$ относительно z_0 равен

$$res[f(z);z_0]=\lim_{z\to z_0}(z-z_0)f(z).$$

2. Если z_0 - простой полюс функции $f(z)$, которая может быть представлена в виде $f(z)=\frac{f_1(z)}{f_2(z)}$, где $f_1(z)$ и $f_2(z)$ - аналитические функции в точке $z=z_0$, причём $z=z_0$ - простой полюс $f_2(z)$, а $f_1(z_0)\neq 0$. Тогда при $f_2'(z_0)\neq 0$

$$res\,[f(z);z_0]=\frac{f_1(z_0)}{f_2'(z_0)}.$$

3. Если точка $z=z_0$ - полюс порядка n функции $f(z)$, то



здесь вычисляется предел производной $(n-1)$ порядка.

Пример 1

Вычислить вычеты функции $f(z)=\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}$ относительно всех её особых точек.

Решение

Для заданной функции точка $z=-1$ является простым полюсом, а $z=1$ - полюсом второго порядка.

$$res[f(z);-1]=\lim_{z\to -1}(z+1)\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}=\lim_{z\to -1}\frac{z+2}{(z-1)^2}=\frac{1}{4};$$

$$res[f(z);1]=\frac{1}{1!}\lim_{z\to 1}((z-1)^2\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2})'=\lim_{z\to 1}(\frac{z+2}{z+1})'=\lim_{z\to 1}\frac{z+1-(z+2)}{(z+1)^2}=-\frac{1}{4}.$$

Пример 2

Найти вычеты в каждой из особых точек функций:

а) $f(z)=\frac{\cos z}{z^3}$; б) $f(z)=\frac{z^2-2}{z^2+z}$; в) $f(z)=\frac{e^z}{z^2+1}$.

Решение

а) Для $f(z)=\frac{\cos z}{z^3}$ точка $z=0$ является полюсом третьего порядка.

$$res\,[f(z);0]=\frac{1}{(3-1)!}\lim_{z\to 0}(z^3\frac{\cos z}{z^3})''=\frac{1}{2!}\lim_{z\to 0}(\cos z)''=\frac{1}{2}\lim_{z\to 0}(-\sin z)'=\frac{1}{2}\lim_{z\to 0}(-\cos z)=-\frac{1}{2};$$

б) Для функции $f(z)=\frac{z^2-2}{z^2+z}=\frac{z^2-2}{z(z+1)}$ точка $z=0$ является простым полюсом, а $z=-1$ - тоже простым полюсом

$$res\,[f(z);0]=\lim_{z\to 0}z\frac{(z^2-2)}{z(z+1)}=\lim_{z\to 0}\frac{z^2-2}{z+1}=-\frac{2}{1}=-2;$$

$$res\,[f(z);-1]=\lim_{z\to -1}(z+1)\frac{(z^2-2)}{z(z+1)}=\lim_{z\to -1}\frac{z^2-2}{z}=\frac{1-2}{-1}=1;$$

в) $z^2+1=0$ при $z=\pm i$. Поэтому точки $z=i$ и $z=-i$ являются простыми полюсами $f(z)=\frac{e^z}{z^2+1}$

$$res\,[f(z);i]=\lim_{z\to i}(z-i)\frac{e^z}{(z-i)(z+i)}=\lim_{z\to i}\frac{e^z}{z+i}=\frac{e^i}{2i}$$
$$=\frac{(\cos 1+i\sin 1)(-i)}{2i\,(-i)}=\frac{\sin 1-i\cos 1}{2}=\frac{\sin 1}{2}-i\frac{\cos 1}{2};$$

$$res\,[f(z);-i]=\lim_{z\to -i}(z+i)\frac{e^z}{(z-i)(z+i)}=\lim_{z\to -i}\frac{e^z}{z-i}=\frac{e^{-i}}{-2i}$$
$$=\frac{(\cos 1-i\sin 1)\,i}{2i\,(-i)}=\frac{\sin 1+i\cos 1}{2}=\frac{\sin 1}{2}+i\frac{\cos 1}{2}.$$

8.9. Теорема Коши о вычетах

Теорема

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D, ограниченной контуром γ, всюду, кроме конечного числа особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$, лежащих внутри области D (но не на кривой γ), то интеграл от функции $f(z)$ по кривой γ равен произведению $2\pi i$ на сумму вычетов $f(z)$ относительно всех особых точек, лежащих внутри γ, т. е.

$$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = 2\pi\, i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k]\,.$$

Доказательство

Для простоты окружим точки $z_1, z_2, ..., z_n$ окружностями $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n$ с центрами в этих точках и радиусами такими малыми, чтобы окружности не пересекались и лежали в области D, ограниченной контуром γ. Тогда функция $f(z)$ будет аналитической в многосвязной области, ограниченной контурами $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n$.

По теореме Коши для многосвязной области имеем

$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_1} f(z)\,dz + \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz + ... + \oint_{\gamma_n} f(z)\,dz$, но $\oint_{\gamma_k} f(z)\,dz = 2\pi\, i\, res\,[f(z); z_k]\,.$

Тогда

$$\oint_{\gamma_k} f(z)\,dz = 2\pi\, i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k]\,.$$

Теорема доказана.

Пример 1

Найти значение $\int_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2}\,dz$, где

а) γ - окружность $|\,z\,| = 3$; б) γ - окружность $|\,z+2-i\,| = 1$.

Решение

Подынтегральная функция имеет единственную особую точку $z = 2$ - полюс второго порядка, которая находится внутри окружности $|\,z\,| = 3$ (центр вначале координат, радиус равен 3).

Тогда

$$\oint\limits_{|z|=3} \frac{(z+1)\,dz}{(z-2)^2} = 2\pi\, i\, res\,[f(z);\,2] = 2\pi\, i \frac{1}{1!} \lim_{z\to 2} ((z-2)^2 \frac{(z+1)}{(z-2)^2})' = 2\pi\, i \lim_{z\to 2} (z+i)' = 2\pi\, i\,.$$

б) Окружность $|\,z+2-i\,|=1$ имеет центр в точке $z_0 = -2+i$, радиус 1, а полюс $z=2$ лежит вне этой окружности. Поэтому в области, ограниченной этим контуром γ, функция аналитическая. Тогда по основной теореме Коши

$$\oint\limits_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2}\,dz = 0\,.$$

Пример 2

Вычислить $\oint\limits_{\gamma} \frac{dz}{(z-i)(z-1)}$, где γ - окружность $x^2+y^2 = 2x+2y$.

Решение

Преобразуем уравнение окружности $x^2+y^2 = 2x+2y$, выделяя полный квадрат по x и по y:

$$(x^2-2x+1)+(y^2-2y+1) = 2 \text{ или } (x-1)^2+(y-1)^2 = 2\,.$$

Точка $(-1;\ 1)$ - центр окружности, радиус - $\sqrt{2}$.

Для подынтегральной функции $f(z) = \frac{1}{(z-i)(z-1)}$ точки $z=i$ и $z=1$ являются простыми полюсами и находятся внутри окружности γ.

Тогда по теореме Коши о вычетах имеем:

$$\oint\limits_{\gamma} \frac{dz}{(z-i)(z-1)} = 2\pi\, i\,(res\,[f(z);\,i] + res\,[f(z);\,1]\,);$$

$$res\,[f(z);\,i] = \lim_{z\to i} (z-i)\,\frac{1}{(z-i)(z-1)} = \lim_{z\to i} \frac{1}{z-1} = \frac{e^i}{2i} = \frac{1}{i-1} = \frac{-i-1}{(i-1)(-i-1)} = \frac{-1-i}{2} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i;$$

$$res\,[f(z);\,1] = \lim_{z\to 1} (z-1)\,\frac{1}{(z-i)(z-1)} = \lim_{z\to 1} \frac{1}{z-i} = \frac{1}{1-i} = \frac{1+i}{(1-i)(1+i)} = \frac{1+i}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Тогда

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz = 2\pi\, i(-\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i) = 0.$$

Пример 3

Вычислить $\oint\limits_{\gamma} \frac{e^{-2z}}{z^2}$, где γ: $\frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{4} = 1$.

Решение

Для подынтегральной функции $f(z)=\dfrac{e^{-2z}}{z^2}$ точка $z=0$ является полюсом второго порядка и находится внутри эллипса с полуосями 3 и 2.
По теореме Коши о вычетах

$$\oint_\gamma \frac{e^{-2z}}{z^2}dz = 2\pi\, i res\,[f(z);0] = 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(z^2\frac{e^{-2z}}{z^2})' = 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(e^{-2z})' =$$

$$= 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(-2)e^{-2z} = 2\pi\, i \quad (-2)\,e^0 = -4\pi\, i.$$

Самостоятельная работа № 7

Вариант 1

1) Вычислить $\int_\gamma \cos z dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z=i$ и $z=-2+i$.

2) Вычислить $\int_\gamma (4i+3\,\mathrm{Re}\,z)dz$, где $\gamma:\ 2x^2-y+3=0$ от $z=3i$ до $z=1+5i$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_\gamma \sin z dz$, где $\gamma:\ x-3y+1=0$ от $z=-1$ до $z=2+i$.

2) Вычислить $\int_\gamma (2i\ Jmz+3)\,dz$, где $\gamma:\ y=2-x^2$ от $z=2i$ до $z=1+i$.

Самостоятельная работа № 8

Вариант 1

1) Вычислить $\int_\gamma (2iz-z^2)dz$, где $\gamma:\ x^2+y^2-x=0$.

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z)=\dfrac{4z}{(z-1)^3(z+2)^2}$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_\gamma e^{z-2i}dz$, где $\gamma:\ |z-2|=2.$

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z)=\dfrac{\sin z}{(z+1)^2(z-i)}$.

Самостоятельная работа № 9

Вариант 1

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint\limits_{\gamma} \frac{e^z}{(z^2-1)^2}dz$, $\gamma:\ x^2+4y^2=4$.

Вариант 2

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint\limits_{\gamma} \frac{(3z^2+1)}{(z+2)^2(z-2i)}dz$, $\gamma:\left|\, z+1-i\,\right|=3$.

Самостоятельная работа № 10

1) Вычислить: $(-1-i)^{2i}, \sin(3i+2)$.

2) Найти образ линии $x^2+y^2+x=0$ при отображении $w=3\bar{z}-i$.

3) Является ли аналитической функция $w=z+e^{\bar{z}}$?

4) На комплексной плоскости (z) построить множество точек z, удовлетворяющих условиям:

$$\begin{cases} \left|\, z+i\,\right| \le 2, \\ \operatorname{Re} z > -1. \end{cases}$$

5) Вычислить $\int\limits_{\gamma} e^{\bar{z}}dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z=0$ и $z=2-2i$.

4) С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint\limits_{\gamma} \frac{(z^2+3)\,dz}{z^3-1}; \gamma: x^2+y^2=9$.

Самостоятельная работа № 10 содержит набор основных типовых задач по теме изучаемого раздела математики и может быть использована для подготовки к контрольной работе.

С помощью вычетов удается вычислять некоторые определённые интегралы от функций действительной переменной, для чего эти интегралы предварительно преобразуются в интегралы по замкнутому контуру.

9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью вычетов вычисляют некоторые несобственные интегралы от функции действительной переменной вида $\int\limits_{-\infty}^{\infty} f(x)dx$.

Пусть $f(z)$- рациональная функция $f(z)=\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$, а разность степеней знаменателя и числителя $m-n>1,\quad Q_m(x)\neq 0,\quad x\in R$.

Пусть функция $f(z)$, аналитическая на действительной оси, имеет выше действительной оси (в верхней полуплоскости $Jmz > 0$) конечное число особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$. Тогда существует несобственный интеграл от функции $f(z)$ по промежутку $(-\infty, \infty)$ и

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 2\pi\, i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k].$$

Пример

Вычислить $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3}$.

Функция $f(x) = \frac{x^2}{(1+x^2)^3}$.

Решение

Введём функцию комплексной переменной z

$$f(z) = \frac{z^2}{(1+z^2)^3}.$$

Она имеет в верхней полуплоскости $Jmz > 0$ единственную особую точку $z = i$-полюс третьего порядка. Тогда $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi\, i\, res\,[f(z); i].$

Найдем

$$res\,[f(z); i] = \frac{1}{2!} \lim_{z \to i} ((z-i)^3 \frac{z^2}{(z-i)^3 (z+i)^3})'' = \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{z^2}{(z+i)^3})'' =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{2z(z+i)^3 - z^2 3(z+i)^2}{(z+i)^6})' = = \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{2z^2 + 2zi - 3z^2}{(z+i)^4})' = \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{2zi - z^2}{(z+i)^4})' =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z \to i} \frac{(2i-2z)(z+i)^4 - (2zi - z^2)4(z+i)^3}{(z+i)^8} =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z \to i} \frac{2z^2 - 2 - 8zi}{(z+i)^5} = \frac{1}{2} \frac{(-2-2+8)}{(2i)^5} = \frac{4}{2 \cdot 32i} = \frac{1}{16i} = \frac{-i}{16i\,(-i)} = -\frac{i}{16}.$$

Окончательно получим

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi\, i\, (-\frac{i}{16}) = \frac{\pi}{8}.$$

Если функция $f(z)$ удовлетворяет условиям:

1) $f(z) = e^{imz} \cdot F(z)$, где $m > 0$ и $F(z) \to 0$ при $|z| \to \infty$ равномерно по φ для $Jmz \geq 0$;

2) $f(z)$ на действительной оси имеет конечное число простых полюсов $x_1, x_2, ..., x_p$;

3) $f(z)$ аналитична в верхней полуплоскости всюду, за исключением конечного числа особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$, то

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 2\pi\, i\,(\sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k] + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{p} res\,[f(z); x_k]).$$

Пример

Вычислить интеграл Дирихле $\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx$.

Решение

Рассмотрим $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x}\,dx$. Введём функцию $f(z) = \frac{e^{iz}}{z}$. Здесь $m = 1, \quad F(z) = \frac{1}{z} \to 0$ при $|z| \to \infty$. Для $f(z)$ точка $z = 0$ - простой полюс, расположенный на действительной оси. Других особых точек нет.

Тогда

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x}\,dx = 2\pi\, i\,\frac{1}{2}\, res\,[f(z); 0] = \pi\, i \lim_{z\to 0} z\,\frac{e^{iz}}{z} = \pi\, i \lim_{z\to 0} e^{iz} = \pi\, i.$$

Но $e^{ix} = \cos x + i \sin x$, поэтому

$$\int_{-\infty}^{\infty} (\frac{\cos x}{x} + i\frac{\sin x}{x})\,dx = \pi i.$$

В силу определения равенства двух комплексных чисел имеем:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos x}{x}\,dx = 0, \quad \text{а} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = \pi.$$

Так как $\frac{\sin x}{x}$ - чётная функция, то $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = 2\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = \pi$, откуда

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = \frac{\pi}{2}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович, *И. Г.* Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости / И. Г. Араманович, Г. Л. Лунц, Л. Э. Эльсгольц. - М.: Наука, 1970. – 380 с.

Волковысский, *Л. И.* Сборник задач по теории функций комплексного переменного / Л. И. Волковысский, Г. Л. Лунц, И. Г. Араманович. - М.: Наука, 1975. – 220 с.

Евграфов, *М. А.* Аналитические функции / М. А. Евграфов. - М.: Наука, 1968. – 620 с.

Лаврентьев, *М. А.* Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. - М.: Наука, 1979. – 410 с.

Маркушевич, *А. И.* Краткий курс теории аналитических функций / А. И. Маркушевич. - М.: Наука, 1978. – 360 с.

Привалов, *И. И.* Введение в теорию функций комплексного переменного / И. И. Привалов. - М.: Наука, 1984. – 480 с.

Свешников, *А. Г.* Теория функций комплексной переменной / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. - М.: Наука, 1979. – 720 с.

Титчмарш, *Е.* Теория функций / Е. Титчмарш. - М.: Наука, 1980. – 510 с.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. Я. Раевский

ЧИСЛОВЫЕ И СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов
всех специальностей и очного обучения

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ЧИСЛОВЫЕ РЯДЫ 6
1.1. Основные понятия 6
1.2. Положительные ряды 14
1.3. Знакочередующиеся ряды 26
1.4. Знакопеременные ряды 29
2. СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ 32
2.1. Функциональные ряды 32
2.2. Степенные ряды – основные понятия 34
2.3. Свойства суммы степенного ряда 40
2.4. Разложение функций в степенные ряды 44
2.5. Разложения элементарных функций в ряды Маклорена 47
3. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 52
4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 53
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 67

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие содержит основные теоретические сведения (определения, теоремы, формулы) по теме «Числовые и степенные ряды». Основное внимание уделяется многочисленным типовым задачам, решение которых приводится с детальной подробностью. Для проверки и закрепления полученных знаний в пособие включены разделы «Тренировочные задачи» и «Вопросы и задачи для самопроверки».

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Учебное пособие может быть использовано студентами всех специальностей для изучения темы «Числовые и степенные ряды».

1. ЧИСЛОВЫЕ РЯДЫ

1.1. Основные понятия

До появления числовых рядов имела смысл только сумма конечного набора чисел: $a_1 + a_2 + \cdots + a_n$. Когда-то считалось, что складывать бесконечный набор чисел бессмысленно, так как казалось очевидным, что, складывая бесконечно много, например, положительных чисел, должна получаться бесконечная сумма. На этом, казалось бы, верном, утверждении строились многие известные парадоксы (например, «Ахилл и черепаха»). Однако во многих практических задачах и чисто математических построениях возникали суммы бесконечного набора чисел, что привело к необходимости сделать их предметом исследования математики. Приведем пример практической задачи, в которой (в одном из подходов к ее решению) возникает необходимость сложения бесконечного набора чисел.

Пример1. Допустим, что при добыче нефти десятая ее часть идет на обеспечение самой добычи (механизмы, обеспечивающие добычу, работают на бензине, который производится из той же нефти). Сколько необходимо добыть нефти, чтобы можно было продать 10 тонн?

Решение. Ясно, что нужно добыть, по крайней мере, эти 10 тонн. Но тогда нужно добавочно добыть $10 \cdot 0.1 = 1$ тонну для обеспечения добычи этих 10 тонн. Но для обеспечения добычи этой 1 тонны необходимо добавочно добыть $1 \cdot 0.1 = 0.1$ тонны. Но для обеспечения ее добычи нужно еще добыть $0.1 \cdot 0.1 = 0.01$ тонны. И так далее. Таким образом, общее количество добытой нефти должно быть равно

$$10 + 1 + 0.1 + 0.01 + 0.001 + \cdots \qquad (1)$$

Таким образом, при таком подходе к решению возникла необходимость сложить бесконечный набор чисел.

Замечание. Конечно, предложенный выше подход к решению примера имеет чисто иллюстративную цель (естественное появление бесконечной суммы), поскольку очевиден следующий более простой путь решения. Пусть x − необходимое количество нефти, которое нужно добыть, чтобы на продажу иметь 10 тонн. Тогда $0.1\cdot x$ тонн из добытого пойдет на обеспечение самой добычи. Таким образом, продать можно будет только $x-0.1\cdot x$ тонн. Откуда получаем уравнение : $x-0.1\cdot x=10$, откуда $x=\frac{10}{0.9}=11.1111\ldots$ тонн.

Приступим все же к понятию бесконечных сумм. Выражение вида

$$\sum_{n=1}^{\infty}a_n=a_1+a_2+a_3+\ldots \qquad (2)$$

называется *числовым рядом.* Числа $a_1,a_2,,a_3,\ldots$ называются *членами (или слагаемыми) ряда.* Выражение для a_n под знаком суммы в (2), позволяющее найти любое слагаемое по его порядковому номеру n, называется *общим членом* ряда. При подстановке в это выражение $n=1,2,3,\ldots$ получаем значения, соответственно, *1*-го слагаемого, *2*-го, *3*-го ... . Например, ряд (1) можно с использованием знака суммы записать в виде $\sum_{n=1}^{\infty}10\cdot 0.1^{n-1}$, а потому общий член этого ряда имеет вид: $a_n=10\cdot 0.1^{n-1}$. Действительно, подставляя в это выражение *n=1, 2, 3, ...* получаем значения, соответственно, *1*-го слагаемого, *2*-го, *3*-го и т.д. слагаемого ряда (1).

Пример 2. Рассмотрим ряд $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$ − так называемый *гармонический* ряд. Числа $1,\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{4}$ … являются членами ряда, а выражение $a_n=\frac{1}{n}$ является общим членом ряда.

Как же определить сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$, т.е. сумму бесконечного набора слагаемых? Можно воспользоваться тем, что мы умеем складывать любой конечный набор чисел, и попытаемся исчерпать указанную бесконечность «постепенно». Сначала составим «сумму» из одного первого слагаемого: $S_1 = a_1$. Потом сложим первые 2 слагаемых: $S_2 = a_1 + a_2$. Потом первые 3 слагаемых: $S_3 = a_1 + a_2 + a_3$, и так далее. И будем следить за поведением бесконечной последовательности чисел $S_1, S_2, S_3, \dots$, которые представляют собой суммы все большего числа слагаемых исходного ряда. Если эта последовательность сумм все увеличивающегося числа слагаемых ряда (2) приближается к определенному числу (т.е. имеет предел), то это число естественно назвать суммой всего ряда. Если же эта последовательность не приближается ни к какому числу (или идет к бесконечности), то естественно считать, что такой ряд суммы не имеет. Число $S_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n$ называется *n-ой частичной суммой ряда* $(n = 1, 2, 3, \dots)$. Итак, ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ называется *сходящимся,* если существует (конечный) предел его частичных сумм: $\lim_{n\to\infty} S_n = S$. В этом случае число *S* называется *суммой* ряда, что записывается как $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = S$. Если же такого предела не существует (или он равен ∞), то ряд называется *расходящимся* (такой ряд суммы не имеет).

Пример 3. Исследуем на сходимость следующий ряд

$$\frac{1}{1\cdot 2} + \frac{1}{2\cdot 3} + \frac{1}{3\cdot 4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\cdot(n+1)}. \qquad (3)$$

Решение. Вычислим несколько первых последовательных частичных сумм и попробуем найти закономерность:

$$S_1 = \frac{1}{1\cdot 2} = \frac{1}{2}, \quad S_2 = \frac{1}{1\cdot 2} + \frac{1}{2\cdot 3} = \frac{2}{3}, \quad S_3 = \frac{1}{1\cdot 2} + \frac{1}{2\cdot 3} + \frac{1}{3\cdot 4} = \frac{3}{4}, \dots \qquad (4)$$

Легко, глядя на (4), угадать общую формулу для частичных сумм: $S_n = \dfrac{n}{n+1}$ (можно доказать эту формулу строго методом математической индукции). Тогда

$$\lim_{n\to\infty} S_n = \lim_{n\to\infty} \frac{n}{n+1} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right] = \{\text{делим числитель и знаменатель на } n\} = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{1+\dfrac{1}{n}} = 1.$$

Поэтому по приведенному выше определению данный ряд (3) сходится, а его сумма равна 1: $\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\cdot(n+1)} = 1$.

Пример 4. Пусть число $a \neq 0$. Рассмотрим ряд

$$a - a + a - a + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot a. \qquad (5)$$

Тогда $S_1 = a$, $S_2 = 0$, $S_3 = a$, $S_4 = 0$, $S_5 = a$ и так далее. Понятно, что такая последовательность частичных сумм $a, 0, a, 0, a, 0, \ldots$ предела не имеет, поэтому ряд (5) расходится.

Пример 5. Геометрическая прогрессия. Напомним, что геометрической прогрессией называется числовая последовательность, каждый член которой (начиная со второго) равен предыдущему, умноженному на одно и то же для этой последовательности число q (которое называется *знаменателем* данной прогрессии). Если обозначить буквой a первый член прогрессии, то прогрессия (по определению) имеет вид: $a, aq, aq^2, \ldots, aq^n, \ldots$. Соответствующий ряд имеет вид $a + aq + aq^2 + \cdots + aq^n + \cdots = \displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} a \cdot q^{n-1}$ (или $\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty} a \cdot q^n$, если начать нумерацию слагаемых не с единицы, а с нуля). Отметим сразу, что если знаменатель прогрессии $q = 1$, то соответствующий ряд $\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} a = a + a + a + \cdots$ (при $a \neq 0$)

расходится, поскольку его частичные суммы имеют вид $S_n = a + a + a + \cdots + a = n \cdot a$, а потому $\lim\limits_{n\to\infty} S_n = \lim\limits_{n\to\infty}(n \cdot a) = a \cdot \lim\limits_{n\to\infty} n = \pm\infty$ в зависимости от знака числа a. Для $q \neq 1$ из школьной программы известна общая формула для суммы первых n слагаемых геометрической прогрессии $S_n = a + a \cdot q + a \cdot q^2 + \cdots + a \cdot q^n = \dfrac{a \cdot (1 - q^n)}{1 - q}$. Поэтому, переходя к пределу $\lim\limits_{n\to\infty} S_n$, легко получить:

$$\lim_{n\to\infty} S_n = \lim_{n\to\infty} \frac{a \cdot (1 - q^n)}{1 - q} = \frac{a}{1 - q} \cdot \lim_{n\to\infty}(1 - q^n) = \frac{a}{1 - q} \cdot \left(1 - \lim_{n\to\infty} q^n\right).$$

Несложно выяснить, что предел $\lim\limits_{n\to\infty} q^n$ существует (и при этом равен нулю) только в том случае, если $|q| < 1$. Отсюда следует, что ряд, составленный из геометрической прогрессии, сходится (и имеет суммой число $S = \dfrac{a}{1 - q}$) только тогда, когда $|q| < 1$. В этом случае (когда $|q| < 1$) геометрическая прогрессия называется *бесконечно убывающей геометрической прогрессией* и для нее

$$a + a \cdot q + a \cdot q^2 + \cdots + a \cdot q^n + \cdots = \sum_{n=1}^{\infty} a \cdot q^{n-1} = \frac{a}{1 - q}. \qquad (6)$$

Заметим, что ряд (1) тоже является бесконечно убывающей геометрической прогрессией с $a = 10$ и $q = 0.1$, а потому из (6) получаем для примера 1, что необходимо добыть $\dfrac{10}{1 - 0.1} = \dfrac{10}{0.9} = 11.111111\ldots$ тонн нефти, что выше было получено из простого алгебраического уравнения.

Рассмотрим *свойства сходящихся рядов.* Они напоминают свойства конечных сумм.

1. Если сходится ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} a_n$, то для любого числа c сходится ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} c \cdot a_n$ и выполнено:

$$\sum_{n=1}^{\infty} c \cdot a_n = c \cdot \sum_{n=1}^{\infty} a_n \,. \qquad (7)$$

Фактически это означает возможность вынесения общего множителя c в сумме за скобку (точнее, за знак суммы).

2. Если сходятся ряды $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$, то сходится и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n)$ и выполняется:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \pm \sum_{n=1}^{\infty} b_n \,. \qquad (8)$$

Справедливость этих свойств легко доказывается из определения сходящихся рядов и соответствующих свойств пределов последовательностей (предел суммы-разности равен сумме-разности пределов, а постоянный множитель можно выносить за знак предела).

Пример 6. Вычислить сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right)$.

Решение. Используя свойство (8), а затем (7), последовательно получаем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3}{2^n} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{n(n+1)} = 3 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} - 4 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)} \,.$$

Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \cdots$ есть сумма бесконечно убывающей геометрической прогрессии вида (6) с первым членом $a = \frac{1}{2}$ и знаменателем $q = \frac{1}{2}$, а потому по формуле (6): $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 1$. Сумма ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)}$ была вычислена в примере 3: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)} = 1$. Окончательно получаем: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right) = 3 \cdot 1 - 4 \cdot 1 = -1$.

Далее мы сосредоточим свое внимание на вопросе о том, как по виду ряда

(2) определить, является ли он сходящимся или расходящимся.

Теорема (необходимый признак сходимости ряда). Если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится, то его общий член стремится к нулю: $\lim_{n\to\infty} a_n = 0$.

Доказательство. Пусть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится, а число S является его суммой. Тогда по определению сходящегося ряда предел последовательности его частичных сумм $\{S_n\}_{n=1}^{\infty} = \{S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$ равен S:

$$\lim_{n\to\infty} S_n = S, \tag{9}$$

где

$$S_n = a_1 + a_2 + \cdots + a_n. \tag{10}$$

Рассмотрим теперь вспомогательную последовательность $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty}$, построенную из последовательности $\{S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$ добавлением числа 0 в качестве ее первого члена: $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty} = \{\overline{S}_1, \overline{S}_2, \ldots, \overline{S}_n, \ldots\} = \{0, S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$. Таким образом, $\overline{S}_1 = 0$, $\overline{S}_2 = S_1$, $\overline{S}_3 = S_2$ и вообще

$$\overline{S}_n = S_{n-1}, \quad n = 2,3,\ldots \quad . \tag{11}$$

Из (11) и (10) следует, что, начиная с $n = 2$:

$$S_n - \overline{S}_n = S_n - S_{n-1} = (a_1 + a_2 + \cdots + a_{n-1} + a_n) - (a_1 + \cdots + a_{n-1}) = a_n.$$

Ясно, что такое соотношение выполняется и для $n = 1$: $S_1 - \overline{S}_1 = a_1 - 0 = a_1$. Таким образом, для всех $n = 1,2,\ldots$ выполнено

$$a_n = S_n - \overline{S}_n. \tag{12}$$

Поскольку последовательность чисел $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty} = \{0, S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$, а из (9) последовательность $\{S_n\}_{n=1}^{\infty} = \{S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$ имеет пределом число S, то это же число будет являться и пределом последовательности $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty}$:

$$\lim_{n\to\infty} \overline{S}_n = S. \qquad (13)$$

Тогда из (12), (9), (13) и свойств пределов вытекает:

$$\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty}\left(S_n - \overline{S}_n\right) = \lim_{n\to\infty} S_n - \lim_{n\to\infty} \overline{S}_n = S - S = 0,$$

что и требовалось доказать.

Из этой теоремы вытекает важное

Следствие (признак расходимости ряда). Если предел $\lim\limits_{n\to\infty} a_n$ общего члена ряда при $n \to \infty$ либо не существует, либо существует, но $\lim\limits_{n\to\infty} a_n \neq 0$, то ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} a_n$ расходится.

Таким образом, при выяснении вопроса о сходимости некоторого ряда $\sum\limits_{n=1}^{\infty} a_n$ следует (если это не сложно) проверить прежде всего выполнение необходимого условия сходимости : $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = 0$. Если оно не выполняется, то сразу можно сказать, что ряд расходится. А вот если выполняется, то без дополнительного исследования ничего о сходимости сказать нельзя и вопрос о сходимости-расходимости остается открытым. Стремление к нулю общего члена ряда является лишь необходимым условием сходимости. Например, ниже будет показано, что гармонический ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ оказывается расходящимся, однако нет сомнений в том, что для него $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{1}{n} = 0$. Таким образом, для сходимости ряда нужно, чтобы слагаемые не просто

стремились к нулю, а делали бы это «достаточно быстро».

Пример 7. Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{100000 \cdot n+1}$.

Решение. Общий член этого ряда $a_n = \frac{n}{100000n+1}$. Тогда $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty} \frac{n}{100000n+1} = \left\lfloor \frac{\infty}{\infty} \right\rfloor = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{100000+\frac{1}{n}} = \frac{1}{100000} \neq 0$. Поэтому, по приведенному выше следствию, исследуемый ряд расходится.

Большинство признаков сходимости рядов относятся к так называемым положительным рядам (члены которых неотрицательны).

1.2. Положительные ряды

Ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \ldots \qquad (1)$$

называется *положительным,* если все его члены неотрицательны: $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0, \ldots$. Сначала изучим так называемые признаки сравнения, которые требуют для исследования сходимости данного ряда строить некоторый вспомогательный ряд. Ниже сформулировано соответствующее утверждение, смысл которого достаточно прозрачен.

Теорема (признак сравнения рядов). Пусть имеется два положительных ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \quad , \qquad (2)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_n \,, \tag{3}$$

причем члены ряда (2) не превосходят соответствующих членов ряда (3):

$$a_n \le b_n \tag{4}$$

хотя бы начиная *с некоторого* номера *n*. Тогда

1) Если *сходится* ряд с большими членами (3), то *сходится* и ряд с меньшими членами (2).

2) Если *расходится* ряд с меньшими членами (2), то *расходится* и ряд с большими (3).

Рассмотрим примеры применения признака сравнения.

Пример 1. Доказать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2}. \tag{5}$$

Решение. Ряд (5) сравним с рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\,(n+1)}$, сходимость которого была доказана в предыдущем параграфе. В нашем примере ряд (2) имеет вид исследуемого ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2}$ (а потому $a_n = \frac{1}{(n+1)^2}$), а ряд для сравнения (3) имеет вид $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\,(n+1)}$ (а потому $b_n = \frac{1}{n(n+1)}$). Установим выполнение условия (4) для любого номера n: $a_n = \frac{1}{(n+1)^2} = \frac{1}{(n+1)\cdot(n+1)} \le \frac{1}{n\cdot(n+1)} = b_n$. Тогда по первому утверждению признака сравнения рядов исходный ряд (5) сходится.

Основные недостатки при практическом применении приведенного признака сравнения − это

- необходимость правильного подбора вспомогательного ряда, сходимость или расходимость которого известна;

- необходимость доказательства соответствующего неравенства между членами исследуемого и вспомогательного рядов.

Второго из этих недостатков лишен *признак сравнения в предельной форме*.

Теорема (признак сравнения в предельной форме). Пусть имеются два положительных ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ (ряды (2) и (3)), для которых выполняется:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{a_n}{b_n} = c, \text{ причем } c \neq 0 \text{ и } c \neq \infty. \qquad (6)$$

Тогда оба ряда сходятся или расходятся одновременно, т.е. если мы знаем о сходимости или расходимости одного из рядов (например, ряда (3)), то тот же вывод можно сделать и о втором ряде (ряде (2)).

Для применения признаков сравнения необходимо иметь так называемые *эталонные* ряды, про которые известно, сходятся они или расходятся, чтобы сравнивать с ними исследуемые ряды. Чаще всего в качестве таких рядов выступает геометрическая прогрессия, а также ряды вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}} = 1 + \frac{1}{2^{\alpha}} + \frac{1}{3^{\alpha}} + \ldots, \qquad (7)$$

про которые известно, что они сходятся при $\alpha > 1$ и расходятся при $\alpha \leq 1$ (это будет доказано ниже в примере 8). В частности, гармонический ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ расходится (это ряд вида (7) при $\alpha = 1$). Самый важный этап применения признаков сравнения – это правильный выбор эталонных вспомогательных рядов для сравнения с исследуемым рядом. При этом надо обеспечить либо нужное неравенство между слагаемыми двух рядов, либо обеспечить выполнение условия (6). Например, если мы хотим в качестве ряда сравнения выбрать ряд вида (7), то надо правильно выбрать значение параметра

α в (7), чтобы обеспечить выполнение условия (6). При неправильном выборе значения этого параметра значение c этого предела в (6) как раз и оказывается равным либо нулю, либо бесконечности, при которых предельный признак сравнения не работает. Ниже приводится один из возможных приемов выбора правильного значения параметра α при использовании для сравнения эталонного ряда вида (7).

Пример 2. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)} \ . \tag{8}$$

Решение. Для ряда (8) подберем для сравнения вспомогательный ряд вида (7) с таким значением параметра α, при которым окажется выполненным соотношение (6). В нашем примере ряд (2) есть исследуемый ряд (8), а ряд (3) есть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}}$, а потому общие члены этих рядов $a_n = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)}$, $b_n = \frac{1}{n^{\alpha}}$. Для выбора подходящего значения параметра α оценим поведение a_n, оставляя в числителе и знаменателе только старшие степени n, которые и определяют скорости роста числителя и знаменателя с ростом n. Далее значок $\sim$ можно перевести как «при $n \to \infty$ ведет себя так же, как». Итак,

$$a_n = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)} = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^4 + n^3} \ \sim \ \frac{n^3}{n^4} = \frac{1}{n} .$$

Поэтому если взять $b_n = \frac{1}{n}$, то окажется $a_n \ \sim \ b_n$, что обеспечит в дальнейшем выполнение условия (6). Поэтому проведем сравнение (в предельной форме) ряда (8) с гармоническим рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$, который, является рядом вида (7) при $\alpha = 1$, а потому расходится. Для проверки выполнения условия (6) вычислим предел:

$$\lim_{n\to\infty}\frac{a_n}{b_n}=\lim_{n\to\infty}\frac{\dfrac{3n^3+5n-7}{n^3(n+1)}}{\dfrac{1}{n}}=\lim_{n\to\infty}\frac{3n^4+5n^2-7n}{n^4+n^3}=\left\lfloor\frac{\infty}{\infty}\right\rfloor=\{\text{делим числитель и знаменатель}$$

на $n^4\}=\lim_{n\to\infty}\dfrac{3+\dfrac{5}{n^2}-\dfrac{7}{n^3}}{1+\dfrac{1}{n}}=3$. Поскольку число 3 – это не 0 и не ∞, то по признаку сравнения в предельной форме ряд (8) ведет себя (в смысле сходимости-расходимости) так же, как и гармонический. Но гармонический ряд – расходится, следовательно, ряд (8) тоже расходится.

Пример 3. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}\ . \qquad (9)$$

Решение. Опять сравним (в предельной форме) ряд (9) с рядом вида (7) с подходящим значением параметра α. Для его выбора опять оценим поведение общего члена $a_n=\dfrac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}$, оставляя в числителе и знаменателе только старшие степени n :

$$a_n=\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}\ \sim\ \frac{n}{\sqrt{n^5}}=\frac{n}{n^{\frac{5}{2}}}=\frac{1}{n^{\frac{3}{2}}}=\frac{1}{\sqrt{n^3}}=b_n\,.$$

Поэтому сравним (в предельной форме) ряд (9) с рядом $\sum_{n=1}^{\infty}\dfrac{1}{\sqrt{n^3}}=\sum_{n=1}^{\infty}\dfrac{1}{n^{\frac{3}{2}}}$. Этот ряд сходится, так как это ряд вида (7) при $\alpha=\dfrac{3}{2}>1$. В нашем примере ряд (2) есть ряд (9) (а потому $a_n=\dfrac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}$), а ряд (3) есть сходящийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\dfrac{1}{\sqrt{n^3}}$ (а потому $b_n=\dfrac{1}{\sqrt{n^3}}$) . Вычислим предел (6):

$$\lim_{n\to\infty}\frac{a_n}{b_n}=\lim_{n\to\infty}\frac{\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}}{\frac{1}{\sqrt{n^3}}}=\lim_{n\to\infty}\frac{n\cdot\sqrt{n^3}}{\sqrt{n^5+n+1}}=\lim_{n\to\infty}\frac{\sqrt{n^5}}{\sqrt{n^5+n+1}}=\lim_{n\to\infty}\sqrt{\frac{n^5}{n^5+n+1}}=\left\lfloor\frac{\infty}{\infty}\right\rfloor=$$

{делим числитель и знаменатель на n^5}$=\lim_{n\to\infty}\sqrt{\frac{1}{1+\frac{1}{n^4}+\frac{1}{n^5}}}=1$. Поскольку число 1 – это не 0 и не ∞, то по признаку сравнения в предельной форме ряд (9) ведет себя так же, как и сходящийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{n^3}}$. Поэтому ряд (9) тоже сходится.

Перейдем к другой группе признаков сходимости-расходимости положительных рядов. Их преимущество состоит в том, что для их применения не надо строить вспомогательные ряды, как это необходимо при применении признаков сравнения рядов.

Теорема (признак Даламбера). Пусть для положительного ряда $\sum_{n=1}^{\infty}a_n$ существует предел

$$\lim_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}=l. \qquad (10)$$

Тогда при $l>1$ ряд расходится, а при $l<1$ сходится.

В выражении (10): a_n – общий член исследуемого ряда, а выражение для a_{n+1} получается из выражения для a_n заменой в нем n на $(n+1)$. Доказательство признака Даламбера построено на сравнении ряда $\sum_{n=1}^{\infty}a_n$ со специально построенной сходящейся (в случае $l<1$) или расходящейся (в случае $l>1$) геометрической прогрессией. Оно достаточно формализовано, а потому мы его опускаем.

Большим недостатком признака Даламбера является то, что он не отвечает на вопрос о сходимости-расходимости в случае $l=1$ (что встречается достаточно часто) и тогда требуется дополнительное исследование. Например, такая ситуация возникает при исследовании гармонического ряда, да и вообще рядов вида $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}=1+\frac{1}{2^{\alpha}}+\frac{1}{3^{\alpha}}+\ldots$, сходимость которых в зависимости от значения параметра α обсуждалась выше.

Пример 4. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^{2n+1}}{n\cdot 3^{n}}\ . \qquad (11)$$

Решение. Общий член ряда (11) имеет вид $a_n=\frac{2^{2n+1}}{n\cdot 3^{n}}$. Тогда выражение для a_{n+1} имеет вид: $a_{n+1}=\frac{2^{2\cdot(n+1)+1}}{(n+1)\cdot 3^{n+1}}=\frac{2^{2n+3}}{(n+1)\cdot 3^{n+1}}$. Тогда их отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ равно : $\frac{a_{n+1}}{a_n}=\frac{2^{2n+3}}{(n+1)\cdot 3^{n+1}}:\frac{2^{2n+1}}{n\cdot 3^{n}}=\frac{2^{2n+3}\cdot n\cdot 3^{n}}{2^{2n+1}\cdot(n+1)\cdot 3^{n+1}}=\{$при делении степеней с одинаковым основанием показатели вычитаются$\}=\frac{2^{2}\cdot n}{(n+1)\cdot 3}=\frac{4n}{3n+3}$. Вычисляем предел (10):

$\lim\limits_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{4n}{3n+3}=\left\lfloor\frac{\infty}{\infty}\right\rfloor=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{4}{3+\frac{3}{n}}=\frac{4}{3}$. Итак, в (10) $l=\frac{4}{3}>1$, а потому по признаку Даламбера ряд (11) расходится.

Для дальнейших примеров напомним понятие *факториала* числа. Пусть n − натуральное число (т.е. целое положительное). Тогда *факториалом* этого числа (обозначается $n!$) называется произведение всех целых чисел от 1 до этого числа n :

$$n!=1\cdot 2\cdot 3\cdot\cdots\cdot n\ .$$

Например, $1!=1$, $2!=1\cdot 2=2$, $5!=1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5=120$. Факториалом числа ноль

называется число 1: $0!=1$.

Пример 5. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^{2n}}{(n+1)!} \quad . \tag{12}$$

Решение. Общий член ряда (12) имеет вид $a_n=\frac{2^{2n}}{(n+1)!}$. Тогда выражение для a_{n+1} имеет вид: $a_{n+1}=\frac{2^{2\cdot(n+1)}}{(n+2)!}=\frac{2^{2n+2}}{(n+2)!}$. Тогда их отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ равно :

$$\frac{a_{n+1}}{a_n}=\frac{2^{2n+2}}{(n+2)!}:\frac{2^{2n}}{(n+1)!}=\frac{2^{2n+2}\cdot(n+1)!}{2^{2n\backslash}\cdot(n+2)!}=\frac{2^{2n+2}}{2^{2n}}\cdot\frac{(n+1)!}{(n+2)!}=4\cdot\frac{1\cdot2\cdot\dots\cdot(n+1)}{1\cdot2\cdot\dots\cdot(n+1)\cdot(n+2)}=$$

$=\{$сокращаем в числителе и знаменателе $1\cdot2\cdot\dots\cdot(n+1)\}=\frac{4}{n+2}$. Вычисляем предел (10): $\lim\limits_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{4}{n+2}=0$. Итак, в (10) $l=0<1$, а потому по признаку Даламбера ряд (12) сходится.

Признак Даламбера удобно использовать для выяснения сходимости таких рядов, общие члены которых содержат степени (с постоянным основанием) и факториалы. В этом случае в выражении $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ многое сокращается (как это было видно на примерах), а само выражение оказывается достаточно простым для последующего вычисления предела $\lim\limits_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}$. В некоторых других случаях удобно использовать следующий ниже признак.

Теорема (радикальный признак Коши). Пусть для положительного ряда $\sum\limits_{n=1}^{\infty}a_n$ существует предел

$$\lim_{n\to\infty}\sqrt[n]{a_n}=l\,. \tag{13}$$

Тогда при $l>1$ ряд расходится, а при $l<1$ сходится.

Аналогичным недостатком этого признака является то, что он не отвечает на вопрос о сходимости в случае $l=1$ и тогда требуется дополнительное исследование.

Пример 6. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{n}{2n+1}\right)^n. \qquad (14)$$

Решение. Общий член ряда (14) имеет вид $a_n=\left(\frac{n}{2n+1}\right)^n$. Вычислим предел (13):

$\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{\left(\frac{n}{2n+1}\right)^n}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{n}{2n+1}=\left\lfloor\frac{\infty}{\infty}\right\rfloor=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{2+\frac{1}{n}}=\frac{1}{2}$. Итак, для предела (13) получилось $l=\frac{1}{2}<1$, а потому по радикальному признаку Коши ряд (14) сходится.

Пример 7. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^{n^2}}{2^n}. \qquad (15)$$

Решение. Общий член ряда (15) имеет вид $a_n=\frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^{n^2}}{2^n}$. Вычислим предел (13):

$\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{\frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^{n^2}}{2^n}}=\{$извлекаем корень из числителя и знаменателя$\}=$

$= \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{\left(\dfrac{n+1}{n}\right)^n}{2} = \dfrac{1}{2}\cdot \lim\limits_{n\to\infty}\left(1+\dfrac{1}{n}\right)^n = \{$полученный предел представляет собой как раз второй замечательный предел, определяющий знаменитое число $e = 2.718281828..\}= \dfrac{1}{2}\cdot e = \dfrac{e}{2}$ Итак, для предела (13) получилось $l = \dfrac{e}{2} > 1$, а потому по радикальному признаку Коши ряд (15) расходится.

Признак Коши удобно использовать для выяснения сходимости таких рядов, общий член которых a_n является *n*-ой степенью некоторого несложного выражения. В этом случае в выражении $\sqrt[n]{a_n}$ корень и степень «сокращаются», а полученное выражение оказывается достаточно простым для последующего вычисления предела (13). В некоторых более сложных случаях удобно использовать следующий ниже признак.

Теорема (интегральный признак Коши). Пусть для положительного ряда $\sum\limits_{n=m}^{\infty} a_n$ (индекс суммирования n может начинаться с любого целого числа m) существует такая положительная непрерывная и убывающая на $[m,+\infty)$ функция $f(x)$, что $a_n = f(n)$. Тогда для сходимости этого ряда необходимо и достаточно, чтобы сходился несобственный интеграл $\int\limits_m^{+\infty} f(x)\,dx$.

Для применения этого признака функция $f(x)$, фигурирующая в теореме, может быть построена следующим образом: в выражении для общего члена ряда a_n букву n заменяют на x.

Только этот признак из приведенных выше сможет ответить на вопрос о сходимости гармонического ряда и вообще рядов вида (7), что видно из следующего примера.

Пример 8. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}=1+\frac{1}{2^{\alpha}}+\frac{1}{3^{\alpha}}+\ldots \qquad (16)$$

в зависимости от величины параметра α.

Решение. Если $\alpha<0$, то общий член ряда $a_n=\dfrac{1}{n^{\alpha}}$ не стремится к нулю (он будет даже стремиться к бесконечности), а потому по сформулированному в предыдущем параграфе признаку расходимости ряда этот ряд расходится. Рассмотрим теперь числа $\alpha\geq 0$. Общий член ряда (16) имеет вид $a_n=\dfrac{1}{n^{\alpha}}$. Заменяя в этом выражении n на x, получим функцию $f(x)=\dfrac{1}{x^{\alpha}}$, для которой, очевидно, выполнено: $f(n)=a_n$. Проверим для нее выполнение условий интегрального признака Коши: функция $f(x)=\dfrac{1}{x^{\alpha}}$ должна быть положительной, непрерывной и убывающей на $[1,+\infty)$. Очевидно, все эти свойства выполняются в рассматриваемом случае $\alpha\geq 0$. Поэтому по интегральному признаку Коши сходимость ряда (16) совпадает со сходимостью несобственного интеграла $\int_1^{+\infty}\dfrac{dx}{x^{\alpha}}$. Как известно, этот интеграл сходится для всех $\alpha>1$ и расходится для $\alpha\leq 1$. Таким образом, как это и утверждалось выше, ряд вида (16) сходится для всех $\alpha>1$ и расходится для $\alpha\leq 1$.

Пример 9. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=2}^{\infty}\frac{1}{n\cdot\ln n} \quad . \qquad (17)$$

Решение. Суммирование начато с $n=2$, поскольку при $n=1$ общий член ряда $a_n=\dfrac{1}{n\cdot\ln n}$ не определён (деление на $\ln 1=0$). Общий член ряда (17) имеет

вид $a_n = \frac{1}{n \cdot \ln n}$. Заменяя в этом выражении n на x, получим функцию $f(x) = \frac{1}{x \cdot \ln x}$, для которой, очевидно, выполнено: $f(n) = a_n$. Далее, очевидно, что эта функция положительна, непрерывна и является убывающей на $[2,+\infty)$ (последнее следует из очевидного факта, что функция $x \cdot \ln x$ положительная и возрастающая). Поэтому по интегральному признаку Коши сходимость ряда (17) совпадает со сходимостью несобственного интеграла $\int_2^{+\infty} \frac{dx}{x \cdot \ln x}$. Исследуем этот интеграл на сходимость. Сходимость этого несобственного интеграла (по определению сходимости) зависит от того, будет ли существовать конечный предел

$$\lim_{b \to +\infty} \int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} \ . \qquad (18)$$

Вычислим значение интеграла под знаком предела методом замены переменной:

$$\int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} = \left[\begin{array}{c} t = \ln x \\ dt = d(\ln x) = (\ln x)' dx = \frac{1}{x} dx \Rightarrow \frac{dx}{x} = dt \\ \textit{нижний предел по переменной } t = \ln 2 \\ \textit{верхний предел по переменной } t = \ln b \end{array} \right] = \int_{\ln 2}^{\ln b} \frac{dt}{t} = \ln |t| \Big|_{\ln 2}^{\ln b} = \ln(\ln b) - \ln(\ln 2) .$$

Таким образом, предел в (18): $\lim_{b \to +\infty} \int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} = \lim_{b \to +\infty} [\ln(\ln b) - \ln(\ln 2)] = +\infty$. Поэтому по интегральному признаку Коши ряд (17) расходится.

Замечание. Легко теперь установить (по тому же интегральному признаку Коши), что «чуть исправленный» ряд $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln^2 n}$ уже сходится.

1.3. Знакочередующиеся ряды

Мы рассматривали признаки сходимости положительных рядов, все члены которых неотрицательны. Теперь мы будем допускать и отрицательные слагаемые, но для начала будем считать, что знаки слагаемых строго чередуются. *Знакочередующимся рядом* называется ряд, знаки слагаемых которого строго чередуются, начиная с положительного или отрицательного слагаемого. Поскольку число (-1) в четной степени равно 1, а в нечетной (-1), то такие ряды можно записать в форме

$$a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_n \qquad (1)$$

или

$$-a_1 + a_2 - a_3 + a_4 - \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n} a_n \,, \qquad (2)$$

причем в (1) и (2) уже считаем $a_n \geq 0$, так как знак слагаемых мы учли множителем $(-1)^{n+1}$ или $(-1)^{n}$. Эти множители попеременно принимают значения 1 и (−1), обеспечивая чередование знаков слагаемых рядов (1) и (2). Для обоснования сходимости таких рядов чаще всего используется так называемый *признак Лейбница*.

Теорема (признак Лейбница сходимости знакочередующихся рядов). Пусть для знакочередующегося ряда (1) или (2) выполнено:

1. Последовательность $\{a_n\}$ монотонно убывает, т.е. $a_1 \geq a_2 \geq a_3 \geq \cdots$.
2. $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = 0$.

Тогда исходный знакочередующийся ряд сходится.

Это только *достаточный* признак сходимости знакочередующихся рядов. Поэтому если для какого-либо знакочередующегося ряда условия признака не

выполнены, это не означает, что этот ряд обязательно расходится. Однако если условия выполнены, то ряд обязательно сходится. Впрочем, понятно, что второе-то условие ($\lim\limits_{n\to\infty} a_n = 0$) является необходимым для сходимости рядов вида (1) или (2), иначе общие члены этих рядов $(-1)^{n+1} a_n$ и $(-1)^n a_n$ не стремились бы к 0 тоже, а потому ряды бы оказались расходящимися (см. признак расходимости ряда в параграфе «Числовые ряды – основные понятия»).

Таким образом, справедливо следующее

*Утверждение (*достаточное условие расходимости знакочередующегося ряда). Если для знакочередующегося ряда (1) или (2)

$$\lim_{n\to\infty} a_n \quad \text{или не существует, или} \quad \lim_{n\to\infty} a_n \neq 0\,, \tag{3}$$

то он является расходящимся.

Пример 1. Попробуем через один поменять знаки слагаемых у гармонического ряда $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\ldots=\sum\limits_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$ (который, как выше было выяснено, расходится). Получим следующий знакочередующийся ряд: $1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\ldots=\sum\limits_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{n}$. Это знакочередующийся ряд вида (1), для которого $a_n=\frac{1}{n}$ и оба условия признака Лейбница, очевидно, выполняются. Действительно, очевидно, что последовательность $\{a_n\}=\left\{\frac{1}{n}\right\}$ убывает (с ростом номера *n*) и $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{n}=0$. Поэтому этот ряд (в отличие от гармонического) сходится.

Пример 2. Исследовать на сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\cdot n^2 = -1+4-9+16-25+\cdots \quad . \tag{4}$$

Решение. Это знакочередующийся ряд вида (2), у которого $a_n = n^2$. Очевидно $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty} n^2 = +\infty$, а потому выполнено условие (3) расходимости ряда. Итак, ряд (4) расходится.

Пример 3. Исследовать на сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n - \ln n} = -1 + \frac{1}{2 - \ln 2} - \frac{1}{3 - \ln 3} + \cdots \quad . \tag{5}$$

Решение. Покажем, что ряд (5) является знакочередующимся рядом $\sum\limits_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n$ с

$$a_n = \frac{1}{n - \ln n} \tag{6}$$

и к нему применим признак Лейбница. Для того, чтобы доказать, что ряд (5) является знакочередующимся, нужно показать, что в (6)

$$a_n \geq 0, \quad n = 1,2,\ldots \quad . \tag{7}$$

Затем, чтобы показать, что к ряду (5) применим признак Лейбница, нужно доказать, что

$$a_1 \geq a_2 \geq a_3 \geq \cdots \tag{8}$$

$$\lim_{n\to\infty} a_n = 0 \, . \tag{9}$$

Для доказательства свойств (7), (8) и (9) рассмотрим вспомогательную функцию

$$g(x) = x - \ln x \ , \quad x \in [1,+\infty) \quad . \tag{10}$$

Функция $g(x)$ в (10) это знаменатель в (6), где n заменено на x . Ясно, что

производная $g'(x)=(x-\ln x)'=1-\frac{1}{x}$, а потому $g'(x)\geq 0$ для всех $x\in[1,+\infty)$, что влечет возрастание функции $g(x)$ на $[1,+\infty)$. Но поскольку $g(1)=1-\ln 1=1-0=1>0$, то и для всех $x>1$ выполнено $g(x)>0$. Отсюда сразу следует справедливость (7) (так как в (6) числитель равен 1, а знаменатель больше нуля) и (8) (так как в (6) числитель не меняется, а знаменатель растет). Покажем выполнение свойства (9):

$$\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n-\ln n} = \lim_{n\to\infty} \frac{\frac{1}{n}}{1-\frac{\ln n}{n}} \quad . \tag{11}$$

Ясно, что в числителе $\frac{1}{n}\to 0$. Найдем предел выражения $\frac{\ln n}{n}$: $\lim\limits_{n\to\infty}\frac{\ln n}{n}=\left[\frac{\infty}{\infty}\right]=$\{применяем правило Лопиталя раскрытия неопределенностей в пределах\}$=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{(\ln n)'}{(n)'}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{\frac{1}{n}}{1}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{n}=0$. Итак, $\lim\limits_{n\to\infty}\frac{\ln n}{n}=0$, а потому из (11) следует $\lim\limits_{n\to\infty} a_n=\frac{0}{1-0}=0$, т.е. выполнение свойства (9). Таким образом, ряд (5) действительно является знакочередующимся рядом, к которому применим признак Лейбница, а потому ряд (5) сходится.

1.4. Знакопеременные ряды

Переходим теперь к изучению рядов с произвольным распределением знаков его слагаемых. Пусть дан ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \cdots \tag{1}$$

с произвольными по знаку слагаемыми $a_1, a_2, a_3, \ldots$. Опять нужно исследовать

его на сходимость. Поскольку большинство пройденных нами признаков сходимости-расходимости касались положительных рядов, то попробуем составить по данному ряду вспомогательный положительный ряд, для которого сможем применить эти признаки. Вспомогательный положительный ряд для ряда (1) построим так: положительные слагаемые оставим на месте, а у отрицательный поменяем знак. То же самое делает взятие модуля от числа (положительное число оставляет на месте, а у отрицательного поменяет знак), поэтому вспомогательный положительный ряд есть ряд, составленный из модулей слагаемых:

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n| = |a_1| + |a_2| + |a_3| + \cdots \quad . \qquad (2)$$

Допустим, что имеющимися признаками для положительных рядов мы узнали, сходится ряд (2) или расходится. Можно ли теперь ответить на вопрос о сходимости или расходимости исходного ряда (1)? Иногда да, а иногда нет. Поскольку справедлива следующая

Теорема. Если ряд (2) сходится, то сходится и ряд (1).

А вот если ряд из модулей (2) расходится, то о сходимости или расходимости ряда (1) ничего сказать нельзя. Может быть всякое.

В связи с этим для знакопеременного ряда (1) могут возникнуть только 3 взаимоисключающие ситуации.

1. Ряд (2) сходится. В этом случае (по теореме) сходится и ряд (1), который в этом случае называется *абсолютно сходящимся* рядом. Этим подчеркивается, что сходится не только этот ряд, но и ряд, составленный из абсолютных величин (т.е. модулей) слагаемых ряда.

2. Ряд (2) расходится, но, тем не менее, сам ряд (1) сходится. В этом случае ряд (1) называется *условно сходящимся рядом.* Этим подчеркивается, что

сходится только сам ряд, но ряд, составленный из абсолютных величин слагаемых ряда, расходится.

3. Исходный ряд (1) расходится. Конечно, расходится при этом и ряд из модулей (2) (т.к. если бы он сходился, то по теореме сходился бы и исходный ряд).

Поэтому, когда ставится вопрос об исследовании сходимости произвольного знакопеременного ряда, то ответом будет являться одно из: а) ряд сходится абсолютно; б) ряд сходится условно; в) ряд расходится.

Пример 1. Ряд $1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}$ сходится *условно*. Это следует из того, что сам ряд сходится (это было доказано в примере 1 предыдущего параграфа), а составленный из модулей ряд суть гармонический $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$, который расходится.

Пример 2. Ряд $1-\frac{1}{4}+\frac{1}{9}-\frac{1}{16}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n^2}$ сходится абсолютно. Это следует из того, что сходится составленный из модулей ряд $1+\frac{1}{4}+\frac{1}{9}+\frac{1}{16}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^2}$,

поскольку это ряд вида $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}=1+\frac{1}{2^{\alpha}}+\frac{1}{3^{\alpha}}+\ldots$ при $\alpha=2>1$ (см. пример 8 параграфа «Положительные ряды»).

Пример 3. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{\frac{n(n+1)}{2}}\cdot n=-1-2+3+4-5-6+7+8-\ldots$ расходится, так как общий член ряда, очевидно, не стремиться к 0.

Для исследования ряда на абсолютную сходимость может помочь следующая

Теорема (обобщенный признак Даламбера). Дан произвольный ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$. Пусть существует конечный или бесконечный предел $\lim_{n\to\infty}\frac{|b_{n+1}|}{|b_n|}=l$. Тогда при $l < 1$ ряд *абсолютно* сходится, а при $l > 1$ ряд расходится.

Этот признак может быть использован в дальнейшем и для исследования так называемых степенных рядов.

2. СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ

2.1. Функциональные ряды

Складывать можно не только бесконечно много чисел (т.е. составлять числовые ряды), но и бесконечно много функций. Пусть $u_1(x)$, $u_2(x)$, $u_3(x)$, … − бесконечный набор некоторых функций. Выражение вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \ldots \qquad (1)$$

называется *функциональным рядом.* Если в каждую из этих функций подставить одно и то же конкретное (допустимое) значение x и вычислить ее значение, затем подставить в функциональный ряд (1), то он перейдет в числовой ряд. При подстановке некоторых числовых значений x получающийся числовой ряд может оказаться сходящимся, а некоторых − расходящимся.

Областью сходимости функционального ряда (1) называется множество всех чисел *x*, при подстановке которых в этот ряд получается сходящийся числовой ряд.

Пусть D − область сходимости ряда (1). Тогда для всех x из D ряд (1) сходится, а потому имеет некоторое число S в качестве своей суммы. При разных x сумма ряда S может быть различной, а потому сумма ряда является некоторой *функцией* от x: $S = S(x)$. Тогда можно записать, что для всех x из D:

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \ldots = S(x). \qquad (2)$$

Пример 1. Найти область сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^x} = 1 + \frac{1}{2^x} + \frac{1}{3^x} + \ldots \quad . \qquad (3)$$

Решение. Ряд (3) это функциональный ряд вида (1) при $u_n(x) = \frac{1}{n^x}$. Нужно выяснить, при подстановке каких числовых значений x в (3) получается сходящийся числовой ряд. Ранее (в параграфе «Положительные ряды», пример 8) мы уже рассматривали подобные числовые ряды вида $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^\alpha} = 1 + \frac{1}{2^\alpha} + \frac{1}{3^\alpha} + \ldots$ и выяснили, что они сходятся только при условии $\alpha > 1$. Отсюда следует, что и ряд (3) сходится только при $x > 1$. Поэтому областью сходимости D данного ряда является интервал $(1, +\infty)$.

Пример 2. Найти область сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots \qquad (4)$$

и выражение для суммы этого ряда $S = S(x)$.

Решение. При подстановке любого числа x в (4) получается, как легко видеть, геометрическая прогрессия с первым членом 1 и со знаменателем прогрессии $q = x$. В параграфе 1.1 мы уже рассматривали условия сходимости

геометрической прогрессии и получили, что она сходится только при условии $|q|<1$. Поэтому *областью сходимости ряда* (4) *является интервал* $(-1, 1)$, а для всех x из этого интервала сумма ряда (по формуле суммы бесконечной убывающей геометрической прогрессии – формула (6) в параграфе 1.1) равна : $S(x)=\frac{1}{1-x}$. Таким образом,

$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots = \frac{1}{1-x} \quad \text{для всех} \quad x \in (-1,1). \qquad (5)$$

2.2. Степенные ряды – основные понятия

Более подробно рассмотрим специальные функциональные ряды $\sum_{n=0}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \ldots$, для которых слагаемые $u_n(x)$ имеют вид: $u_n(x) = a_n(x - x_0)^n$, где x_0 – некоторое число, а $\{a_n\}$ – некоторая заданная последовательность чисел. Итак, *степенным рядом* с центром в точке x_0 называется функциональный ряд вида

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n(x-x_0)^n = a_0 + a_1(x-x_0) + a_2(x-x_0)^2 + a_3(x-x_0)^3 \ldots \quad . \qquad (1)$$

Числа $a_0, a_1, a_2 \ldots$ называются *коэффициентами* степенного ряда.

Пример 1. Функциональный ряд

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(x+5)^n}{n+1} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n+1} \cdot (x+5)^n = 1 + \frac{1}{2}(x+5) + \frac{1}{3}(x+5)^2 + \ldots .$$

является степенным рядом с центром в точке $x_0 = -5$, а его коэффициенты $a_n = \frac{1}{n+1}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$.

Проще всего выглядит степенной ряд (1) с центром в нуле, т.е. когда $x_0 = 0$:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \ldots \quad . \qquad (2)$$

Этот ряд можно рассматривать как многочлен бесконечной степени. Ряд (1) с переменной x всегда можно свести к ряду (2), сделав в нем замену переменной $y = x - x_0$. Тогда получится ряд вида (2) с переменной *y*.

Степенной ряд (1) всегда имеет непустую область сходимости, так как *число* x_0 (для ряда (2) это число 0) *всегда входит в эту область*, поскольку при $x = x_0$ степенной ряд (1) обрывается на первом слагаемом (остальные слагаемые зануляются), а потому сходится и сумма его равна a_0 .

Область сходимости степенного ряда (1) имеет специфическую структуру – это либо только одна точка x_0, либо некоторый интервал с центром в этой точке (концы интервала могут входить или не входить в эту область), либо вся числовая прямая (которая, при желании, может тоже рассматриваться как *бесконечный* интервал с центром в точке x_0). А именно, справедлива следующая

Теорема (об области сходимости степенного ряда). Областью сходимости степенного ряда (1) является либо одно число x_0, либо вся числовая прямая, либо интервал вида $(x_0 - R,\ x_0 + R)$ и, возможно, одна или обе концевых точки этого интервала.

Интервал $(x_0 - R,\ x_0 + R)$, фигурирующий в теореме, называется *интервалом сходимости* степенного ряда (1), а число R называется *радиусом сходимости* этого ряда. Для всех значений x внутри интервала сходимости степенной ряд (1) сходится *абсолютно*. Для ряда (2) (случай $x_0 = 0$) интервал

сходимости имеет вид $(-R,\ R)$.

Радиус сходимости может быть вычислен по одной из следующих формул:

$$R = \lim_{n\to\infty} \frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} \tag{3}$$

или

$$R = \frac{1}{\lim\limits_{n\to\infty} \sqrt[n]{|a_n|}}, \tag{4}$$

если, конечно, соответствующие пределы существуют. Доказательство теоремы, а также формула (3) для радиуса сходимости могут быть получены несложными рассуждениями из обобщенного признака Даламбера, приведенного в конце параграфа 1.4, но здесь мы на этом останавливаться не будем.

Если по (3) или (4) получается $R = 0$, то область сходимости состоит только из одной точки x_0. Если же $R = \infty$, то областью сходимости является вся числовая прямая.

Для нахождения области сходимости произвольного степенного ряда $\sum\limits_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n$ применяется *следующая схема*.

1) Находим интервал сходимости ряда $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. Для этого либо вычисляется радиус сходимости R по приведенным выше формулам (3) или (4), либо напрямую применяется обобщенный признак Даламбера, приведенный в конце параграфа 1.4. Этот признак удобнее применять тогда, когда в степенном ряде бесконечно много коэффициентов $\{a_n\}$ обращаются в 0, а потому вычисление радиуса сходимости по формуле (3) или (4) невозможно. Это происходит, например тогда, когда ряд содержит только четные (либо только

нечетные) степени $(x-x_0)$, это означает, что в (1) все коэффициенты a_n при нечетных (соответственно, четных) показателях степени $(x-x_0)^n$ обращаются в ноль.

2) Проверяем принадлежность концевых точек интервала сходимости (x_0-R) и (x_0+R) области сходимости. Для этого подставляем каждое из этих чисел в исходный степенной ряд (вместо x) и исследуем на сходимость получившийся числовой ряд. Если ряд оказался сходящимся, то проверяемая граница интервала сходимости принадлежит области сходимости, а если нет, то нет.

3) Выписываем область сходимости как интервал сходимости с возможным включением его концевых точек (в зависимости от результатов пункта 2).

Пример 2. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(x+5)^n}{n\cdot 4^n}. \qquad (5)$$

Решение. Поскольку $\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(x+5)^n}{n\cdot 4^n}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n\cdot 4^n}\cdot(x+5)^n$, то ряд (5) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0=-5$ и коэффициентами $a_n=\frac{(-1)^n}{n\cdot 4^n}$.

Согласно приведенной выше схеме нахождения области сходимости степенного ряда, сначала вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере

$$|a_n|=\left|\frac{(-1)^n}{n\cdot 4^n}\right|=\frac{|(-1)^n|}{|n\cdot 4^n|}=\frac{1}{n\cdot 4^n}, \qquad (6)$$

поскольку $(-1)^n$ при любом натуральном числе n принимает значение либо 1, либо (-1), а выражение $n\cdot 4^n$ всегда положительно. Подставляя в (6) выражение $(n+1)$ вместо n, получим выражение для $|a_{n+1}|:|a_{n+1}|=\frac{1}{(n+1)\cdot 4^{n+1}}$. Тогда по

формуле (3) радиус сходимости

$$R = \lim_{n\to\infty}\frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim_{n\to\infty}\left(\frac{1}{n\cdot 4^n} : \frac{1}{(n+1)\cdot 4^{n+1}}\right) = \lim_{n\to\infty}\frac{(n+1)\cdot 4^{n+1}}{n\cdot 4^n} = \lim_{n\to\infty}\frac{(n+1)\cdot 4}{n} =$$

$$= \lim_{n\to\infty}\frac{4n+4}{n} = \lim_{n\to\infty}\left(4+\frac{4}{n}\right) = 4\,.$$

Таким образом, $R = 4$. Поэтому интервалом сходимости $(x_0 - R,\ x_0 + R)$ будет в данном случае интервал $(-9,-1)$. Область сходимости состоит из точек этого интервала и, возможно, одной или обеих граничных точек этого интервала (-1) и (-9). Проверим эти точки на принадлежность области сходимости ряда (5). Для этого (по определению области сходимости ряда) будем подставлять эти числа вместо x в (5) и выяснять, будет ли получающийся при этом числовой ряд сходящимся или расходящимся.

Рассмотрим сначала $x = -1$. Подставляя $x = -1$ в ряд (5) получим числовой ряд: $\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{4^n}{n\cdot 4^n} = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{n} = 1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\ldots$. Этот знакочередующийся ряд уже был рассмотрен в параграфе 1.3 (пример 1) и по признаку Лейбница было доказано, что он сходится. Поэтому число $x = -1$ будет включаться в область сходимости ряда (5).

Рассмотрим другую граничную точку интервала сходимости $x = -9$. Подставляя $x = -9$ в ряд (5) получим числовой ряд: $\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-4)^n}{n\cdot 4^n}$. Упростим выражение для общего члена полученного ряда:

$$\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-4)^n}{n\cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-1\cdot 4)^n}{n\cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-1)^n\cdot 4^n}{n\cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty}(-1)^{2n}\cdot\frac{1}{n} = \sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{n}\quad .$$

При этом выводе мы воспользовались тем, что (-1) в четной степени $2n$ всегда дает 1. Полученный *гармонический* ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n} = 1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\ldots$, как

неоднократно было заявлено, расходится. Поэтому число $x = -9$ не будет включаться в область сходимости ряда (5). Таким образом, областью сходимости ряда (5) является полуинтервал $(-9, 1]$.

Пример 3. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} n!\, x^n . \qquad (7)$$

Решение. Ряд (7) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = 0$ (т.е. ряд вида (2)) и коэффициентами $a_n = n!$. Согласно приведенной выше схеме нахождения области сходимости степенного ряда, сначала вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере $|a_n| = |n!| = n!$, а потому $|a_{n+1}| = (n+1)!$. Тогда по формуле (3) радиус сходимости $R = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{n!}{(n+1)!} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n}{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n\cdot (n+1)} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{1}{n+1} = 0$. Таким образом, радиус сходимости $R = 0$. В этом случае (как выше сказано) область сходимости состоит из единственной точки $x_0 = 0$.

Пример 4. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} . \qquad (8)$$

Решение. Ряд (8) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = 0$ (т.е. опять ряд вида (2)) и коэффициентами $a_n = \dfrac{1}{n!}$. Вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере $|a_n| = \left|\dfrac{1}{n!}\right| = \dfrac{1}{n!}$, а потому $|a_{n+1}| = \dfrac{1}{(n+1)!}$. Тогда по формуле (3) радиус сходимости $R = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{(n+1)!}{n!} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n\cdot (n+1)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n} = \lim\limits_{n\to\infty} (n+1) = \infty$. Таким образом, радиус сходимости $R = \infty$. В этом случае (как выше сказано) областью

сходимости является вся числовая прямая $(-\infty,+\infty)$.

2.3. Свойства суммы степенного ряда

Рассмотрим теперь свойства функции $S(x)$, являющейся суммой степенного ряда (1) в предыдущем параграфе и определенной на его области сходимости:

$$S(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n(x-x_0)^n=a_0+a_1(x-x_0)+a_2(x-x_0)^2+a_3(x-x_0)^3\ldots \qquad (1)$$

Теорема (о почленном дифференцировании и интегрировании степенного ряда). Сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является непрерывной функцией на интервале сходимости $(x_0-R,\ x_0+R)$. Внутри этого интервала степенной ряд можно почленно дифференцировать и брать неопределенный интеграл. Получающиеся при этом степенные ряды *имеют тот же радиус сходимости*, что и исходный степенной ряд.

Утверждение о возможности почленного дифференцирования и интегрирования степенного ряда означают справедливость следующих формул:

$$S'(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\left[a_n(x-x_0)^n\right]'=\sum_{n=0}^{\infty}a_n\cdot n\cdot(x-x_0)^{n-1}=$$

$$=a_1+2a_2(x-x_0)+3a_3(x-x_0)^2+\cdots \qquad (2)$$

$$\int S(x)dx=\sum_{n=0}^{\infty}a_n\int(x-x_0)^n dx=C+\sum_{n=0}^{\infty}\frac{a_n}{n+1}(x-x_0)^{n+1}=$$

$$=C+a_0(x-x_0)+\frac{a_1}{2}(x-x_0)^2+\frac{a_2}{3}(x-x_0)^3+\frac{a_3}{4}(x-x_0)^4+\ldots \qquad (3)$$

Произвольная постоянная C возникла, как и должно быть, при

вычислении неопределенного интеграла, только здесь ее удобно записать в начале, а не в конце.

По утверждению теоремы сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является дифференцируемой (т.е. имеющей производную) функцией на интервале сходимости $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. После вычисления ее производной по формуле (2) эта производная $S'(x)$ опять представляется суммой степенного ряда $S'(x) = a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \cdots$ с тем же интервалом сходимости $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. А потому от функции $S'(x)$ опять можно вычислять производную (будет получаться уже вторая производная $S''(x)$), которая опять будет представляться степенным рядом на интервале $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. И так далее. Отсюда вытекает важное следствие.

Следствие. Сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является бесконечно дифференцируемой (т.е. имеет производные любого порядка) функцией на интервале сходимости этого ряда $(x_0 - R,\ x_0 + R)$.

С помощью приведенной выше теоремы можно находить области сходимости и (что наиболее важно) формулы для сумм некоторых степенных (или числовых) рядов. Для этого с помощью интегрирования или дифференцирования исследуемых рядов получают степенной ряд с известной суммой (например, геометрическую прогрессию), т.е. получают формульное выражение для производной или интеграла от искомой суммы $S(x)$, а затем по этому выражению восстанавливают и саму функцию $S(x)$.

Пример 1. Найти интервал сходимости и сумму степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot x^n = 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + \ldots \quad . \tag{4}$$

Решение. Обозначим через $S(x)$ сумму этого ряда, пусть R – его радиус

сходимости. Тогда выполнено: $S(x)=\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot x^n=1+2x+3x^2+4x^3+\ldots$ для всех точек из интервала сходимости $x\in(R,R)$. Тогда по формуле (3):

$$\int S(x)dx=\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\int x^n dx=C+\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot\frac{1}{n+1}\cdot x^{n+1}=C+\sum_{n=0}^{\infty}x^{n+1}. \qquad (5)$$

Степенной ряд в правой части (5) $\sum_{n=0}^{\infty}x^{n+1}=x+x^2+x^3+\cdots$ при каждом числе x представляет собой геометрическую прогрессию с первым членом x и знаменателем прогрессии $q=x$. В параграфе 1.1 мы уже рассматривали условия сходимости геометрической прогрессии и получили, что она сходится только при условии $|q|<1$. Поэтому областью сходимости ряда $\sum_{n=0}^{\infty}x^{n+1}$ является интервал $(-1,1)$, а для всех x из этого интервала сумма ряда (по формуле суммы бесконечной убывающей геометрической прогрессии – формула (6) в параграфе 1.1) равна $\frac{x}{1-x}$. Таким образом, по приведенной выше теореме о почленном дифференцировании и интегрировании степенного ряда интервал сходимости исходного ряда (4) тоже $(-1,1)$. Подставляя $\frac{x}{1-x}$ в правую часть (5), получаем $\int S(x)dx=\frac{x}{1-x}+C$. Отсюда следует, что функция $\frac{x}{1-x}$ является одной из первообразных для $S(x)$, а потому $S(x)=\left(\frac{x}{1-x}\right)'=\frac{(x)'\cdot(1-x)-(1-x)'\cdot x}{(1-x)^2}=\frac{1}{(1-x)^2}$. Итак, мы нашли выражение для суммы степенного ряда (4):

$$\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot x^n=1+2x+3x^2+4x^3+\ldots=\frac{1}{(1-x)^2},\qquad x\in(-1,1). \qquad (6)$$

Пример 2. Найти сумму числового ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{0.3^{n+1}}{n+1}=0.3+\frac{0.3^2}{2}+\frac{0.3^3}{3}+\cdots \quad . \tag{7}$$

Решение. Рассмотрим вспомогательный степенной ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{x^{n+1}}{n+1}$, сумму которого обозначим $S(x)$:

$$S(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^{n+1}}{n+1}=x+\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{3}+\cdots \quad . \tag{8}$$

Найдем формулу для $S(x)$, а тогда $S(0.3)$ даст нам искомую сумму ряда (8). Вычислим производную функции $S(x)$ в (8), используя формулу (2) почленного дифференцирования ряда:

$$S'(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\left[\frac{x^{n+1}}{n+1}\right]'=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(n+1)x^n}{n+1}=\sum_{n=0}^{\infty}x^n=1+x+x^2+x^3+\cdots . \tag{9}$$

Для степенного ряда в правой части (9) мы уже находили сумму и область сходимости (см. параграф 2.1, формула (5)): $1+x+x^2+x^3\ldots \;=\frac{1}{1-x}$ для всех $x\in(-1,1)$. Поэтому из (9) получаем, что $S'(x)=\frac{1}{1-x}$ для $x\in(-1,1)$. Таким образом, функция $S(x)$ оказывается одной из первообразных функции $\frac{1}{1-x}$. Найдем множество всех первообразных этой функции (т.е. неопределенный интеграл от нее), а затем среди них найдем и $S(x)$: $S(x)=\int\frac{1}{1-x}dx=-\int\frac{d(1-x)}{1-x}=-\ln|1-x|+C$. Таким образом, получили, что для $x\in(-1,1)$:

$$S(x)=-\ln|1-x|+C \tag{10}$$

при некотором значении произвольной постоянной C. Найдем это значение C. Из (8) следует, что значение функции $S(x)$ при $x=0$ будет

$S(0) = 0 + \frac{0^2}{2} + \frac{0^3}{3} + \cdots = 0 + 0 + 0 + \cdots = 0$. Таким образом, $S(0) = 0$, а потому из (10): $0 = -\ln|1-0| + C$, откуда $C = 0$. Поэтому из (10) получаем, что $S(x) = -\ln|1-x|$ для всех $x \in (-1,\ 1)$. А потому $S(0.3) = -\ln|1-0.3| = -\ln 0.7$. Итак, $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{0.3^{n+1}}{n+1} = 0.3 + \frac{0.3^2}{2} + \frac{0.3^3}{3} + \cdots = -\ln 0.7 \approx 0.35$.

2.4. Разложение функций в степенные ряды

Используя формулу для суммы бесконечно убывающей геометрической прогрессии, мы в параграфе 2.1 (формула (5)) получили, что сумма степенного ряда $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots = \frac{1}{1-x}$ для всех $x \in (-1, 1)$. Если теперь поменять местами левую и правую часть этого равенства, то получится, что выполнено равенство

$$\frac{1}{1-x} = \sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots \text{ для всех } x \in (-1,\ 1). \qquad (1)$$

Это означает, что функция $f(x) = \frac{1}{1-x}$ представлена на интервале $(-1,\ 1)$ в виде сходящегося степенного ряда. А для каких еще функций возможно такое представление? И как его найти?

Введем следующее определение. Будем говорить, что функция $f(x)$ *разлагается в степенной ряд* с центром в x_0 на интервале $(x_0 - R, x_0 + R)$, если для всех x из этого интервала справедливо равенство

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n = a_0 + a_1 (x - x_0) + a_2 (x - x_0)^2 + a_3 (x - x_0)^3 \ldots \quad . \qquad (2)$$

Теперь заданные выше вопросы можно переформулировать следующим образом. Какие функции разлагаются в степенные ряды с центром в некоторой

точке x_0 и (если разложение возможно) как найти коэффициенты a_0, a_1, a_2, … этого разложения?

В предыдущем параграфе было сформулировано следствие о том, что сумма степенного ряда является бесконечно дифференцируемой функцией на интервале сходимости ряда. Поэтому разлагаться в степенной ряд могут только функции, имеющие производные любого порядка (да и то не все!). Пусть некоторая функция $f(x)$ имеет производные *любого* порядка в некоторой окрестности точки x_0. Найдем значения самой функции и всех ее производных (по предположению они существуют!) в этой точке : $f(x_0)$, $f'(x_0)$, $f''(x_0)$, ..., $f^{(n)}(x_0)$, ... Теперь, используя эти числа, составим следующий степенной ряд:

$$f(x_0)+\frac{f'(x_0)}{1!}(x-x_0)+\frac{f''(x_0)}{2!}(x-x_0)^2+...+\frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n+... =$$

$$=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n \ . \qquad (3)$$

Этот ряд называется *рядом Тейлора* функции $f(x)$ с центром в точке x_0. Таким образом, каждой бесконечно дифференцируемой в окрестности точки x_0 функции можно поставить в соответствие некоторый степенной ряд − ее ряд Тейлора. Оказывается, что уж *если функция разлагается в окрестности некоторой точки в какой-либо степенной ряд, то этот ряд может быть только рядом Тейлора этой функции*. Об этом говорит следующая теорема.

Теорема (о единственности разложения в степенной ряд). Пусть функция $f(x)$ разлагается в окрестности точки x_0 в степенной ряд:

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n(x-x_0)^n=a_0+a_1(x-x_0)+a_2(x-x_0)^2+a_3(x-x_0)^3\dots \ . \qquad (4)$$

Тогда она бесконечно дифференцируема в окрестности этой точки и

$$a_0 = f(x_0),\ \ a_1 = \frac{f'(x_0)}{1!},\ \ a_2 = \frac{f''(x_0)}{2!},\ \ \dots\ ,\ \ a_n = \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!},\ \ \dots\ . \qquad (5)$$

Доказательство. Бесконечная дифференцируемость функции $f(x)$, являющейся суммой степенного ряда, уже отмечалась в предыдущем параграфе. Подставив в правую и левую части равенства (4) $x = x_0$, получим первую из формул в (5). Дифференцируя почленно степенной ряд в (4) (а это можно делать с суммой степенного ряда!), получим $f'(x) = a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \cdots$. Снова подставляя в это равенство $x = x_0$, получим вторую из формул в (5). Снова дифференцируя это равенство и подставляя $x = x_0$, получим третью формулу в (5). И так далее, что завершает доказательство теоремы.

Формулы (5) и дают ответ на вопрос о способе нахождения коэффициентов a_0, a_1, a_2, … разложения функции $f(x)$ в степенной ряд (коли такое разложение вообще возможно). Теперь ответим на вопрос о том, для каких функций гарантирована возможность такого разложения.

Теорема (о разложении). Если функция $f(x)$ бесконечно дифференцируема в некотором интервале $(x_0 - R, x_0 + R)$ и ее производные всех порядков ограничены на этом интервале одним и тем же числом (т.е. в формальной записи $\exists M\ \ \forall n\ \ \forall x \in (x_0 - R, x_0 + R) : |\, f^{(n)}(x) | < M$), то она разлагается в свой ряд Тейлора на этом интервале, т.е. для всех $x \in (x_0 - R, x_0 + R)$ имеет место представление:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x - x_0)^n =$$

$$= f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!}(x - x_0)^3 + \dots \qquad (6)$$

Особенно просто ряд Тейлора (3) для функции $f(x)$ выглядит при $x_0 = 0$:

$$f(0)+\frac{f'(0)}{1!}x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\ldots+\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n.$$

В этом случае ряд Тейлора называется *рядом Маклорена* для функции $f(x)$. Учитывая (6), находим вид разложения функции в ряд Маклорена ($x_0=0$):

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n=f(0)+\frac{f'(0)}{1!}x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\frac{f'''(0)}{3!}x^3+\ldots+\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n+\ldots\ . \qquad (7)$$

Согласно приведенной выше теореме о разложении, представление (7) функции $f(x)$ в виде ряда Маклорена имеет место на любом интервале вида $(-R,R)$, если только функция $f(x)$ бесконечно дифференцируема в интервале $(-R,R)$ и ее производные всех порядков ограничены на этом интервале одним и тем же числом .

Разложение функций в ряд Маклорена применяется значительно чаще, поскольку представляет собой удобное для приложений разложение функции по степеням x (т.е. представляет собой многочлен «бесконечной степени»). Найдем разложения в ряд Маклорена некоторых основных элементарных функций.

2.5. Разложения элементарных функций в ряды Маклорена

В этом параграфе мы, используя вид разложения функции в ряд Маклорена

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n=f(0)+\frac{f'(0)}{1!}x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\frac{f'''(0)}{3!}x^3+\ldots+\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n+\ldots\ , \qquad (1)$$

найдем разложение по степеням x некоторых элементарных функций.

1. Пусть $f(x)=e^x$. Тогда, очевидно, $f'(x)=f''(x)=f'''(x)=\cdots=f^{(n)}(x)=\cdots=e^x$. Поэтому на *любом* конкретном интервале $(-R,R)$ эти производные ограничены одним и тем же числом (например, числом $M=e^R$) и

$f'(0)=f''(0)=f'''(0)=\cdots=f^{(n)}(0)=\cdots=e^0=1$. Поэтому условия теоремы о разложении выполняются на *любом* интервале $(-R,R)$, а потому, согласно (1), для всех $x\in(-\infty,+\infty)$:

$$e^x=1+\frac{x}{1!}+\frac{x^2}{2!}+\ldots+\frac{x^n}{n!}+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{n!} \quad . \tag{2}$$

2. Рассмотрим $f(x)=\sin x$. Тогда $f'(x)=(\sin x)'=\cos x$, $f''(x)=(\cos x)'=-\sin x$, $f'''(x)=(-\sin x)'=-\cos x$, $f''''(x)=(-\cos x)'=-\sin x$. Поскольку опять получилась функция $f(x)=\sin x$, то дальнейшие производные будут повторять те, что мы уже нашли. Поэтому все производные ограничены на всей числовой прямой (например, числом *1*, как все синусы и косинусы) и условия теоремы о разложимости в степенной ряд на всей числовой прямой выполнены. Далее, $f(0)=\sin 0=0$, $f'(0)=\cos 0=1$, $f''(0)=-\sin 0=0$, $f'''(0)=-\cos 0=-1$, $f''''(0)=-\sin 0=0$ и далее все циклически повторяется. Поэтому разложение (1) будет содержать только нечетные степени x:

$$\sin x=x-\frac{x^3}{3!}+\frac{x^5}{5!}-\frac{x^7}{7!}+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!} \tag{3}$$

для всех $x\in(-\infty,+\infty)$.

3. Рассмотрим $f(x)=\cos x$. Тогда можно получить разложение в ряд Маклорена тем же путем, что для $f(x)=\sin x$. Но мы сделаем это проще, если учтем полученное разложение (3) для $f(x)=\sin x$ и то, что $\cos x=(\sin x)'$. Дифференцируя (т.е. беря производную) почленно правую и левую части равенства (3), получим, учитывая возможность почленного дифференцирования степенных рядов внутри их интервала сходимости,

$$\cos x=1-\frac{3x^2}{3!}+\frac{4x^3}{4!}-\frac{7x^7}{6!}+\ldots=1-\frac{x^2}{2!}+\frac{x^4}{4!}-\frac{x^6}{6!}+\ldots \ .$$

Таким образом, для всех $x\in(-\infty,+\infty)$:

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} x^{2n} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \ldots \ . \qquad (4)$$

4. Рассмотрим $f(x) = \ln(1+x)$. Тогда, интегрируя почленно полученное ранее разложение $\frac{1}{1-x} = \sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots$, можно получить

$$\ln(1+x) = C + x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^5}{5} + \ldots = C + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^n \qquad (5)$$

для всех $x \in (-1, 1)$. Произвольная постоянная C появилась, как обычно, после вычисления неопределенного интеграла. Найдем ее значение. Для этого подставим в (5) $x = 0$: $\ln 1 = C$, т.е. $C = 0$. Поэтому из (5) получаем:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^n, \quad x \in (-1, 1). \qquad (6)$$

5. Рассмотрим $f(x) = (1+x)^{\alpha}$, где α – любое действительное число. Тогда, вычисляя значения производных в нуле, из (1) можно (хотя чуть более громоздко, чем в предыдущих примерах) получить:

$$(1+x)^{\alpha} = 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2!} x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{3!} x^3 + \ldots + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)\ldots(\alpha-(n-1))}{n!} x^n + \ldots \qquad (7)$$

для всех $x \in (-1, 1)$. Например, при $\alpha = \frac{1}{2}$ получаем разложение для квадратного корня:

$$\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \ldots \quad \text{для всех } x \in (-1, 1). \qquad (8)$$

С помощью приведенных выше разложений для основных элементарных можно находить разложения по степеням x более сложных функций.

Пример1. Разложить по степеням x (т.е. в ряд Маклорена) функцию

$f(x) = x \cdot \ln(1 + x^2)$.

Решение. Заменяя в правой и левой части (6) x на x^2, получим

$$\ln(1 + x^2) = x^2 - \frac{x^4}{2} + \frac{x^6}{3} - \frac{x^8}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^{2n}, \quad x \in (-1, 1).$$

Умножая обе части этого равенства на x, получаем

$$x \cdot \ln(1 + x^2) = x^3 - \frac{x^5}{2} + \frac{x^7}{3} - \frac{x^9}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^{2n+1}, \quad x \in (-1, 1).$$

Пример2. Разложить по степеням x функцию $f(x) = \sin^2 x$.

Решение. Применяя формулу понижения степени, получаем

$$f(x) = \sin^2 x = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos 2x). \tag{9}$$

Подставляя $2x$ вместо x в разложение (4) для косинуса, последовательно для (9) получаем:

$$\cos 2x = = 1 - \frac{2^2 \cdot x^2}{2!} + \frac{2^4 \cdot x^4}{4!} - \frac{2^6 \cdot x^6}{6!} + \ldots,$$

$$1 - \cos 2x = \frac{2^2 \cdot x^2}{2!} - \frac{2^4 \cdot x^4}{4!} + \frac{2^6 \cdot x^6}{6!} - \ldots,$$

$$\sin^2 x = \frac{2}{2!} \cdot x^2 - \frac{2^3}{4!} \cdot x^4 + \frac{2^5}{6!} \cdot x^6 - \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n-1}}{(2n)!} \cdot x^{2n}, \qquad x \in (-\infty, +\infty).$$

Пример3. Разложить по степеням $\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$ функцию $f(x) = \sin 2x$.

Решение. Введем новую переменную

$$y = x + \frac{\pi}{2} \tag{10}$$

и выразим $\sin 2x$ через y. Из (10) следует $x = y - \frac{\pi}{2}$, а потому

$\sin 2x = \sin 2\left(y - \frac{\pi}{2} \right) = \sin(2y - \pi) =$ {пользуемся нечетностью синуса} $= -\sin(\pi - 2y) =$

={пользуемся формулой приведения $\sin(\pi - \alpha) = \sin\alpha$ } $= -\sin 2y =$ {в разложение синуса (3) по степеням x подставляем $2y$ вместо x} $=$

$= -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (2y)^{2n+1}}{(2n+1)!} = -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot 2^{2n+1} \cdot y^{2n+1}}{(2n+1)!} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n+1} \cdot y^{2n+1}}{(2n+1)!}$. Подставляя, согласно (10), $y = x + \frac{\pi}{2}$, окончательно получаем:

$$\sin 2x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n+1}}{(2n+1)!} \cdot \left(x + \frac{\pi}{2} \right)^{2n+1} = -2 \cdot \left(x + \frac{\pi}{2} \right) + \frac{2^3}{3!} \cdot \left(x + \frac{\pi}{2} \right)^3 - \cdots \quad .$$

Это и есть искомое разложение.

С помощью рядов Тейлора и Маклорена *можно вычислять приближенные значения функции*, обрывая эти ряды на каком-нибудь слагаемом (чем больше оставим членов ряда, тем точнее будет вычисленное значение).

Пример 4. Вычислить приближенно $\sqrt{4.1}$.

Решение. Имеем: $\sqrt{4.1} = \sqrt{4 + 0.1} = \sqrt{4 \cdot \left(1 + \frac{0.1}{4} \right)} = 2 \cdot \sqrt{1 + 0.025}$. Из написанного выше в (8) разложения $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \ldots$, оставляя 3 слагаемых, получаем приближенную формулу $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2$. Применяя ее при $x = 0.025$, получим $\sqrt{4.1} = 2 \cdot \sqrt{1 + 0.025} \approx 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot 0.025 - \frac{1}{8} \cdot 0.025^2 \right) = 2.02484375$. Отметим, что точное значение $\sqrt{4.1} = 2.024845673\ldots$.

3. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие числовые ряды называются сходящимися? Что называется суммой сходящегося ряда?
2. Каков общий признак расходимости рядов?
3. Исследовать на сходимость ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n}{100n+30}$.
4. Как формулируется признак сравнения для положительных рядов (в простой и предельной форме)? Какие ряды являются «эталонными»?
5. Исследовать на сходимость ряды $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\cos(2n)|}{2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n}{100n^2+3n-30}$.
6. Как формулируются признаки Даламбера и Коши (радикальный и интегральный) сходимости положительных рядов?
7. Исследовать на сходимость ряды $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2}{2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n}{2n+1}\right)^n$.
8. Какие ряды называются знакочередующимися? Как формулируется признак Лейбница сходимости знакочередующихся рядов?
9. Исследовать на сходимость ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{2n+1}}$.
10. Какая связь между сходимостью, абсолютной сходимостью и условной сходимостью знакопеременных рядов?
11. Исследовать ряды на абсолютную и условную сходимость $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n)}{2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{100n+30}$.
12. Какой вид имеет область сходимости степенного ряда? Как она ищется?
13. Найти области сходимости степенных рядов $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n \cdot 2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^{2n-1}}{10n+1}$.
14. Какие функции могут быть разложены в ряд Тейлора? Как вычислить коэффициенты такого ряда? Что такое ряд Маклорена?

15. Какой вид имеют разложения в степенные ряды функций: $y = \sin x$, $y = \cos x$, $y = e^x$, $y = arctg(x)$, $y = (1+x)^m$.

16. Разложить функцию $y = \cos^2 x$ по степеням x.

4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n^2+7}{n^3 \cdot (n+1)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{3^{n+1} x^n}{(n+1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^{-x^2}$.

Вариант 2

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} n \sin \frac{1}{n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{n+1}}$

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{2n+1}}{(n+1)}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = x^2 \ln(1 + x^3)$.

Вариант 3

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n} - 0.5}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \cos\frac{1}{n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n^2 \cdot 2^{4n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \sin^2 x$.

Вариант 4

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+2) \cdot 2^{2n}}{(n+3)!}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{n+1} \cdot \frac{n}{n+1}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^n}{n^3 \cdot 3^{2n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \frac{\sin x}{x}$.

Вариант 5

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n^3}{e^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{n+1}{2n+1}\right)^n$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n(x+5)^{2n}}{(n+1)^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\left(1+e^x\right)^2$.

Вариант 6

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^n}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n^2}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{2n-1}{\sqrt{3^n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-3)^n}{n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sin 3x+x\cos 3x$.

Вариант 7

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2\cdot\sin\frac{1}{n}}{2n^2+1}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(n+1)\ln(n+1)}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n x^n}{n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sin x+\sin 3x$.

Вариант 8

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=2}^{\infty}\frac{n}{e^{n^2}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{2n+1}{(n+1)^3}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-3)^n}{\sqrt{n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=2^x$.

Вариант 9

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3n^2-1}{n\cdot(n+1)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n}\frac{1}{2n-\sqrt{n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-1)^n}{n^n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\cos^2 x$.

Вариант 10

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}(n+2)\sin\frac{1}{n+1}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n(n+1)}\frac{1}{\sqrt{n^3+5}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{n+1}{n}\right)^n x^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=e^{-x^2}$.

Вариант 11

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{\sqrt{n^3-1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{1}{(3n-2)!}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{(x-3)^n}{n+1}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sqrt{x+3}$.

Вариант 12

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(3n+2)\cdot 5^{2n+10}}{(n-1)!}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \ln 2.$

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{n+1}{2n+1}\right)^n (x+2)^n.$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \ln(x+2)$.

Вариант 13

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^5}{5^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{3n^2-1}{5+2n^2}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n+1} \frac{x^n}{n!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^x + e^{2x}$.

Вариант 14

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{n+3}} \left(1+\frac{1}{n+1}\right)^{(n+1)^2}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(n+1)\ln(n+1)}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+1)^n}{n\ln n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=3e^x-2\ln(1-x)$.

Вариант 15

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2\cdot\sin\frac{1}{n+6}}{4n+3}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n\ln^2 n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-1)^n}{2^{n-1}n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sqrt[3]{1+2x}$.

Вариант 16

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3n^5+2n^2-1}{(n^3+1)\cdot(n^3+2)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{4n-1}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{n-1}x^n}{(2n+1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^{x^3}$.

Вариант 17

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n+2}{n^2 \cdot \sqrt{n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{\sqrt[3]{n+5}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-x)^n}{\sqrt[3]{n+1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = x\ln(1-x^3)$.

Вариант 18

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{3n-2}}{(2n-1) \cdot 3^{2n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \sin\frac{1}{\sqrt{n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+2)^n}{n^2\cdot 3^{2n+1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=-x\sin^2 x$.

Вариант 19

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n!}{n^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(-\frac{1}{3}\right)^n\frac{2n+1}{3+n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+2)^n}{n^2\cdot 3^n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\frac{1+\cos 2x}{x}$.

Вариант 20

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2}{2n^2+1}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{3n+1}{5n-2}\right)^n$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{(x-3)^n}{n^3}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\left(1-e^x\right)^2$.

Вариант 21

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{\pi-2\ln\left(1+\sin\left(\frac{1}{n}\right)\right)}{3\cos\frac{1}{n+3}}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{n-1}{\sqrt{2^{3n}}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+23)^n}{(n+2)^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\cos x+x\sin x$.

Вариант 22

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{2n^2+2n+1}{5n^2-2n-1}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(2n+3)\ln(2n+3)}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3^{n+1}x^n}{n+2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sin 3x+x\cos 3x$

Вариант 23

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln^2 n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{n+1}{(n+2)^4}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{\sqrt{3n-1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = 3^{2x}$.

Вариант 24

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{\sqrt[3]{5n^2+n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{2n^2-n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^n}{2^{n+3} n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \frac{1+cos4x}{x}$.

Вариант 25

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\sin nx|}{3^{n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n(n-1)} \frac{1}{\sqrt{n^4+5}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3n+1}{n+2} \right)^n x^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^{-2x}$.

Вариант 26

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{5^{3n} \cdot (3n+2)}{n\ !}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(2n-2)!}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{(x-4)^n}{3n+1}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \sqrt{2x+3}$.

Вариант 27

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n-1)\ !}{n \cdot 7^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n \frac{\ln 2}{\ln 23}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\left(\frac{2n-1}{3n+1}\right)^n (x-2)^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\ln(2x+1)$.

Вариант 28

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3^{n+3}}{n^5}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n \cos\frac{3}{n^3}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{2n+3}\frac{(n+1)x^n}{(n-1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=2e^x-e^{2x}$.

Вариант 29

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{4\cos\left(\frac{1}{n^3}\right)+5\sin\left(3\pi-\frac{1}{n+6}\right)}{3n+4\ln\left(1+\frac{1}{n^5}\right)}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n\ln\sqrt{n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+1)^n}{(n+1)^2 n!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=3e^{-x}-\ln(1+x)^2$.

Вариант 30

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=2}^{\infty}\frac{1}{n\cdot\sqrt[5]{\ln^2 n}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{n}{3^{n-1}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-1)^n}{3^{2n-1}n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sqrt[4]{1+x^2}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Письменный Д. Конспект лекций по высшей математике (полный курс). М.: Айрис Пресс, 2006.
2. Щипачев В.С. Курс высшей математики. М.: Проспект, 2002.
3. Данко П.Е. и др. Высшая математика в упражнениях и задачах. М.: Оникс 21 век, 1998.
4. Запорожец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу. СПб.: Лань, 2009.



Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Т. И. Королюк

ЭЛЕМЕНТЫ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……...4

1. Функция-оригинал и её изображение……5
2. Линейность преобразования Лапласа……6
3. Изображение единичной функции 1(t)……..6
4. Изображения функций $e^{at}, \sin\omega t, \cos\omega t, sh\omega t, ch\omega t$ …..…….7
5. Теорема смещения…….10
6. Дифференцирование изображения……...11
7. Изображения функций $t^n, t^n e^{at}$ ……....12
8. Теорема запаздывания……...16
9. Дифференцирование оригинала……...21
10. Интегрирование оригинала…….....23
11. Свёртка оригиналов, её свойства. Теорема умножения……24
12. Интеграл Дюамеля……27
13. Нахождение оригинала по изображению……...30
14. Применение операционного исчисления к решению линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами……39
15. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом ……44

УПРАЖНЕНИЯ..…….....51

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……...……..53

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного и заочного обучения.

Операционное исчисление является одним из методов прикладного математического анализа. С помощью операционного исчисления во многих случаях удается упростить решение задач, встречающихся в автоматике, электронике и других областях.

В пособии изложены основные сведения о преобразовании Лапласа, его свойствах и применении для решения линейных дифференциальных уравнений и систем таких уравнений в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика».

Теоретический материал сопровождается подробным разбором решений типовых задач, а также даны варианты заданий для самостоятельной работы студентов.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и ее приложений.

1. Функция-оригинал и её изображение

Любую функцию $f(t)$ действительной переменной t называют оригиналом, если она удовлетворяет условиям:

1) $f(t)=0$ при всех $t<0$;

2) $f(t)$ кусочно непрерывна, т. е. такая, что в любом конечном интервале она имеет конечное число точек разрыва 1-го рода;

3) существуют такие постоянные $M>0$ и $S_0 \geq 0$, что $|f(t)|<Me^{S_0 t}$ при любом значении $0 \leq t<\infty$.

Лапласовым изображением оригинала $f(t)$ называют функцию $F(p)$ комплексной переменной $p=x+iy$, определяемую соотношением

$$F(p)=\int_0^{+\infty} f(t)e^{-pt}dt.$$

Если функция $f(t)$ имеет своим изображением $F(p)$, то это соответствие записывают так:

$$f(t)=F(p), \quad F(p)=f(t), \quad L\big(f(t)\big)=F(p).$$

Для любого оригинала $f(t)$ интеграл Лапласа $\int_0^{+\infty} f(t)e^{-pt}dt$ сходится абсолютно при $\operatorname{Re} p>S_0$, где S_0 - показатель роста функции $f(t)$.

В этой полуплоскости изображение $F(p)$ является аналитической функцией. Переход от функции $f(t)$ к функции $F(p)$ называется *преобразованием Лапласа.*

2. Линейность преобразования Лапласа

Теорема

Если $f(t)=\sum_{k=1}^{n} C_k f_k(t),\ C_k$ - постоянные и $F(p)=f(t), F_k(p)=f_k(t),$

то $F(p)=\sum_{k=1}^{n} C_k F_k(p).$

Доказательство

$$F(p)=\int_0^{\infty} f(t)\,e^{-pt}dt=\sum_{k=1}^{n} C_k\left(\int_0^{\infty} f_k(t)\,e^{-pt}dt\right)=\sum_{k=1}^{n} C_k F_k(p).$$

3. Изображение единичной функции 1 (*t*)

Простейшей функцией–оригиналом является единичная функция

$$1\ (t)=\begin{cases}0, & t<0\\ 1, & t\ge 0.\end{cases}$$

Найдем ее изображение

$$L(1(t))=\int_0^{\infty} 1\cdot e^{-pt}dt=-\frac{1}{p}\,e^{-pt}\Big|_0^{+\infty}=-\frac{1}{p}(0-1)=\frac{1}{p}\qquad(\mathrm{Re}\,p>0).$$

Итак,

$$1(t)=\frac{1}{p}\qquad(\mathrm{Re}\,p>0).$$

4. Изображения функций e^{at}, $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $sh\ \omega t$, $ch\ \omega t$

$$L(e^{at}) = \int_0^{\infty} e^{at} \cdot e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} e^{-(p-a)t} dt = -\frac{1}{p-a} e^{-(p-a)t} \Big|_0^{+\infty} = \frac{1}{p-a} \quad (\mathrm{Re}\, p > \mathrm{Re}\, a).$$

Таким образом, $e^{at} = \dfrac{1}{p-a}$.

В этой формуле a может быть и комплексным. Применяя свойство линейности преобразования Лапласа, найдем изображения тригонометрических функций

$\sin \varpi t = \dfrac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2i}$, $coc\omega t = \dfrac{e^{i\omega t} + e^{-i\omega t}}{2}$, ω - положительное число.

$$L(\sin \omega t) = \frac{1}{2i}\left(L(e^{i\omega t}) - L(e^{-i\omega t})\right) = \frac{1}{2i}\left(\frac{1}{p - i\omega} - \frac{1}{p + i\omega}\right) =$$

$$= \frac{1}{2i}\frac{(p + i\omega - p + i\omega)}{p^2 + \omega^2} = \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \quad \text{при } \mathrm{Re}\, p > 0$$

$$L(\cos \omega t) = \frac{1}{2}\left(L(e^{i\varpi t}) + L(e^{-i\varpi t})\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{p - i\omega} + \frac{1}{p + i\omega}\right) = \frac{p}{p^2 + \omega^2}$$

при $\mathrm{Re}\, p > 0$.

Аналогично, исходя из определения гиперболических функций

$$sh\ \omega t = \frac{e^{\omega t} - e^{-\omega t}}{2}, \quad ch\omega t = \frac{e^{\omega t} + e^{-\omega t}}{2},$$

найдем их отображения.

$$L(sh\omega t)=\frac{1}{2}\left(L(e^{\omega t})-L(e^{-\omega t})\right)=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-\omega}-\frac{1}{p+\omega}\right)=\frac{\omega}{p^2-\omega^2}.$$

$$L(ch\omega t)=\frac{1}{2}\left(L(e^{\omega t})+L(e^{-\omega t})\right)=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-\omega}+\frac{1}{p+\omega}\right)=\frac{p}{p^2-\omega^2} \quad \text{при } \mathrm{Re}p>\omega.$$

Получили формулы

$$\sin\omega t=\frac{\omega}{p^2+\omega^2}, \qquad sh\omega t=\frac{\omega}{p^2-\omega^2},$$

$$\cos\omega t=\frac{p}{p^2+\omega^2}, \qquad ch\omega t=\frac{p}{p^2-\omega^2}.$$

Пример 1

Найти изображение функции $f(t)=\begin{cases}1-t, & 0\le t<1,\\ 0, & t\ge 1.\end{cases}$

Решение

$$L\big(f(t)\big)=\int_0^{\infty} f(t)\,e^{-pt}dt=\int_0^{1}(1-t)e^{-pt}dt+\int_1^{\infty}0\cdot e^{-pt}dt=$$

$$=(1-t)\left(-\frac{1}{p}e^{-pt}\right)\Big|_0^1-\int_0^1-\frac{1}{p}e^{-pt}\cdot(-dt)=$$

$$=\frac{1}{p}-\frac{1}{p}\left(-\frac{1}{p}e^{-pt}\right)\Big|_0^1=\frac{1}{p}+\frac{1}{p^2}e^{-p}-\frac{1}{p^2}.$$

Пример 2

Найти изображение функции

$$f(t) = 2 + \frac{1}{3}e^{-2t} + 4\cos 3t\,.$$

Решение

Пусть $f(t) = F(p)$.

Тогда

$$F(p) = 2L\big(1(t)\big) + \frac{1}{3}L\big(e^{-2t}\big) + 4L\big(\cos 3t\big) = 2\cdot\frac{1}{p} + \frac{1}{3}\cdot\frac{1}{p+2} + 4\cdot\frac{p}{p^2+9}\,.$$

Пример 3

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{6}{p} - \frac{5p}{p^2+4} + \frac{2}{p-3}\,.$$

Решение

$$f(t) = 6 - 5\cos 2t + 2e^{3t}\,.$$

Пример 4

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{3}{p^2+25} - \frac{2}{p^2+25} = 3\cdot\frac{p}{p^2+25} + \frac{2}{5}\frac{5}{p^2+25}\,.$$

Тогда

$$f(t) = 3\cos 5t + \frac{2}{5}\sin 5t\,.$$

5. Теорема смещения

Если $f(t) = F(p)$, a – любое действительное или комплексное число, то

$$e^{at} f(t) = F(p-a).$$

Доказательство

$$L\left(e^{at} f(t)\right) = \int_0^\infty e^{at} f(t) e^{-pt} dt = \int_0^\infty f(t) e^{-(p-a)t} dt = F(p-a)$$

при $\mathrm{Re}(p-a) > S_0$.

С помощью этой теоремы находим изображения функций:

$$e^{at} \sin \omega t = \frac{\omega}{(p-a^2)+\omega^2}, \quad e^{at} sh\omega t = \frac{\omega}{(p-a^2)-\omega^2},$$

при $\mathrm{Re}(p-a) > 0$ *при* $\mathrm{Re}(p-a) > \omega$;

$$e^{at} \cos \omega t = \frac{p-a}{(p-a^2)+\omega^2}, \quad e^{at} ch\omega t = \frac{p-a}{(p-a^2)-\omega^2},$$

при $\mathrm{Re}(p-a) > 0$ *при* $\mathrm{Re}(p-a) > \omega$.

6. Дифференцирование изображения

Если $f(t) = F(p)$, то $t^n f(t) = (-1)^n F^{(n)}(p)$.

Доказательство

Функция $F(p) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-pt} dt$ является аналитической. Ее производные $F^{(n)}(p)$ по переменной p находятся под знаком интеграла Лапласа

$$F'(p) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-pt} \cdot (-t)\, dt,$$

из этого равенства следует, что $tf(t) = -F'(p)$.

Дифференцируя еще раз, получим

$$F''(p) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-pt} \cdot t^2 dt,$$

откуда

$$t^2 f(t) = F''(p).$$

Дифференцируя n раз, получим

$$t^n f(t) = (-1)^n F^{(n)}(p).$$

7. Изображения функций t^n, $t^n e^{at}$

Известно, что $1(t) = \frac{1}{p}$, тогда $t \cdot 1(t) = -\left(\frac{1}{p}\right)'$ или $t = \frac{1}{p^2}$. Аналогично $t^2 = \frac{2}{p^3}$, при любом n получаем $t^n = \frac{n!}{p^{n+1}}$.

Применяя теорему смещения, находим

$$t^n e^{at} = \frac{n!}{(p-a)^{n+1}} \quad \text{при} \quad \operatorname{Re}(p-a) > 0.$$

Пример 1

Найти изображение функции

$$f(t) = 2t^3 - \frac{1}{5} sh\frac{t}{2} + t^4 e^{-5t}.$$

Решение

Пусть $f(t) = F(p)$.

Тогда

$$F(p) = 2 \cdot \frac{3!}{p^4} - \frac{1}{5} \cdot \frac{\frac{1}{2}}{p^2 - \frac{1}{4}} + \frac{4!}{(p+5)^5}$$

или

$$F(p) = \frac{12}{p^4} - \frac{1}{10\left(p^2 - \frac{1}{4}\right)} + \frac{24}{(p+5)^5}.$$

Пример 2

Найти изображение функции

$$g(t) = 3e^{-t}\cos 2t + \frac{7}{2}e^{4t} + t\sin 3t.$$

Решение

Пусть $g(t) = G(p),$ тогда

$$G(p) = 3\cdot\frac{p+1}{(p+1)^2+4} + \frac{7}{2}\cdot\frac{1}{p-4} - \left(\frac{3}{p^2+9}\right) =$$

$$= \frac{3(p+1)}{(p+1)^2+4} + \frac{7}{2(p-4)} + \frac{6p}{(p^2+9)^2}.$$

Пример 3

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{4p-3}{p^2+5p-1}.$$

Решение

Преобразуем $F(p),$ выделяя полный квадрат по p в знаменателе дроби

$$p^2+5p-1 = \left(p^2+2\cdot\frac{5}{2}p+\frac{25}{4}\right) - \frac{25}{4} - 1 = \left(p+\frac{5}{2}\right)^2 - \frac{29}{4}.$$

Тогда

$$F(p)=\frac{4\left(p+\frac{5}{2}\right)-10-3}{\left(p+\frac{5}{2}\right)^2-\frac{29}{4}}$$

или

$$F(p)=4\cdot\frac{4p+\frac{5}{2}}{\left(p+\frac{5}{2}\right)^2-\frac{29}{4}}-13\cdot\frac{2}{\sqrt{29}}\frac{\frac{\sqrt{29}}{2}}{\left(p+\frac{5}{2}\right)^2-\frac{29}{4}}.$$

Используя известные изображения, находим искомый оригинал

$$f(t)=4e^{-\frac{5}{2}t}\cdot ch\frac{\sqrt{29}}{2}t-\frac{26}{\sqrt{29}}e^{-\frac{5}{2}t}\cdot sh\frac{\sqrt{29}}{2}t.$$

Пример 4

Найти оригинал $x(t)$ для изображения

$$X(p)=\frac{6}{p+2}-\frac{3}{(p-4)^3}+\frac{2p-1}{p^2-3}.$$

Решение

$$X(p)=6\cdot\frac{1}{p-(-2)}-\frac{3}{2}\frac{2!}{(p-4)^{2+1}}+2\cdot\frac{p}{p^2-3}-\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{p^2-3}.$$

Используя табличные изображения, находим оригинал

$$x(t)=6e^{-2t}-\frac{3}{2}t^2e^{4t}+2ch\sqrt{3}\,t-\frac{1}{\sqrt{3}}sh\sqrt{3}\,t\,.$$

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) найти изображение функции

$$f(t)=\frac{1}{5}-3\sin\frac{2t}{3}+6ch5t-4t;$$

2) найти изображение функции

$$g(t)=\frac{1}{4}e^{-2t}\cos 5t-\frac{1}{6}tsh2t;$$

3) найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p)=\frac{6}{p+2}-\frac{2}{p^3}+\frac{2-p}{p^2+5}.$$

Вариант 2

1) найти изображение функции

$$f(t)=5t^2+\frac{1}{2}-4sh\frac{t}{3}+8\cos 3t;$$

2) найти изображение функции

$$g(t)=3e^{-t}\sin 2t-\frac{1}{10}tch4t;$$

3) найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p)=\frac{5p+1}{p^2-2}+\frac{3}{p^4}-\frac{8}{(p+1)^2}.$$

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) найти, используя интеграл Лапласа, изображение функции

$$g(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ 2t+3, & 0\le t\le 1,\\ 0, & t>1;\end{cases}$$

2) найти оригинал $x(t)$ для изображения

$$X(p)=\frac{3-4p}{p^2+3p+4}-\frac{2}{(p-3)^3}.$$

Вариант 2

1) найти оригинал $y(t)$ для изображения

$$Y(p)=\frac{1+6p}{p^2+p+3}-\frac{7}{(p+5)^4};$$

2) используя интеграл Лапласа, найти изображение функции

$$f(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ 3-t, & 0\le t\le 2,\\ 0, & t>2.\end{cases}$$

8. Теорема запаздывания

Если $f(t)=F(p)$, то $f(t-\tau)=e^{-\tau p}F(p)$, τ - любое положительное число.

Доказательство

Известно, что $f(t)=0$ при всех $t<0$. При $t<\tau$ аргумент $t-\tau<0$, поэтому $f(t-\tau)=0$. Это значит, что оригинал включается с запаздыванием на τ. График функции $f(t-\tau)$ получается из графика $f(t)$ смещением последнего вправо на расстояние τ. С помощью единичной функции запаздывающую функцию $f(t-\tau)$ можно записать и так: $f(t-\tau)\cdot 1(t-\tau)$, так как $1(t-\tau)=0$ при $t<\tau$ и $1(t-\tau)=1$ при $t>\tau$.

Найдем изображение $f(t-\tau)$:

$$L\big(f(t-\tau)\big)=\int_0^{\infty}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt=\int_0^{\tau}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt+\int_{\tau}^{\infty}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt.$$

Здесь $\int_0^{\tau}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt=0$, так как $f(t-\tau)=0$ при $t<\tau$.

Во втором интеграле сделаем замену, полагая $t-\tau=u$, тогда $t=u+\tau;\ dt=du$, при $t=\tau\ \ u=0$, при $t=\infty$ и $u=\infty$.

Таким образом,

$$L\big(f(t-\tau)\big)=\int_{\tau}^{\infty}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt=\int_0^{\infty}e^{-p(u+\tau)}f(u)\,du=$$

,

$$=e^{-\tau p}\int_0^{\infty}e^{-pu}f(u)\,du=e^{-\tau p}F(p),$$

что и требовалось доказать.

Пример 1

$1(t)=\frac{1}{p}$. Тогда $1(t-\tau)=e^{-\tau p}\cdot\frac{1}{p}$.

Пример 2

Найти изображение функции $f(t)=(t-3)^3\cdot 1(t-3)$.

Решение

Известно, что $t^3=\frac{3!}{p^4}$. В нашем случае запаздывание на $\tau=3$. Поэтому $(t-3)^3 1(t-3)=e^{-3p}\cdot\frac{3!}{p^4}$.

Пример 3

Найти изображение функции $f(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ t+1, & 0<t<1,\\ 3t, & 1<t<4,\\ 0, & t>4.\end{cases}$

Решение

Пусть $f(t)=F(p)$.

Искомое изображение $F(p)$ найдем двумя способами. Сначала по определению с помощью интеграла Лапласа.

$$F(p)=\int_0^{\infty}e^{-pt}f(t)\,dt=\int_0^{1}(t+1)\,e^{-pt}dt+3\int_1^{4}te^{-pt}dt=$$

$$=(t+1)\left(-\frac{1}{p}\right)e^{-pt}\Big|_0^1-\int_0^1-\frac{1}{p}e^{-pt}dt+3t\left(-\frac{1}{p}\right)e^{-pt}\Big|_1^4-3\int_1^4-\frac{1}{p}e^{-pt}dt=$$

$$=-\frac{2}{p}e^{-p}+\frac{1}{p}-\frac{1}{p^2}e^{-pt}\Big|_0^1-\frac{12}{p}e^{-4p}+\frac{3}{p}e^{-p}-\frac{3}{p^2}e^{-pt}\Big|_1^4=$$

$$=-\frac{2}{p}e^{-p}+\frac{1}{p}-\frac{1}{p^2}e^{-p}+\frac{1}{p^2}-\frac{12}{p}e^{-4p}+\frac{3}{p}e^{-p}-\frac{3}{p^2}e^{-4p}+\frac{3}{p^2}e^{-p}=$$

$$=\frac{1}{p}+\frac{1}{p^2}+\left(\frac{1}{p}+\frac{2}{p^2}\right)e^{-p}-\left(\frac{3}{p^2}+\frac{12}{p}\right)e^{-4p}.$$

А теперь найдем $F(p)$ с помощью теоремы запаздывания. Для этого запишем наш оригинал $f(t)$ одним аналитическим выражением с помощью единичной функции.

При $t<0$ $\quad f(t)=0.$ В момент $t=0$ «включается» функция $t+1;$ в момент $t=1$ она «снимается» и «включается» функция $3t$, которая «снимается» в момент $t=4.$ Поэтому

$$f(t)=(t+1)\cdot 1(t)-(t+1)\cdot 1(t-1)+3t\cdot 1(t-1)-3t\cdot 1(t-4)=$$
$$=(t+1)\cdot 1(t)+(2t-1)\cdot 1(t-1)-3t\cdot 1(t-4)=$$
$$=(t+1)\cdot 1(t)+(2(t-1)+1)\cdot 1(t-1)-(3(t-4)+12)\cdot 1(t-4).$$

Применяя линейность преобразования Лапласа и теорему запаздывания, получим искомое изображение

$$F(p)=\frac{1}{p^2}+\frac{1}{p}+\left(\frac{2}{p^2}+\frac{1}{p}\right)e^{-p}-\left(\frac{3}{p^2}+\frac{12}{p}\right)e^{-4p}.$$

Пример 4

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p)=\frac{5}{(p+2)^4}e^{-p}+\frac{4}{p^3}-\frac{8}{p^2+7}e^{-2p}.$$

Решение

Находим оригинал для каждого слагаемого:

$$\frac{5}{(p+2)^4}=5\,\frac{1}{(p+2)^{3+1}}=\frac{5}{3!}\cdot\frac{3!}{(p-(-2))^{3+1}}=\frac{5}{6}e^{-2t}\cdot t^3,$$

$$\frac{4}{p^3}=4\,\frac{1}{p^{2+1}}=\frac{4}{2!}\cdot\frac{2!}{p^{2+1}}=2t^2,$$

$$-\frac{8}{p^2+7}=-\frac{8}{\sqrt{7}}\cdot\frac{\sqrt{7}}{p^2+7}=-\frac{8}{\sqrt{7}}\sin\sqrt{7}\,t,$$

$$\frac{5}{(p+2)^4}\cdot e^{-p}=\frac{5}{6}\cdot e^{-2(t-1)}\cdot(t-1)^3\cdot 1(t-1),$$

оригинал с запаздыванием на $\tau=1.$

$$\frac{4}{p^3}=2t^2$$

$$-\frac{8}{p^2+7}e^{-2p}=-\frac{8}{\sqrt{7}}\sin\sqrt{7}(t-2)\cdot 1(t-2)$$

оригинал с запаздыванием на $\tau=2.$

Суммируя оригиналы для каждого слагаемого, находим

$$f(t)=\frac{5}{6}e^{-2(t-1)}\cdot(t-1)^3\cdot 1(t-1)+2t^2-\frac{8}{\sqrt{7}}\sin\sqrt{7}\,(t-2)\cdot 1(t-2).$$

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

1) найти оригинал для изображения

$$F(p)=\frac{(5-3p)e^{-p}}{2p^2+5}+\frac{7e^{-3p}}{2p^2+4p+1}-\frac{3}{(p+6)^4}.$$

2) найти изображение функции

$$x(t)=5\sin\frac{2t}{5}-2+\frac{1}{4}(t-2)e^{-2(t-2)}ch\frac{3}{2}(t-2)\cdot 1(t-2).$$

Вариант 2

1) найти изображение функции

$$y(t)=7te^t\cos\frac{5t}{4}-\frac{1}{6}(t-4)^2\cdot e^{-5(t-4)}\cdot 1(t-4)+3ch\frac{t}{4}.$$

2) найти оригинал для изображения

$$G(p)=\frac{8p}{p^2+2p+6}-\frac{(2-p)e^{-2p}}{4p^2+5}+\frac{10e^{-5p}}{(p-3)^3}.$$

9. Дифференцирование оригинала

Теорема

Если $f(t)$ непрерывно дифференцируема на $(0,\infty)$, $f'(t)$ принадлежит множеству оригиналов и $f(t)=F(p)$, то $f'(t)=pF(p)-f(0)$.

Доказательство

$$L\left(f'(t)\right) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-pt} dt.$$

Интегрируя по частям, положим

$$u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt}dt, \quad d\mathrm{v} = f'(t)dt, \; \mathrm{v} = f(t).$$

Получаем

$$f'(t) = \left(f(t)\ \ e^{-pt}\right)\Big|_0^\infty - \int_0^\infty f(t)\, e^{-pt}(-p)dt.$$

Так как $\operatorname{Re} p = x > s_0$, то $\left|f(t)\, e^{-pt}\right| \le Me^{-(x-s_0)t}$, поэтому $\lim\limits_{t\to\infty} f(t)\, e^{-pt} = 0$, а $\int\limits_0^\infty f(t)\, e^{-pt} dt = F(p)$.

Следовательно, $f'(p) = pF(p) - f(0)$.

Теорема доказана.

Следствие

Если $f''(t), f'''(t), \ldots, f^{(n)}(t)$ - оригиналы, то находим:

$$f''(t) = p(pF(p) - f(0)) - f'(0)$$

или

$$f''(t) = p^2F(p) - pf(0)) - f'(0).$$

Аналогично, для производной *n*–го порядка имеем

$$f^{(n)}(t) = p^nF(p) - p^{n-1}f(0) - p^{n-2}f'(0) - \ldots - pf^{(n-2)}(0) - f^{(n-1)}(0).$$

Для практических приложений полученное свойство является очень важным. Оно показывает, что сложная операция дифференцирования в пространстве оригиналов заменяется в пространстве изоб-

ражений элементарным действием – умножением изображения на степень аргумента p с добавлением многочлена, коэффициентами которого являются начальные значения оригинала. Это очень удобно для решения дифференциальных уравнений операционным методом, так как начальные условия здесь учитываются автоматически.

10. Интегрирование оригинала

Теорема

Если $f(t) = F(p),$ то $\int_0^t f(u)\,du = \frac{F(p)}{p},$ т. е. интегрированию оригинала в пределах от 0 до t соответствует деление изображения на p.

Доказательство

$f(t)$ принадлежит множеству оригиналов, тогда и $\int_0^t f(u)\,du$ тоже является оригиналом. Обозначим $\int_0^t f(u)\,du = g(t),$ пусть $g(t) = G(p).$ $g'(t) = (\int_0^t f(u)\,du)' = f(t),$ $g(0) = 0,$ $L(g'(t) = L(f(t))\,.$

Поэтому $pG(p) = F(p),$ откуда $G(p) = \frac{F(p)}{p}.$ Значит, $\int_0^t f(u)\,du = \frac{F(p)}{p},$ что и требовалось доказать.

11. Свёртка оригиналов, ее свойства. Теорема умножения

Пусть $f(t)$ и $g(t)$ - оригиналы. Свёртку этих функций обозначают $f * g$. Она равна

$$f * g = \int_0^t f(u)g(t-u)du.$$

Свёртка $f * g$ обладает свойствами:

1) переместительным

$$f * g = g * f \text{ или}$$

$$\int_0^t f(u)g(t-u)du = \int_0^t g(u)f(t-u)du;$$

2) сочетательным

$$(f * g)\varphi = f\ (g * \varphi),$$

в силу, которого свёртка нескольких функций всегда даёт одинаковый результат, независимо от того, в каком порядке выполняется свёртывание;

3) распределительным

$$(f + g) * \varphi = (f * \varphi) + (g * \varphi).$$

Свёртка оригиналов $f(t)$ и $g(t)$ тоже является оригиналом, причём показатель роста свёртки $f * g$ равен наибольшему из показателей роста функций $f(t)$ и $g(t)$.

Пример

Найти свёртку функций $f(t)=t, \quad g(t)=e^{at}$.

Решение

$$f*g=t*e^{at}=\int_0^t ue^{a(t-u)}du=e^{at}\int_0^t ue^{-au}du=$$

$$=e^{at}\left(-u\frac{e^{-au}}{a}\Big|_0^t-\int_0^t-\frac{1}{a}e^{-au}du\right)=e^{at}\left(-\frac{t}{a}e^{-at}+\frac{1}{a}\left(-\frac{1}{a}\right)e^{-au}\Big|_0^t\right)=$$

$$=e^{at}\left(-\frac{t}{a}e^{-at}-\frac{1}{a^2}e^{-at}+\frac{1}{a^2}\right)=-\frac{t}{a}-\frac{1}{a^2}+\frac{1}{a^2}e^{at}.$$

В другом порядке

$$g*t=e^{at}*t=\int_0^t e^{au}(t-u)du=\int_0^t te^{au}du-\int_0^t ue^{au}du.$$

Произведя интегрирование по частям во втором интеграле, получим

$$e^{at}*t=t\frac{e^{au}}{a}\Big|_0^t-u\frac{1}{a}e^{au}\Big|_0^t+\int_0^t\frac{1}{a}e^{au}du=$$

$$=t\frac{e^{at}}{a}-\frac{t}{a}-\frac{t}{a}e^{at}+\frac{1}{a^2}e^{at}-\frac{1}{a^2}=-\frac{t}{a}+\frac{1}{a^2}e^{at}-\frac{1}{a^2}.$$

Получили

$$f*g=g*f.$$

Теорема умножения

Если $f(t)=F(p)$ и $g(t)=G(p)$, то $f*g=F(p)\cdot G(p)$, т. е. при свертывании оригиналов изображения перемножаются.

Доказательство

$$L(f*g)=\int_0^{\infty}e^{-pt}dt\int_0^{t}f(u)g(t-u)du=$$

$$=\int_0^{\infty}f(u)du\int_u^{\infty}e^{pt}g(t-u)dt,$$

изменим порядок интегрирования.

Во внутреннем интеграле проведём замену переменной, положив $t-u=z$, тогда $t=u+z,\quad dt=dz$, при $t=u\quad z=0$, при $t=\infty\quad z=\infty$, получим

$$L(f*g)=\int_0^{\infty}f(u)du\int_0^{\infty}e^{-p(u+z)}g(z)dz=$$

$$=\int_0^{\infty}f(u)e^{-pu}du\int_0^{\infty}g(z)e^{-pz}dz=F(p)\cdot G(p),$$

что и требовалось доказать.

Теорема умножения имеет важное значение для приложений, так как позволяет находить оригинал, соответствующий произведению

двух изображений $F(p)$ и $G(p)$, если известны оригиналы сомножителей $f(t)$ и $g(t)$.

Пример

Найти оригинал для изображения $F(p)=\dfrac{1}{p^2(p-a)}$.

Решение

Изображение $F(p)$ можно подставить в виде произведения двух функций

$$F(p)=\frac{1}{p^2}\cdot\frac{1}{p-a}.$$

Пусть $F(p)=f(t)$.

Так как $\dfrac{1}{p^2}=t$, $\dfrac{1}{p-a}=e^{at}$, то по теореме умножения искомый оригинал $f(t)=t*e^{at}$. Эту свёртку в предыдущем примере мы нашли, поэтому

$$f(t)=-\frac{t}{a}+\frac{1}{a^2}e^{at}-\frac{1}{a^2}.$$

12. Интеграл Дюамеля

Частным случаем теоремы умножения изображений является формула Дюамеля, часто применяемая для нахождения оригиналов.

Найдем оригинал, соответствующий произведению $pF(p)\,G(p)$, где $f(t)=F(p),\quad g(t)=G(p)$.

Это произведение представим в виде

$$pF(p)\,G(p)=\big(pF(p)-f(0)\big)G(p)+f(0)G(p).$$

Так как $pF(p)-f(0)=f'(t)$, то по теореме умножения изображений $\big(pF(p)-f(0)\big)G(p)=f'(t)*g(t)$, а $f(0)\,G(p)=f(0)\cdot g(t)$.

Теперь можно записать формулу Дюамеля

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t f'(u)\,g(t-u)\,du+f(0)\,g(t).$$

Правую часть этого соотношения называют интегралом Дюамеля.

Если учесть свойство свёртки $f*g=g*f$, то из последнего равенства получим

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t g(u)\,f'(t-u)\,du+f(0)\,g(t).$$

Аналогично, если $pF(p)\,G(p)=\big(pG(p)-g(0)\big)F(p)+g(o)F(p)$, получим

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t g'(u)\,f(t-u)\,du+g(0)\,f(t),$$

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t f(u)\,g'(t-u)\,du+g(0)\,f(t).$$

Пример

Найти оригинал для функции $\dfrac{p\omega}{(p-a)(p^2+\omega^2)}$.

Решение

Представим заданную функцию в виде произведения

$$p\ \frac{\omega}{p^2+\omega^2}\cdot\frac{1}{p-a}.$$

Имеем

$$F(p)=\frac{\omega}{p^2+\omega^2}=\sin\omega t=f(t);\quad G(p)=\frac{1}{p-a}=e^{at}=g(t),$$
$$f(0)=0,\quad f'(t)=\omega\cos\omega t.$$

Тогда запишем

$$pF(p)G(p)=p\cdot\frac{\omega}{p^2+\omega^2}\cdot\frac{1}{p-a}=\int_0^t f'(u)\,g(t-u)\,du=$$

$$=\int_0^t\omega\cos\omega u\cdot e^{a(t-u)}du=\omega e^{at}\int_0^t\cos\omega u\cdot e^{-au}du.$$

Дважды интегрируя по частям последний интеграл, получим

$$\omega e^{at}\int_0^t\cos\omega u\,e^{-au}du=\frac{1}{a^2+\omega^2}\left(\omega^2\sin\omega t+a\omega\left(e^{at}-\cos\omega t\right)\right).$$

Следовательно,

$$\frac{p\omega}{\left(p^2+\omega^2\right)(p-a)}=\frac{\omega^2\sin\omega t+a\omega\left(e^{at}-\cos\omega t\right)}{a^2+\omega^2}\ .$$

13. Нахождение оригинала по изображению

При нахождении оригинала по его изображению широко пользуются свойствами преобразования Лапласа и таблицей соответствий между оригиналами и их изображениями:

Таблица

Соответствия между оригиналами и их изображениями

№ п/п	Оригинал	Изображение
1	$f(t)$	$F(p)=\int_0^{\infty} f(t)e^{-pt}dt$
2	$1(t)$	$\frac{1}{p}$
3	t^n	$\frac{n!}{p^{n+1}}$
4	e^{at}	$\frac{1}{p-a}$
5	$t^n e^{at}$	$\frac{n!}{(p-a)^{n+1}}$
6	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}$
7	$\cos \omega t$	$\frac{p}{p^2+\omega^2}$
8	$sh\omega t$	$\frac{\omega}{p^2-\omega^2}$
9	$ch\omega t$	$\frac{p}{p^2-\omega^2}$

Окончание таблицы

10	$e^{at}\sin\omega t$	$\frac{\omega}{(p-a)^2+\omega^2}$
11	$e^{at}\cos\omega t$	$\frac{p-a}{(p-a)^2+\omega^2}$
12	$e^{at}sh\omega t$	$\frac{\omega}{(p-a)^2-\omega^2}$
13	$e^{at}ch\omega t$	$\frac{p-a}{(p-a)^2-\omega^2}$
14	$t\sin\omega t$	$\frac{2p\omega}{(p^2+\omega^2)^2}$
15	$t\cos\omega t$	$\frac{p^2-\omega^2}{(p^2+\omega^2)^2}$
16	$t\,sh\omega t$	$\frac{2p\omega}{(p^2-\omega^2)^2}$
17	$t\,ch\omega t$	$\frac{p^2+\omega^2}{(p^2-\omega^2)^2}$
18	$te^{at}\sin\omega t$	$\frac{2\omega(p-a)}{((p-a)^2+\omega^2)^2}$
19	$te^{at}\cos\omega t$	$\frac{(p-a)^2-\omega^2}{((p-a)^2+\omega^2)^2}$
20	$\cos^2\omega t$	$\frac{p^2+2\omega^2}{p(p^2+4\omega^2)}$
21	$\sin^2\omega t$	$\frac{2\omega^2}{p(p^2+4\omega^2)}$

Пример

Найти оригиналы для следующих изображений:

1) $F(p)=\dfrac{1}{p^5}$.

Решение

Используем соотношение 3 из таблицы, откуда $\dfrac{1}{p^{n+1}}=\dfrac{t^n}{n!}$, поэтому

$$\frac{1}{p^5}=\frac{t^4}{4!}=\frac{1}{24}t^4.$$

2) $F(p)=\dfrac{3}{(p+2)^4}$.

Решение

Из соотношения 5

$$\frac{t^n e^{at}}{n!}=\frac{1}{(p-a)^{n+1}}\text{ , здесь } a=-2,\quad n=3,$$

поэтому

$$\frac{3}{(p+2)^4}=3\cdot\frac{t^3e^{-2t}}{3!}=\frac{1}{2}t^3e^{-2t}.$$

3) $F(p)=\dfrac{5}{p^2+4}$.

Решение

Из соотношения 6

$$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}=\sin\omega t,$$

здесь $\omega^2=4,\quad \omega=2$, поэтому

$$\frac{5}{p^2+4}=\frac{5}{2}\cdot\frac{2}{p^2+4}=\frac{5}{2}\sin 2t.$$

4) $F(p)=\dfrac{7p}{3p^2+5}.$

Решение

Из соотношения 7

$$\frac{p}{p^2+\omega^2}=\cos\omega t$$

$$\frac{7p}{3p^2+5}=\frac{7p}{3\left(p^2+\dfrac{5}{3}\right)}=\frac{7}{3}\cdot\frac{p}{p^2+\dfrac{5}{3}}=\frac{7}{3}\cos\sqrt{\frac{5}{3}}t\ .$$

5) $F(p)=\dfrac{3}{(p-2)^2-5}.$

Решение

Из соотношения 10

$$\frac{\omega}{(p-a)^2-\omega^2}=e^{at}sh\omega t$$

$$\frac{3}{(p-2)^2-5}=\frac{3}{\sqrt{5}}\cdot\frac{\sqrt{5}}{(p-2)^2-5}=\frac{3}{\sqrt{5}}e^{2t}sh\sqrt{5}\,t$$

$$\omega=\sqrt{5},\quad a=2.$$

6) $F(p)=\dfrac{p+5}{p^2-4p+7}.$

Решение

$$p^2-4p+7=\left(p^2-4p+4\right)+3=(p-2)^2+3$$

$$\frac{p+5}{p^2-4p+7}=\frac{p+5}{(p-2)^2+3}.$$

Из соотношений 11 и 10

$$\frac{p-a}{(p-a)^2+\omega^2}=e^{at}\cos\omega t,\quad \frac{\omega}{(p-a)^2+\omega^2}=e^{at}\sin\omega t$$

$$\frac{p+5}{(p-2)^2+3}=\frac{(p-2)+7}{(p-2)^2+3}=\frac{p-2}{(p-2)^2+3}+\frac{7}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{(p-2)^2+3}=$$

$$=e^{2t}\cos\sqrt{3}\,t+\frac{7}{\sqrt{3}}\,e^{2t}\sin\sqrt{3}\,t.$$

7) $F(p)=\dfrac{2e^{-p}}{p^2+9}$.

Решение

Из соотношения 6

$$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}=\sin\omega t,\quad \frac{2}{p^2+9}=\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{p^2+9}=\frac{2}{3}\sin 3t.$$

Применяя теорему запаздывания, получим

$$\frac{2e^{-p}}{p^2+9}==\frac{2}{3}\sin 3(t-1)\cdot 1(t-1)$$

(при умножении изображения на $e^{-\tau p}$ оригинал запаздывает на τ единиц, в нашем случае $\tau=1$).

Если изображение оригинала является правильной рациональной дробью, выраженной отношением двух многочленов $F(p)=\dfrac{\Phi(p)}{G(p)}$ (степень числится меньше степени знаменателя), то эту дробь разлагают сначала на сумму простейших дробей, затем для каждой полученной дроби находят соответствующий оригинал.

Пример

Найти оригинал для изображения $F(p)=\dfrac{3p^2-2}{(p+1)^2(p^2+1)}$.

Решение

Изображение $F(p)$ является правильной рациональной дробью. Разложим эту дробь на сумму простейших дробей

$$\frac{3p^2-2}{(p+1)^2(p^2+1)}=\frac{A}{(p+1)^2}+\frac{B}{p+1}+\frac{Cp+D}{p^2+1}.$$

Приводя в правой части к общему знаменателю и приравнивая числители дробей слева и справа, получим тождество, из которого нужно получить систему из четырех уравнений для определения A,B,C,D.

$$3p^2-2=A(p^2+1)+B(p+1)(p^2+1)+(Cp+D)(p+1)^2$$

$$\begin{array}{c|l|l} p=-1 & 1=2A,\ A=\frac{1}{2} & B+C=0 \\ p^3: & 0=B+C & B+2D+C=0,\ \textit{отсюда}\ D=0 \\ p: & 0=B+2D+C & B=-2-\frac{1}{2}=-\frac{5}{2} \\ p=0 & -2=A+B+D & C=-B=\frac{5}{2} \end{array}$$

Тогда

$$F(p)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{(p+1)^2}-\frac{5}{2}\cdot\frac{1}{p+1}+\frac{5}{2}\cdot\frac{p}{p^2+1}.$$

Применяя свойство линейности преобразования Лапласа и соотношения 5, 4 и 7 из таблицы, получим искомый оригинал

$$f(t)=\frac{1}{2}te^{-t}-\frac{5}{2}e^{-t}+\frac{5}{2}\cos t.$$

Если изображение $F(p)=\dfrac{\Phi(p)}{G(p)}$ является правильной рациональной дробью и $p_1, p_2, ..., p_n$ - полюсы $F(p)$, то для нахождения оригинала $f(t)$ применяют теорию вычетов, а именно:

$$F(p)=f(t)=\sum_{k=1}^{n} res\left[F(p)e^{pt}; p_k\right],$$

где $res\left[F(p)e^{pt}; p_k\right]$ - вычет функции $F(p)e^{pt}$ относительно полюса p_k.

Пример

С помощью вычетов найти оригинал для изображения $F(p)=\dfrac{3p^2-2}{(p+1)^2(p^2+1)}$.

Решение

Для $F(p)$ $p=-1$ - полюс второго порядка, $p=\pm i$ - простые полюсы.

Тогда

$$f(t)=res\left[F(p)e^{pt}; -1\right]+res\left[F(p)e^{pt}; i\right]+res\left[F(p)e^{pt}; -i\right].$$

Найдем вычеты.

$$res\left[F(p)e^{pt};-1\right]=\lim_{p\to -1}\left((p+1)^2\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p^2+1)}\right)'=\lim_{p\to -1}\left(\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{p^2+1}\right)'=$$

$$=\lim_{p\to -1}\frac{1}{(p^2+1)^2}\Big(\big(p^2+1\big)\big(6pe^{pt}+\big(3p^2-2\big)e^{pt}\cdot t\big)-\big(3p^2-2\big)e^{pt}\cdot 2p\Big)=$$

$$=\frac{1}{4}\Big(2\big(-6e^{-t}+e^{-t}\cdot t\big)-e^{-t}(-2)\Big)=\frac{1}{4}\big(-12e^{-t}+2te^{-t}+2e^{-t}\big)=$$

$$=\frac{1}{4}\big(-10e^{-t}+2te^{-t}\big)=\frac{1}{2}te^{-t}-\frac{5}{2}e^{-t}.$$

$$res\left[F(p)e^{pt};i\right]=\lim_{p\to i}(p-i)\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)(p+i)}=\lim_{p\to i}\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p+i)}=$$

$$=\frac{-5e^{it}}{(-1+2i+1)\,2i}=\frac{-5e^{it}}{-4}=\frac{5}{4}(\cos t+i\sin t)=\frac{5}{4}\cos t+i\frac{5}{4}\sin t.$$

$$res\left[F(p)e^{pt};-i\right]=\lim_{p\to -i}(p+i)\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)(p+i)}=\lim_{p\to -i}\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)}=$$

$$=\frac{-5e^{-it}}{-2i\,(-2i)}=\frac{-5e^{-it}}{-4}=\frac{5}{4}(\cos t-i\sin t)=\frac{5}{4}\cos t-\frac{5}{4}i\sin t.$$

Складывая вычеты, получим искомый оригинал

$$f(t)=\frac{1}{2}te^{-t}-\frac{5}{2}e^{-t}+\frac{5}{2}\cos t.$$

14. Применение операционного исчисления к решению линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

Задача Коши

Требуется найти частное решение уравнения

$$a_0 y^{(n)}(t) + + a_1 y^{(n-1)}(t) + \ldots + a_{n-1} y'(t) + a_n y(t) = f(t)\ (a_0 \neq 0),$$

удовлетворяющее условиям: $y(0) = y_0, \quad y'(0) = y_1, \ldots, y^{(n-1)}(0) = y_{n-1}.$

Операционным методом (с помощью преобразования Лапласа) эта задача может быть решена в предположении, что функция $f(t)$, искомая функция $y(t)$ и ее производные до *n*-го порядка включительно, являются оригиналами.

Пусть $y(t) = Y(p), \quad f(t) = F(p),$ тогда по теореме о дифференцировании оригинала имеем

$$y'(t) = pY(p) - y^0; \quad y''(t) = p^2 Y(p) - py_0 - y_1, \ldots,$$

$$y^{(n)}(t) = p^n Y(p) - p^{n-1} y_0 - \ldots py_{n-2} - y_{n-1}.$$

Применяя линейность преобразования Лапласа, перейдем в заданном дифференциальном уравнении от оригиналов к изображениям:

$$a_0(p^n Y(p) - p^{n-1} y_0 - \ldots - py_{n-2} - y_{n-1}) +$$
$$+ a_1(p^{n-1} Y(p) - p^{n-2} y_0 - \ldots - y_{n-2}) +$$
$$+ \ldots + a_{n-1}(pY(p) - y_0) + a_n Y(p) = F(p).$$

Полученное уравнение – это алгебраическое уравнение первой степени относительно $Y(p)$. Решая его, находим

$$Y(p) = \frac{F(p) + \Phi(p)}{\Psi(p)},$$

где

$$\Psi(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + ... + a_n,$$

$$\Phi(p) = y_0(a_0 p^{n-1} + a_1 p^{n-1} + ... + a_{n-1}) +$$

$$+ y_1(a_0 p^{n-2} + a_1 p^{n-3} + ... + a_{n-2}) + ... +$$

$$+ y_{n-2}(a_0 p + a_1) + a_0 y_{n-1}.$$

$\Phi(p)$ - многочлен степени не выше, чем n-1, с коэффициентами, зависящими от начальных условий. Если все начальные значения равны нулю, то $\Phi(p) = 0$.

Далее, для найденного изображения $Y(p)$ находим оригинал $y(t)$, который и будет искомым частным решением дифференциального уравнения.

Преимущество операционного метода решения задачи Коши перед классическими методами состоит в том, что уравнение для $Y(p)$ является линейным алгебраическим и, следовательно, в математическом отношении более простым, чем исходное дифференциальное уравнение. Во-вторых, операционным методом сразу находится част-

ное решение, удовлетворяющее заданным начальным условиям, и не надо искать общее решение этого уравнения.

Пример 1

Решить уравнение $y''-4y=te^{-t}$ при начальных условиях $y(0)=2,\quad y'(0)=0.$

Решение

Пусть $y(t)=Y(p)$, тогда

$$y'(t)=pY(p)-y(0)=pY(p)-2,$$
$$y''(t)=p^2Y(p)-py(0)-y'(0)=p^2Y(p)-2p.$$

Переходим в уравнении к изображениям:

$$p^2Y(p)-2p-4Y(p)=\frac{1}{(p+1)^2},$$

решаем это уравнение

$$(p^2-4)Y(p)=\frac{1}{(p+1)^2}+2p;\quad (p^2-4)Y(p)=\frac{1+2p^3+4p^2+2p}{(p+1)^2}.$$

$$Y(p)=\frac{2p^3+4p^2+2p+1}{(p+1)^2(p^2-4)}\ \text{ или }\ Y(p)=\frac{2p^3+4p^2+2p+1}{(p+1)^2(p-2)(p+2)}.$$

Разложим полученную для $Y(p)$ правильную рациональную дробь на сумму простейших дробей.

$$\frac{2p^3+4p^2+2p+1}{(p-2)(p+2)(p+1)^2}=\frac{A}{p-2}+\frac{B}{p+2}+\frac{C}{(p+1)^2}+\frac{D}{p+1},$$

$$2p^3+4p^2+2p+1=A(p+2)(p+1)^2+B(p-2)(p+1)^2+$$

$$+C(p-2)(p+2)+D(p+1)(p-2)(p+2).$$

$$p=2 \qquad 16+16+4+1=A\cdot 36, \qquad 37=36A, \qquad A=\frac{37}{36}$$

$$p=-2 \qquad -16+16-4+1=B\cdot(-4), \qquad -3=-4B, \qquad B=\frac{3}{4}$$

$$p=-1 \qquad -2+4-2+1=C\cdot(-3), \qquad 1=-3C, \qquad C=-\frac{1}{3}$$

$$p^3: \quad 2=A+B+D, \quad D=2-A-B=2-\frac{37}{36}-\frac{3}{4}=\frac{72-37-27}{36}=\frac{8}{36}=\frac{2}{9}.$$

Тогда

$$Y(p)=\frac{37}{36}\cdot\frac{1}{p-2}+\frac{3}{4}\cdot\frac{1}{p+2}-\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{(p+1)^2}+\frac{2}{9}\cdot\frac{1}{p+1},$$

а искомое частное решение дифференциального уравнения есть

$$y(t)=\frac{37}{36}e^{2t}+\frac{3}{4}e^{-2t}-\frac{1}{3}te^{-t}+\frac{2}{9}e^{-t}.$$

Пример 2

Решить уравнение $x'''+2x'=4e^{-t}$ при начальных условиях $x(0)=x'(0)=x''(0)=0$.

Решение

Пусть $x(t) = X(p)$, тогда

$$x'(t) = pX(p) - x(0) = pX(p),$$

$$x'''(t) = p^3X(p) - p^2(x(0)) - px'(0) - x''(0) = p^3X(p),$$

$$4e^{-t} == \frac{4}{p+1}.$$

Переходим в дифференциальном уравнении к изображениям

$$p^3X(p) + 2pX(p) = \frac{4}{p+1},$$

$$(p^3 + 2p)X(p) = \frac{4}{p+1},$$

откуда

$$X(p) = \frac{4}{(p+1)(p^3+2p)} \text{ или } X(p) = \frac{4}{p(p+1)(p^2+2)}.$$

$$\frac{4}{p(p+1)(p^2+2)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+1} + \frac{Cp+D}{p^2+2}$$

$$4 = A(p+1)(p^2+2) + Bp(p^2+2) + (Cp+D)p(p+1)$$

$p = 0$ $\quad 4 = 2A,$ $\quad A = \frac{4}{2} = 2$

$p = -1$ $\quad 4 = B \cdot (-3),$ $\quad B = \frac{4}{-3} = -\frac{4}{3}$

$p^3:$ $\quad 0 = A + B + C,$ $\quad C = -A - B = -2 + \frac{4}{3} = -\frac{2}{3}$

$p^2:$ $\quad 0 = A + D + C,$ $\quad D = -A - C = -2 + \frac{2}{3} = -\frac{4}{3}.$

Тогда

$$X(p)=2\cdot\frac{1}{p}-\frac{4}{3}\cdot\frac{1}{p+1}-\frac{2}{3}\cdot\frac{p}{p^2+2}-\frac{4}{3\sqrt{2}}\cdot\frac{\sqrt{2}}{p^2+2}.$$

Искомое частное решение $x(t)$ есть

$$x(p)=2-\frac{4}{3}e^{-t}-\frac{2}{3}\cdot\cos\sqrt{2}\,t-\frac{4}{3\sqrt{2}}\sin\sqrt{2}\,t\,.$$

15. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом

Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом решаются так же, как и одно уравнение. Отличие будет лишь в том, что вместо одного изображающего уравнения будем иметь систему таких уравнений, причем эта система в отношении изображений искомых функций будет линейной алгебраической.

Пример 1

Решить систему $\begin{cases} x'+3x+y=0 \\ y'-x+y=0 \end{cases}$ при начальных условиях $x(0)=1,\ y(0)=1.$

Решение

Пусть

$$x(t) = X(p), \quad y(t) = Y(p),$$

тогда

$$x'(t) = pX(p) - 1; \quad y'(t) = pY(p) - 1.$$

Переходим в уравнениях к изображениям

$$\begin{cases} pX(p) - 1 + 3X(p) + Y(p) = 0 \\ pY(p) - 1 - X(p) + Y(p) = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (p+3)X(p) + Y(p) = 1 \\ -X(p) + (p+1)Y(p) = 1 \end{cases}$$

Получили линейную алгебраическую систему с неизвестными $X(p)$ и $Y(p)$.

Решение этой системы находим по формулам Крамера.

$$X(p) = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad Y(p) = \frac{\Delta_2}{\Delta},$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} p+3 & 1 \\ -1 & p+1 \end{vmatrix} = (p+3)(p+1) + 1 = p^2 + 3p + p + 3 + 1 = (p+2)^2,$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & p+1 \end{vmatrix} = p + 1 - 1 = p,$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} p+3 & 1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = p + 3 + 1 = p + 4.$$

Тогда $X(p)=\dfrac{p}{(p+2)^2}$; $Y(p)=\dfrac{p+4}{(p+2)^2}$.

Для нахождения оригиналов $x(t)$ и $y(t)$ найденные их изображения преобразуем

$$X(p)=\frac{p}{(p+2)^2}=\frac{(p+2)-2}{(p+2)^2}=\frac{1}{p+2}-\frac{2}{(p+2)^2}=e^{-2t}-2te^{-2t};$$

$$Y(p)=\frac{p+4}{(p+2)^2}=\frac{(p+2)+2}{(p+2)^2}=\frac{1}{p+2}+\frac{2}{(p+2)^2}=e^{-2t}+2te^{-2t}.$$

Частное решение системы дифференциальных уравнений есть

$$\begin{cases} x(t)=e^{-2t}(1-2t), \\ y(t)=e^{-2t}(1+2t). \end{cases}$$

Пример 2

Решить систему $\begin{cases} x'+x-y=e^t \\ y'-x+y=\sin t \end{cases}$

при начальных условиях $x(0)=1, \quad y(0)=0.$

Решение

Пусть

$$x(t)=X(p), \quad y(t)=Y(p),$$

тогда

$$x'(t)=pX(p)-1; \quad y'(t)=pY(p).$$

Переходим в уравнениях к изображениям

$$\begin{cases} pX(p)-1+X(p)-Y(p)=\dfrac{1}{p-1} \\ pY(p)-X(p)+Y(p)=\dfrac{1}{p^2+1} \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (p+1)X(p)-Y(p)=\dfrac{1}{p-1}+1 \\ -X(p)+(p+1)Y(p)=\dfrac{1}{p^2+1}, \end{cases}$$

$$X(p)=\frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad Y(p)=\frac{\Delta_2}{\Delta},$$

$$\Delta=\begin{vmatrix} p+1 & -1 \\ -1 & p+1 \end{vmatrix}=(p+1)^2-1=p^2+2p,$$

$$\Delta_1=\begin{vmatrix} \dfrac{p}{p-1} & -1 \\ \dfrac{1}{p^2+1} & p+1 \end{vmatrix}=\frac{p(p+1)}{p-1}+\frac{1}{p^2+1}=$$

$$=\frac{p^4+p^3+p^2+p+p-1}{(p-1)(p^2+1)}=\frac{p^4+p^3+p^2+2p-1}{(p-1)(p^2+1)},$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} p+1 & \dfrac{p}{p-1} \\ -1 & \dfrac{1}{p^2+1} \end{vmatrix} = \frac{p+1}{p^2+1} + \frac{p}{p-1} =$$

$$= \frac{p^2-1+p^3+p}{(p-1)(p^2+1)} = \frac{p^3+p^2+p-1}{(p-1)(p^2+1)}.$$

Тогда

$$X(p) = \frac{p^4+p^3+p^2+2p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}, \quad Y(p) = \frac{p^3+p^2+p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}.$$

Каждую из правильных рациональных дробей представим в виде суммы простейших дробей

$$\frac{p^4+p^3+p^2+2p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+2} + \frac{C}{p-1} + \frac{Dp+E}{p^2+1},$$

$$p^4+p^3+p^2+2p-1 = A(p+2)(p-1)(p^2+1) + Bp(p-1)(p^2+1) +$$

$$+ Cp(p+2)(p^2+1) + (Dp+E)p(p+2)(p-1)$$

$p=0 \qquad -1 = -2A, \qquad A = \dfrac{1}{2}$

$p=1 \qquad 4 = 6C, \qquad C = \dfrac{2}{3}$

$p=-2 \qquad 16-8+4-4-1=30B, \quad 7=30B, \quad B=\frac{7}{30}$

$p^4: \quad 1=A+B+C+D, \quad D=1-A-B-C=1-\frac{1}{2}-\frac{7}{30}-\frac{2}{3}=-\frac{2}{5}$

$p=-1 \quad -2=-4A+4B-2C-2D+2E.$

$$E=-1+2A-2B+C+D=-1+1-\frac{7}{15}+\frac{2}{3}-\frac{2}{5}=-\frac{1}{5}$$

$$X(p)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{p}+\frac{7}{30}\cdot\frac{1}{p+2}+\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{p-1}-\frac{2}{5}\cdot\frac{p}{p^2+1}-\frac{1}{5}\cdot\frac{1}{p^2+1}.$$

По изображению $X(p)$ находим оригинал $x(t)$:

$$x(t)=\frac{1}{2}+\frac{7}{30}e^{-2t}+\frac{2}{3}e^{t}-\frac{2}{5}\cos t-\frac{1}{5}\sin t,$$

$$x(0)=\frac{1}{2}+\frac{7}{30}+\frac{2}{3}-\frac{2}{5}=\frac{15+7+20-12}{30}=\frac{30}{30}=1.$$

$$\frac{p^3+p^2+p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}=\frac{A}{p}+\frac{B}{p+2}+\frac{C}{p-1}+\frac{Dp+E}{p^2+1},$$

$$p^3+p^2+p-1=A(p+2)(p-1)(p^2+1)+Bp(p-1)(p^2+1)+$$

$$+Cp(p+2)(p^2+1)+(Dp+E)p(p+2)(p-1)$$

$p=0 \qquad -1=-2A, \qquad A=\frac{1}{2}$

$p=1 \qquad 2=6C, \qquad C=\frac{1}{3}$

$$p=-2 \qquad -7=30B, \qquad\qquad B=-\frac{7}{30}$$

$$p^4: \qquad 0=A+B+C+D, \qquad D=-A-B-C=-\frac{1}{2}+\frac{7}{30}-\frac{1}{3}=-\frac{3}{5}$$

$$p=-1 \qquad -2=-4A+4B-2C-2D+2\mathrm{E}$$

$$E=-1+2A-2B+C+D=-1+1+\frac{7}{15}+\frac{1}{3}-\frac{3}{5}=+\frac{1}{5}$$

$$Y(p)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{p}-\frac{7}{30}\cdot\frac{1}{p+2}+\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{p-1}-\frac{3}{5}\cdot\frac{p}{p^2+1}+\frac{1}{5}\cdot\frac{1}{p^2+1}.$$

Искомый оригинал $y(t)$ равен

$$y(t)=\frac{1}{2}-\frac{7}{30}e^{-2t}+\frac{1}{3}e^{t}-\frac{3}{5}\cos t+\frac{1}{5}\sin t,$$

$$y(0)=\frac{1}{2}-\frac{7}{30}+\frac{1}{3}-\frac{3}{5}=\frac{15-7+10-18}{30}=\frac{0}{30}=0.$$

Частное решение системы дифференциальных уравнений есть

$$\begin{cases} x(t)=\dfrac{1}{2}+\dfrac{7}{30}e^{-2t}+\dfrac{2}{3}e^{t}-\dfrac{2}{5}\cos t-\dfrac{1}{5}\sin t \\ y(t)=\dfrac{1}{2}-\dfrac{7}{30}e^{-2t}+\dfrac{1}{3}e^{t}-\dfrac{3}{5}\cos t+\dfrac{1}{5}\sin t. \end{cases}$$

УПРАЖНЕНИЯ

1. Найти изображения для заданных оригиналов

$$1)\ f(t) = 2\cos 5t - e^{-t}\sin 4t;$$
$$2)\ f(t) = \sin 2(t-1)\cdot 1(t-1);$$
$$3)\ f(t) = 3t\cos 4t;$$
$$4)\ f(t) = (t-2)^3 e^{t-2}\cdot 1(t-2).$$

2. С помощью таблицы оригиналов и соответствующих им изображений и свойств преобразования Лапласа найти оригиналы по заданным изображениям:

$$1)\ F(p) = \frac{3p}{p^2-25} + \frac{2}{(p-2)^2+9};$$

$$2)\ F(p) = \frac{4p}{p^2-2p+5};$$
$$3)\ F(p) = \frac{p+8}{p^2+4p+7}e^{-p};$$

$$4)\ F(p) = \frac{7}{(p+3)^3} - \frac{p\,e^{-2p}}{p^2-16}.$$

3. Найти частные решения дифференциальных уравнений, удовлетворяющие заданным начальным условиям:

1) $y''-4y'+5y=e^t, \quad y(0)=0, \quad y'(0)=1;$

2) $y''-3y'+2y=e^t, \quad y(0)=2, \quad y'(0)=6;$

3) $y''+y'=\sin 2t, \quad y(0)=0, \quad y'(0)=0;$

4) $y''+4y'=3\cos t, \quad y(0)=0, \quad y'(0)=1.$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович И. Г., Лунц Г. Л., Эльсгольц Л. Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. – М.: Наука, 1970. – 380 с.

Ершова В. В. Импульсные функции. Функции комплексной переменной. Операционное исчисление. – М.: Наука, 1976. – 255 с.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Г. М. ПЛОТНИКОВА

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения

Екатеринбург
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……... 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ …… 5
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ……..… 25
ОТВЕТЫ ….…… 71
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……....83

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного обучения.

Пособие содержит 30 вариантов заданий по теме «Теория вероятностей». В начале пособия даны методические указания с подробными решениями аналогичных задач. В конце пособия указаны ответы.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и её приложений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

Задача 1

При массовом производстве полупроводниковых диодов вероятность брака при формовке 0,2. Какова вероятность того, что из 400 наугад взятых диодов ровно 84 будут бракованными?

Решение

Так как $n = 400$ представляет собой достаточно большое число и $p = 0{,}2$, то можно считать, согласно локальной теореме Лапласа, что случайная величина $X = k$ распределена по нормальному закону. Тогда вероятность того, что в n независимых испытаниях событие наступит ровно k раз, приближённо равна

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}}\varphi(x),$$

где

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}, \quad x = \frac{k-np}{\sqrt{npq}}.$$

По условиям задачи $k = 84$; $q = 0{,}8$, $p = 0{,}2$, $n = 400$, тогда

$$P(\mathrm{X} = 84) \approx \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}} \varphi\left(\frac{84 - 400 \cdot 0{,}2}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}}\right) =$$

$$= \frac{1}{8}\varphi(0{,}5) = \frac{1}{8} 0{,}3521 \approx 0{,}044.$$

Таблица функции $\varphi(x)$ для положительных значений x приводится в приложениях к учебникам (см., например [4], прил. 1. В. Е. Гмурман. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике). Для отрицательных значений x пользуются той же таблицей, так как функция $\varphi(x)$ – чётная.

Задача 2

Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах соответственно равны:

$$p_1 = 0{,}4;\ \ p_2 = 0{,}5;\ \ p_3 = 0{,}7.$$

Найти вероятности того, что в результате этих трёх выстрелов по мишени будет:

а) ровно одно попадание;

б) хотя бы одно попадание;

в) ровно два попадания.

Решение

а) Пусть событие A – одно попадание в мишень. Обозначим $A_1 - A_3 -$ события, означающие попадания в мишень соответственно при первом, втором и третьем выстрелах. Событие A выражается так

$$A = A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3,$$

где $\overline{A}_1 - \overline{A}_3 -$ события, противоположные соответственно событиям $A_1 - A_3$.

Применяя теорему сложения вероятностей для несовместных событий и теорему умножения для независимых событий, получим

$$P(A) = P(A_1\overline{A}_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1A_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1\overline{A}_2A_3) =$$

$$= P(A_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(A_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(A_3) =$$

$$= 0{,}4\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}7 = 0{,}36.$$

б) Пусть событие B – хотя бы одно попадание в мишень, тогда

$$B = A_1A_2A_3 + A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3.$$

Но легче подсчитать вероятность противоположного события $\overline{B}$ – ни одного попадания при трёх выстрелах:

$$\overline{B} = \overline{A}_1\overline{A}_2\overline{A}_3.$$

Тогда $P(B) = 1 - P(\overline{B}) = 1 - 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3 = 1 - 0{,}09 = 0{,}91.$

в) Пусть событие C равно двум попаданиям, тогда

$$C = A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + \overline{A}_1A_2A_3,$$

$$P(C) = 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3 + 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 + 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 = 0{,}41.$$

Задача 3

По каналу связи передаётся один из двух возможных сигналов x_1 или x_2. Сигнал x_2 передаётся в среднем в два раза чаще, чем сигнал x_1. Из-за наличия помех возможны искажения: вместо сигнала x_1 на приёме может быть получен сигнал x_2 и наоборот. Свойства канала связи таковы, что сигнал x_1 подвергается искажениям в 10 %, а сигнал x_2 – в 20 % случаев. Предположим, что получен сигнал x_1. Какова вероятность, что передан этот же сигнал?

Решение

Введём обозначения:

событие A – передан сигнал x_1;

событие B – получен сигнал x_1.

Тогда событие $\overline{A}$ – передан сигнал x_2. Событие B может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез) A и $\overline{A}$.

По условиям задачи:

$$P(A) = \frac{1}{3}; \quad P(\overline{A}) = \frac{2}{3}.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1, при условии, если передали этот же сигнал:

$$P(B/A)=0{,}9.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1, если передали сигнал x_2:

$$P(B/\overline{A})=0{,}2.$$

Искомую вероятность $P(A/B)$ находим по формуле Бейеса

$$P(A/B)=\frac{P(A)\cdot P(B/A)}{P(A)\cdot P(B/A)+P(\overline{A})\cdot P(B/\overline{A})}=\frac{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9}{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9+\frac{2}{3}\cdot 0{,}2}\approx 0{,}692.$$

Задача 4

"n" стрелков независимо друг от друга стреляют по одной и той же цели. Вероятность попадания для каждого стрелка равна $p=0{,}004$. Определить количество стрелков, которое потребуется для поражения цели с вероятностью не меньшей, чем $P=0{,}98.$

Решение

Пусть событие A – поражение цели стрелками, тогда $\overline{A}-$ промахи всех стрелков. Так как выстрелы производятся независимо друг от друга, то по теореме умножения вероятностей

$$P(\overline{A})=(1-p)^n,$$

а вероятность наступления события A

$$P(A)=1-P(\overline{A})=1-(1-p)^n.$$

По условию задачи необходимо, чтобы

$$1-(1-p)^n\geq P$$

или

$$1 - P \geq (1 - p)^n.$$

Отсюда

$$\lg(1 - P) \geq n \cdot \lg(1 - p)$$

и, с учетом того, что $\lg(1 - p) < 0$:

$$n \geq \frac{\lg(1 - P)}{\lg(1 - p)}.$$

При $p = 0{,}004$ и $P = 0{,}98$ получим

$$n \geq \frac{\lg 0{,}02}{\lg 0{,}996} \approx 976.$$

Ответ

Для поражения цели требуется не менее 976 стрелков.

Задача 5

Из партии, состоящей из 50 изделий, среди которых имеется 5 бракованных, выбраны случайным образом четыре изделия для проверки их качества. Построить ряд распределения случайного числа X бракованных изделий, содержащихся в выборке, и найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение случайной величины X. Найти функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Решение

Возможными значениями случайной величины X будут

$x_1 = 0$ (в выборке нет бракованных изделий);

$x_2 = 1$ (в выборке одно бракованное изделие);

$x_3 = 2; x_4 = 3; x_5 = 4$ (все четыре выбранных изделия бракованные).

Найдем вероятность того, что случайная величина X примет эти значения.

а) $x_1 = 0$.

Согласно классическому определению вероятности, вероятностью события A называется отношение числа благоприятных случаев m к общему числу случаев n:

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Общее число состоит из возможных комбинаций, которые можно образовать из 50 изделий по четыре, т. е.

$$n = C_{50}^4,$$

где число сочетаний вычисляется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Из этого числа случаев благоприятными являются только те выборки, которые не содержат бракованных изделий. Так как имеется 45 небракованных изделий, то число благоприятных случаев – это число способов, которыми можно выбрать 4 изделия из 45, т. е.

$$m = C_{45}^4,$$

тогда для $x_1 = 0$

$$p_1 = \frac{C_{45}^4}{C_{50}^4} = \frac{\frac{45!}{4!\cdot 41!}}{\frac{50!}{4!\cdot 46!}} = \frac{42\cdot 43\cdot 44\cdot 45}{47\cdot 48\cdot 49\cdot 50} = 0{,}64696.$$

б) $x_2 = 1$.

Общее число случаев $n = C_{50}^4$.

Благоприятными случаями являются те выборки, которые содержат одно бракованное изделие и три небракованных.

Число способов, которыми можно выбрать одного бракованное изделие из пяти, равно числу сочетаний из 5 по 1, т. е. C_5^1.

Кроме того, число способов, которыми можно выбрать остальные три небракованных изделия из 45, равно C_{45}^3. А так как каждое выбранное бракованное изделие может оказаться в одной выборке с каждой из троек небракованных

изделий, то число всех выборок по 4 изделия, в которых одно бракованное, а три небракованных, равно: $C_5^1 \cdot C_{45}^3$, тогда

$$p_2 = \frac{C_5^1 \cdot C_{45}^3}{C_{50}^4} = 0{,}30807.$$

в) Вероятность того, что случайная величина X примет значение, равное 2, равна $(x_3 = 2)$

$$p_3 = \frac{C_5^2 \cdot C_{45}^2}{C_{50}^4} = 0{,}043.$$

г) $x_4 = 3$.

$$p_4 = \frac{C_5^3 \cdot C_{45}^1}{C_{50}^4} = 0{,}00195.$$

д) $x_5 = 4$.

$$p_5 = \frac{C_5^4 \cdot C_{45}^0}{C_{50}^4} = 0{,}00002.$$

Получим следующий ряд распределения:

X	0	1	2	3	4
P	0,64696	0,30807	0,043	0,00195	0,00002

Определяем математическое ожидание (округлим до 0,001).

$$M(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i p_i = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 2 \cdot 0{,}043 + 3 \cdot 0{,}002 + 4 \cdot 0 = 0{,}398 \approx 0{,}4.$$

Дисперсию вычислим по формуле

$$D(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i^2 p_i - \left(M(X)\right)^2.$$

Для нахождения дисперсии составим ряд распределения для величины x^2 (вероятности округлены до 0,001)

X^2	0	1	4	9	16
P	0,647	0,308	0,043	0,002	0

тогда

$$D(X) = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 4 \cdot 0{,}043 + 9 \cdot 0{,}002 + 16 \cdot 0 - (0{,}4)^2 \approx 0{,}338 \approx 0{,}34.$$

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(x)$ рассчитывается по формуле

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{0{,}34} \approx 0{,}58.$$

Найдём функцию распределения $F(x)$. Согласно определению, функцией распределения случайной величины X называется вероятность того, что она примет значение меньшее, чем заданное x:

$$F(x) = P\{X < x\}.$$

1. Пусть $x \le 0$; так как число изделий отрицательным быть не может, то для любого $x \le 0$ (включая 0) $F(x) = 0.$
2. Пусть $0 < x \le 1$ (например, $x = 1/2$):

$$F(x) = P\{X = 0\} = 0{,}64696.$$

3. Пусть $1 < x \le 2$ (например, 1,75):

$$F(x) = P\{X < 2\} = P\{X = 0\} + P\{X = 1\} = 0{,}64696 + 0{,}30807 = 0{,}95503.$$

Очевидно, что и $F(2) = 0{,}95503$.

4. Пусть $2 < x \le 3$, тогда

$$F(x) = P\{X < 3\} = P\{x = 0\} + P\{x = 1\} + P\{x = 2\}$$

$$= 0{,}95503 + 0{,}043 = 0{,}99803.$$

5. Пусть $3 < x \le 4$: $F(x) = P\{X < 4\} = 0{,}99803 + 0{,}00195 = 0{,}999.$

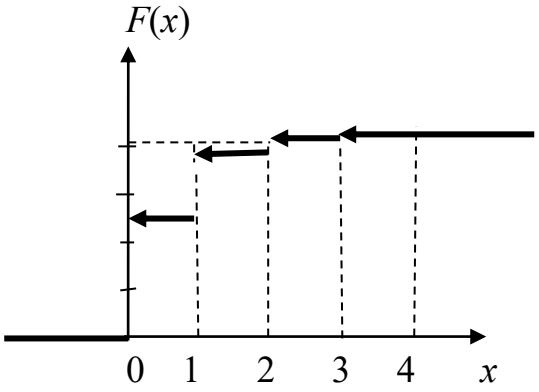
Тогда и $F(4) = 0{,}99998.$

6. Пусть $x > 4$: $F(x) = 0{,}99998 + 0{,}00002 = 1.$

Итого:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0, \\ 0{,}64696, & 0 < x \le 1, \\ 0{,}95503, & 1 < x \le 2, \\ 0{,}99803, & 2 < x \le 3, \\ 0{,}99998, & 3 < x \le 4, \\ 1, & x > 4 \end{cases}.$$

Изобразим графические функции $F(x)$:



Задача 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2, причем $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1, математическое ожидание $M(X)$ и $D(X)$. Найти закон распределения этой случайной величины, если $p_1 = 0{,}3; \quad M(X) = 3{,}4; \quad D(X) = 0{,}84.$

Решение

Сумма вероятностей всех возможных значений дискретной случайной величины равна единице, поэтому вероятность того, что X примет x_2, равна 1 – 0,3 = 0,7.

Напишем закон распределения X:

X	x_1	x_2
P	0,3	0,7

Для отыскания x_1 и x_2 надо составить два уравнения, связывающие эти числа. С этой целью выразим известные математическое ожидание и дисперсию через x_1 и x_2

Найдем $M(X)$

$$M(X) = 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2.$$

По условию: $M(X) = 3{,}4,$ следовательно,

$$0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \qquad (1)$$

Напишем закон распределения X^2

X^2	x_1^2	x_2^2
P	0,3	0,7

Найдём $M(X^2)$

$$M(X^2) = 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2.$$

Формула для нахождения дисперсии имеет вид

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2.$$

Подставляя, $D(X) = 0{,}84,$ получим

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 - (3{,}4)^2 = 0{,}84$$

или

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4. \qquad (2)$$

Объединяя уравнения (1) и (2), получим систему уравнений

$$\begin{cases} 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \\ 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 3x_1 + 7x_2 = 34 \\ 3x_1^2 + 7x_2^2 = 124. \end{cases}$$

Из первого уравнения находим

$$x_1 = \frac{34 - 7x_2}{3}.$$

Подставляя это значение x_1 во второе уравнение, получим после упрощения

$$5x_2^2 - 34x_2 + 56 = 0.$$

Корнями этого квадратного уравнения будут числа $x_2' = 2{,}8$ и $x_2'' = 4.$
Для $x_2' = 2{,}8$ находим

$$x_1' = \frac{34 - 7 \cdot 28}{3} = 4{,}8.$$

Для $x_2'' = 4$ находим

$$x_1'' = \frac{34 - 7 \cdot 4}{3} = 2.$$

Но по условию задачи $x_1 < x_2$, поэтому остаётся принять, что $x_1 = 2$ и $x_2 = 4.$

Таким образом, закон распределения случайной величины X имеет вид

X	2	4
P	0,3	0,7

Задача 7

Случайная величина X задана интегральной функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(x)$, дисперсию $D(x)$. Построить график функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $\left(\frac{\pi}{16};\frac{\pi}{12}\right)$, если

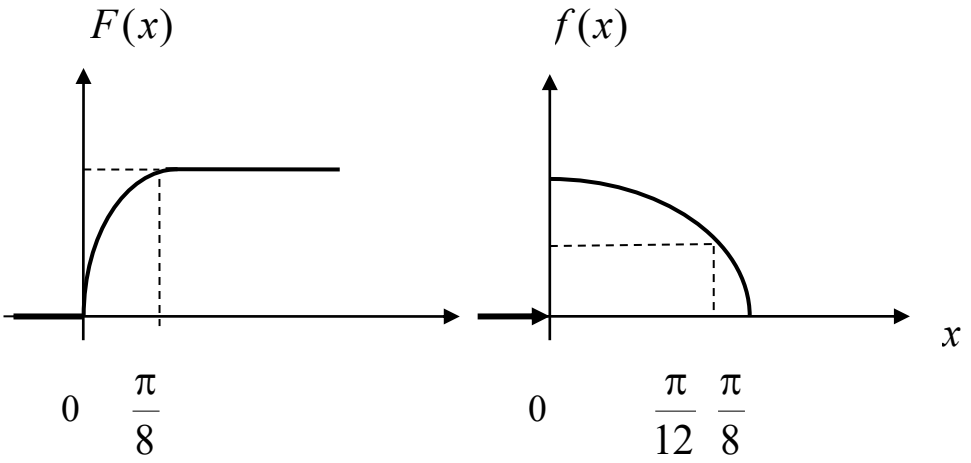
$$F(x)=\begin{cases}0, & \text{при} \quad x<0\\ \sin 4x, & \text{при} \quad 0\le x\le \frac{\pi}{8}\\ 1, & \text{при} \quad x>\frac{\pi}{8}\end{cases}$$

Решение

Для нахождения плотности вероятности $f(x)$ воспользуемся формулой $f(x)=F'(x)$. Тогда

$$f(x)=\begin{cases}0, & \text{при} \quad x<0\\ 4\cos 4x, & \text{при} \quad 0<x\le \frac{\pi}{8}\\ 0, & \text{при} \quad x>\frac{\pi}{8}.\end{cases}$$

Графики $F(x)$ и $f(x)$ таковы:



Для нахождения математического ожидания используем формулу

$$M(X)=\int_a^b x\cdot f(x)\,dx,$$

где a и b – границы интервала, которому принадлежат все возможные значения X.

Подставив $a=0;\quad b=\dfrac{\pi}{8};\quad f(x)=4\cos 4x$, получим

$$M(X)=\int_0^{\pi/8} x\cdot 4\cos 4x dx=4\int_0^{\pi/8} x\cdot\cos 4x dx=$$

$$=\left|\begin{array}{ll} u=x; & dv=\cos 4x dx \\ du=dx; & v=\dfrac{1}{4}\sin 4x \end{array}\right|=$$

$$=4x\frac{1}{4}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-4\int_0^{\pi/8}\frac{1}{4}\sin 4x=$$

$$=x\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-4\int_0^{\pi/8}\sin 4x dx=$$

$$=\frac{\pi}{8}\cdot\sin\frac{4\pi}{8}+\frac{1}{4}\cos 4x\Big|_0^{\pi/8}=\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}.$$

Для нахождения дисперсии воспользуемся формулой

$$D(X) = \int_a^b x^2 f(x)dx - M^2(X),$$

тогда

$$D(X) = 4\int_a^b x^2 \cos 4xdx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} u = x^2, & \cos 4xdx = dv \\ du = 2xdx, & v = \frac{1}{4}\sin 4x \end{array} \right| =$$

$$= 4\frac{1}{4}\sin 4x \cdot x^2 \Big|_0^{\pi/8} - 4\frac{1}{4}\int_0^{\pi/8} 2x \sin 4x - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= x^2 \sin 4x \Big|_0^{\pi/8} - 2\int_0^{\pi/8} x \sin 4xdx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} x = u, & \sin 4xdx = dv \\ dx = du, & v = -\frac{1}{4}\cos x \end{array} \right| =$$

$$\frac{\pi^2}{64} - 2(-\frac{1}{4}x\cos 4x\Big|_0^{\pi/8} + \frac{1}{4}\int_0^{\pi/8}\cos 4xdx) - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \frac{\pi^2}{64} - 2\frac{1}{16}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8} - -\left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \frac{\pi^2}{64} - \frac{1}{8} - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 = \frac{\pi - 3}{16}.$$

Вероятность того, что заданная величина X примет значения, заключённые в интервале $\left(\frac{\pi}{16};\frac{\pi}{12}\right)$, находится по формуле

$$P(a<X<b)=\int_a^b f(x)dx=F(b)-F(a),$$

тогда

$$P\left(\frac{\pi}{16}<X<\frac{\pi}{12}\right)=\sin 4x\Big|_{\pi/16}^{\pi/12}=\sin\frac{\pi}{3}-\sin\frac{\pi}{4}=$$

$$=\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{2}\approx 0{,}159.$$

Задача 8

Найти вероятность того, что в четырёх независимых испытаниях событие A повторится:

а) ровно два раза;

б) не менее двух раз;

в) не более двух раз;

г) хотя бы один раз,

если в каждом испытании вероятность появления события A равна 0,4.

Решение

Для решения задачи воспользуемся формулой Бернулли: вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события $p(0<p<1)$, событие наступит ровно k раз (безразлично, в какой последовательности), равна

$$P_n(k)=C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $q=1-p;$ тогда вероятность того, что в четырёх испытаниях событие A наступит:

а) ровно два раза, равна

$$P_4(2)=C_4^2\cdot 0{,}4^2\cdot 0{,}6^2=\frac{4!}{2!\cdot 2!}0{,}16\cdot 0{,}36=0{,}3456;$$

б) не менее двух раз:

$$P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) = 0{,}3456 + 0{,}1536 + 0{,}0256 = 0{,}5248;$$

в) не более двух раз:

$$P_4(0) + P_4(1) + P_4(2) = 1 - P_4(3) - P_4(4) =$$

$$= 1 - 0{,}1536 - 0{,}0256 = 0{,}8208;$$

г) хотя бы один раз:

$$P_4(1) + P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) = 1 - P_4(0) =$$

$$= 1 - C_4^0 \cdot 0{,}4^0 \cdot 0{,}6^4 = 1 - 0{,}1296 = 0{,}8704.$$

Задача 9

Известны математическое ожидание $a = 7$ и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (4, 13).

Решение

Вероятность того, что нормально распределённая величина X примет значение, принадлежащее интервалу (α, β), равна:

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

Подставив $\alpha = 4, \quad \beta = 13, \quad a = 7$ и $\sigma = 3$, получим

$$P(4 < X < 13) = \Phi\left(\frac{13 - 7}{3}\right) - \Phi\left(\frac{4 - 7}{3}\right) = \Phi(2) - \Phi(-1) = \Phi(2) + \Phi(1).$$

По таблице значений функций Лапласа (смотреть, например [4]. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, прил. 2) находим:

$$\Phi(2) = 0{,}4772; \quad \Phi(1) = 0{,}3413,$$

тогда

$$P(4 < X < 13) = 0{,}4772 + 0{,}3413 = 0{,}8185.$$

Задача 10

В лифт семиэтажного дома на первом этаже вошли три человека. Каждый из них с одинаковой вероятностью выходит на любом из этажей, начиная со второго. Найти вероятности следующих событий:

A – все пассажиры выйдут на четвёртом этаже;

B – все пассажиры выйдут одновременно (на одном и том же этаже);

C – все пассажиры выйдут на разных этажах.

Решение

Общее число случаев $n = 6^3 = 216, \quad P(A) = \frac{1}{216}$. Вероятность события B вшестеро больше вероятности события A (так как этажей, на которых можно выйти, 6); $m = 6$ и $\mathrm{P(B)} = \frac{6}{216} = \frac{1}{36}$. Для события C число способов, которыми можно распределить трёх пассажиров по шести этажам: $m = C_6^3 = 20;$ $P(C) = \frac{20}{216} = \frac{5}{54.}$

Задача 11

Двое поочередно бросают монету. Выигрывает тот, у которого раньше появится герб. Определить вероятность выигрыша для каждого из игроков.

Решение

Вероятность выигрыша для игроков обозначим p_1 и p_2.

$$p_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} + \cdots = \frac{2}{3}.$$

Имеем сумму бесконечно убывающей геометрической прогрессии, где $b_1 = \frac{1}{2}, \quad q = \frac{1}{4}, S = \frac{b_1}{1-q} = \frac{2}{3}.$

$$p_2 = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^6} + \cdots = \frac{1}{3},$$

где $b_1 = \frac{1}{4}, \quad q = \frac{1}{4}.$

Другое решение:

$$p_1 + p_2 = 1,\ p_2 = \frac{1}{2} p_1, \quad \text{т. е.} \quad p_1 = \frac{2}{3},\ p_2 = \frac{1}{3}.$$

Задача 12

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $f(x) = \gamma e^{-x^2+2x+3}$. Найти γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}.$

Решение

Используем формулы для нормального распределения. Плотность нормального распределения: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}}$. Преобразуем заданную функцию:

$$f(x) = \gamma e^{-((x^2-2x+1)-1-3)} = \gamma e^{-(x-1)^2+4} = \gamma e^4 e^{-(x-1)^2}.$$

Отсюда имеем:

$$2\sigma^2 = 1, \quad D(X) = \sigma^2 = \frac{1}{2}, \quad \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$\gamma e^4 = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{2\pi}}; \quad \gamma = \frac{1}{e^4\sqrt{\pi}};$$

$$F(x)=\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)=\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{x-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)=\frac{1}{2}+\Phi(\sqrt{2}(x-1));$$

$$P(\alpha<X<\beta)=\Phi\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right);$$

$$P\left(-\frac{1}{3}<X<\frac{4}{3}\right)=\Phi\left(\frac{\frac{4}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)-\Phi\left(\frac{-\frac{1}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)=\Phi\left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right)+\Phi\left(\frac{4\sqrt{2}}{3}\right)=$$

$$=\Phi(0{,}4714)+\Phi(1{,}8856)=0{,}1808+0{,}4706=0{,}6514.$$

Задача 13

Дана плотность распределения случайной величины X:

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a,b],\\ 0, & x\bar{\in}[a,b].\end{cases}$$

Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y, которая представляет собой площадь квадрата со стороной x, если $a = 4$, $b = 6$.

Решение

$$Y = \varphi(x) = x^2, \qquad M(Y) = \int_a^b \varphi(x) f(x) dx,$$

$$M(Y) = \int_4^6 x^2 \frac{(x-4)}{2} dx = \frac{86}{3};$$

$$D(Y) = \int_a^b \varphi^2(x) f(x) dx - M^2(Y);$$

$$D(Y) = \int_4^6 x^4 \frac{(x-4)}{2} dx - \left(\frac{86}{3}\right)^2 = \frac{1084}{45} \approx 24{,}1.$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант № 1

1. Два брата входят в состав двух различных спортивных команд, состоящих из 12 человек каждая. В двух урнах имеется по 12 билетов с номерами от 1 до 12. Члены каждой команды вынимают наудачу по одному билету из определенной урны (без возвращения). Найти вероятность того, что оба брата вытащат номер 6.

2. Радиолампа может принадлежать к одной из трёх партий с вероятностями 0,25; 0,5; 0,25. Вероятности того, что лампа проработает заданное число часов, равны для этих партий, соответственно, 0,1; 0,2; 0,5. Определить вероятность того, что радиолампа проработает заданное число часов.

3. Чему равна вероятность того, что при бросании трёх игральных костей 6 очков появится хотя бы один раз?

4. Вероятность выхода из строя за время T одного конденсатора равна 0,2. Определить вероятность того, что за время T из 100 конденсаторов выйдут из строя:

а) не менее 20 конденсаторов;

б) менее 28 конденсаторов;

в) от 14 до 26 конденсаторов.

5. Опыт состоит из трёх бросаний монеты, из которых герб выпадает с вероятностью p = 0,5. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 2

1. Студент знает 45 из 60 вопросов программы. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) все три вопроса; б) только два; в) только один вопрос.

2. Устройство содержит 2 независимо работающих элемента. Вероятности отказа элементов соответственно равны 0,05 и 0,08. Найти вероятность отказа устройства, если для этого достаточно, чтобы отказал хотя бы один элемент.

3. При передаче сообщения сигналами «точка» и «тире» эти сигналы встречаются в соотношении 5/3. Статистические свойства помех таковы, что искажаются в среднем 2/5 сообщений «точка» и 1/3 сообщений «тире». Найти вероятность того, что произвольный из принятых сигналов не искажён.

4. Вероятность поражения мишени стрелком при одном выстреле равна 0,75. Найти вероятность того, что при 10 выстрелах, стрелок поразит мишень 8 раз. Результат, полученный применением локальной теоремы Лапласа, сравнить с результатом, полученным по формуле Бернулли.

5. Опыт состоит из четырех независимых бросаний монеты, в каждом из которых герб выпадает с вероятностью $p = 0{,}5$. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 3

1. В каждой из двух урн находится 5 белых и 10 черных шаров. Из первой урны переложили во вторую наудачу один шар, а затем из второй вынули наугад один шар. Найти вероятность того, что вынутый шар окажется чёрным.

2. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,8. Найти вероятность того, что из двух проверенных изделий только одно стандартное.

3. В лотерее 1000 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 500 рублей, на 10 билетов – по 100 рублей, на 50 билетов – по 20 рублей, на 100 билетов – по 5 рублей, остальные билеты невыигрышные. Некто покупает 1 билет. Найти вероятность выигрыша не менее 20 рублей.

4. Для определения содержания полезных компонентов на металлургическом комбинате проводится опробование вагонов с товарной рудой. Найти вероятность того, что из 400 вагонов опробование пройдут ровно 80 вагонов, если из 5 вагонов опробуется только один.

5. Производится 4 выстрела по мишени. Вероятность попадания при каждом выстреле равна 0,3. Для случайного числа попаданий построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения, г) найти математическое ожидание.

Вариант № 4

1. Три стрелка в одинаковых и независимых условиях производят по одному выстрелу по одной и той же цели. Вероятность поражения цели первым стрелком равна 0,9, вторым – 0,8, третьим – 0,7. Найти вероятность того, что: а) только один из стрелков попадает в цель; б) только два стрелка попадут в цель; в) все три стрелка попадут в цель.

2. Наборщик пользуется двумя кассами. В первой кассе – 90 %, а во второй – 80 % отличного шрифта. Найти вероятность того, что любая извлечённая литера из наудачу взятой кассы будет отличного качества.

3. Студент знает 70 из 90 вопросов программы. Найти вероятность того, что студент знает предложенные ему экзаменатором 3 вопроса.

4. Имеются 100 станков одинаковой мощности, работающих независимо друг от друга в одинаковом режиме, при котором их привод оказывается включённым в течение $p = 0{,}8$ всего рабочего времени. Какова вероятность того, что в произвольно взятый момент времени окажутся включенными от 70 до 80 станков?

5. Производится взрывание пяти скважин. Вероятность высокой эффективности объёма взорванной массы одной скважины равна 0,7. Построить ряд распределения эффективности объёма взорванной массы и найти её математическое ожидание.

Вариант № 5

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 1600 испытаниях событие наступит 1200 раз.

2. Автомат штампует детали. Вероятность того, что за один час не будет выпущено ни одной нестандартной детали, равна 0,9. Найти вероятность того, что будут стандартными все детали, выпущенные за 3 часа.

3. Число грузовых автомашин, проезжающих по шоссе, на котором стоит бензоколонка, относится к числу легковых автомашин как 3/2. Вероятность того, что будет заправляться грузовая машина, равна 0,1, для легковой машины эта вероятность равна 0,2. К бензоколонке подъехала для заправки машина. Найти вероятность того, что эта машина грузовая.

4. Из цифр 1 – 5 выбирается наудачу одна, затем из оставшихся также наудачу выбирается вторая. Найти вероятности следующих событий:

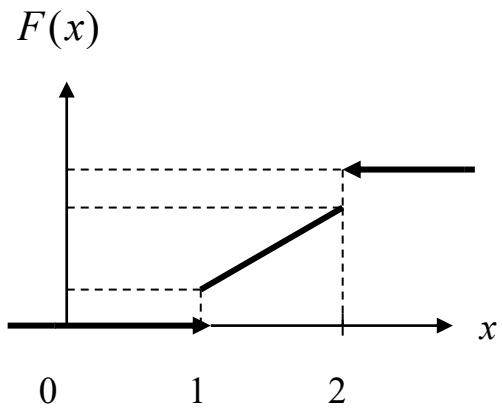
событие A – первая цифра чётная;

событие $Б$ – вторая цифра чётная;

событие B – обе цифры чётные;

событие D – хотя бы одна цифра чётная.

5. Случайная величина X имеет функцию распределения, заданную графически.



Значения $x=1$ и $x=2$ имеют отличные от нуля вероятности:

$$P\{x=1\}=0{,}25,$$
$$P\{x=2\}=0{,}75,$$

при $x<1$ $F(x)=0,$ при $x>2$ $F(x)=1.$

На участке $1\le x\le 2$ $F(x)$ изменяется по линейному закону. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 6

1. Для сигнализации об аварии установили три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии сработает первое устройство, равна 0,9; второе – 0,95 и третье – 0,85. Найти вероятность того, что при аварии сработает: а) только одно устройство; б) только два устройства; в) все три устройства.

2. Рабочий обслуживает три станка, на которых обрабатываются однотипные детали. Вероятность брака для первого станка равна 0,02; для второго – 0,03; для третьего – 0,04. Обработанные детали складываются в один ящик. Производительность первого станка в три раза больше, чем второго, а третьего – в два раза меньше, чем второго. Определить вероятность того, что взятая наудачу деталь будет бракованной.

3. Какова вероятность того, что квадрат выбранного наудачу целого числа будет оканчиваться цифрой 1.

4. В ОТК поступила партия изделий. Вероятность того, что наудачу взятое изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что из 100 проверенных изделий окажется стандартных не менее 84.

5. Производятся последовательные испытания приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9.

Вариант № 7

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,07. Найти вероятность того, что в 1400 испытаниях событие наступит ровно 28 раз.

2. Два автомата производят детали, которые поступают на общий конвейер. Вероятность получения нестандартной детали на первом автомате равна 0,06, а на втором – 0,09. Производительность второго автомата вдвое больше, чем первого. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь нестандартна.

3. Из колоды в 52 карты вынимается наудачу три карты. Найти вероятность того, что это тройка, семёрка и туз.

4. Монета подбрасывается 5 раз. Найти вероятность следующих событий:
событие A – все пять раз появится герб;
событие $Б$ – хотя бы один раз появится герб;
событие B – герб появится ровно два раза.

5. В денежной лотерее выпущено 100 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 50 руб.; четыре выигрыша по 25 руб.; десять – по 10 руб.; остальные невыигрышные. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша) и найти математическое ожидание.

Вариант № 8

1. В партии из 100 деталей имеются 10 дефектных. Найти вероятность того, что среди 5 изделий, наудачу взятых из этой партии, только 2 окажутся дефектными.

2. В двух ящиках содержится по 20 деталей, причём из них в первом ящике 17, а во втором – 15 нестандартных деталей. Из второго ящика наудачу извлечена одна деталь и переложена в первый ящик. Найти вероятность того, что наудачу извлеченная деталь из первого ящика будет стандартной.

3. Данное предприятие в среднем даёт 21 % продукции высшего сорта и 70 % продукции первого сорта. Найти вероятность того, что случайно взятое изделие окажется первого или высшего сорта.

4. Вероятность того, что в результате четырёх независимых опытов событие A произойдёт хотя бы один раз, равна 0,5. Определить вероятность появления события A при одном опыте, если она во всех опытах остаётся неизменной.

5. Игральная кость брошена 2 раза. Написать ряд распределения числа появлений «тройки» и найти математическое ожидание.

Вариант № 9

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 125 испытаниях событие наступит не менее 75 и не более 90 раз.

2. Две перфораторщицы набили по одинаковому комплекту перфокарт, вероятность того, что первая перфораторщица допустит ошибку, равна 0,05, для второй эта вероятность равна 0,1. При сверке перфокарт была обнаружена ошибка. Найти вероятность того, что ошиблась первая перфораторщица.

3. Два студента ищут нужную им книгу в букинистических магазинах. Вероятность того, что книга будет найдена первым студентом, равна 0,6, а вторым – 0,7. Какова вероятность того, что только один из студентов найдет книгу?

4. С помощью карточек, на которых написано по одной букве, составлено слово «карета». Карточки перемешиваются, а затем наугад извлекаются по одной. Какова вероятность, что в порядке поступления букв образуется слово «ракета»?

5. На пути движения автомашины 4 светофора. Каждый из них с вероятностью 0,5 либо разрешает, либо запрещает автомашине дальнейшее движение. Построить ряд и многоугольник распределения вероятностей числа светофоров, пройденных автомашиной без остановки.

Вариант № 10

1. На трёх станках при одинаковых и независимых условиях изготовляются детали одного наименования. На первом станке изготовляется 10 %, на втором – 30 %, на третьем – 60 % всех деталей. Для каждой детали вероятность быть бездефектной равна 0,7, если она изготовлена на первом станке; 0,8 – если она изготовлена на втором станке; 0,9 – на третьем станке. Найти вероятность того, что наугад взятая деталь окажется бездефектной.

2. Для поражения цели достаточно попадания хотя бы одного снаряда. Произведено 2 залпа из двух орудий. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель при одном выстреле из 1-го орудия равна 0,3, а из второго – 0,4.

3. На столе лежат 36 экзаменационных билетов с номерами 1, 2, …, 36. Преподаватель берёт три любых билета. Какова вероятность того, что они из первых четырёх?

4. Вероятность для данного спортсмена улучшить свой предыдущий результат с одной попытки равна 0,6. Определить вероятность того, что на соревнованиях спортсмен улучшит свой результат, если разрешается делать две попытки.

5. Энергосистема состоит из четырёх блоков, работающих независимо. Вероятность исправного состояния блоков в течение времени T равна 0,6. Рассматривается случайная величина X – число блоков, находящихся в исправном состоянии в течение времени T. Построить ряд распределения, функцию распределения величины X. Найти её математическое ожидание.

Вариант № 11

1. Из трёх орудий произведены залпы по цели. Вероятность попадания в цель при одном выстреле из первого орудия равна 0,9, для второго и третьего орудий эти вероятности соответственно равны 0,8 и 0,6. Найти вероятность того, что только одно орудие попадает в цель.

2. На сборку поступают детали с двух автоматов. Первый автомат даёт 0,2 % брака, а второй – 0,3 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступило 3000, а со второго 2000 деталей.

3. На экзамене студенту предлагается 20 билетов. В каждом билете 3 вопроса. Из 60 вопросов, вошедших в билеты, студент знает 50. Какова вероятность того, что взятый студентом билет будет состоять из известных ему вопросов?

4. Аппаратура содержит 2000 одинаково надёжных элементов, вероятность отказа от каждого из которых равна $p = 0{,}0005$. Какова вероятность отказа: а) одного элемента; б) хотя бы одного элемента.

5. В техническом устройстве работают независимо 2 блока. Вероятность безотказной работы первого блока 0,4; второго – 0,7. Случайная величина X – число работающих блоков. Построить ряд распределения, многоугольник распределения случайной величины X. Найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение.

Вариант № 12

1. Из 50 проб химического состава рудной массы в 35 пробах обнаружено наличие тяжелых металлов. Найти вероятность того, что тяжёлые металлы содержатся в двух взятых наудачу пробах.

2. Детали проходят три операции обработки. Вероятность получения брака на первой операции равна 0,02; на второй – 0,03; на третьей – 0,02. Найти вероятность получения небракованной детали после трёх операций, предполагая, что получение брака на отдельных операциях являются событиями независимыми.

3. При разрыве снаряда образуются крупные, средние и мелкие осколки в отношении 1 : 3 : 6. При попадании в танк крупный осколок пробивает броню с вероятностью 0,9; средний – 0,3; мелкий – 0,1. Какова вероятность того, что попавший в броню осколок пробьёт её?

4. Случайная величина X задана рядом распределения:

X	2	3	10
P	0,1	0,4	0,5

Найти $M(X); D(X); \sigma(X)$. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность любому абоненту позвонить на коммутатор в течение часа равна 0,01. Телефонная станция обслуживает 300 абонентов. Какова вероятность, что в течение часа позвонят 4 абонента?

Вариант № 13

1. В каждой из двух урн содержатся 3 чёрных и 7 белых шаров. Из второй урны наудачу извлечен один шар и переложен в первую урну, после чего из первой урны наудачу извлечён один шар. Найти вероятность того, что шар, извлеченный из первой урны, окажется белым.

2. Охотники Александр, Виктор и Павел попадают в летящую утку с вероятностями, соответственно равными: 2/3, 3/4 и 1/4. Все одновременно стреляют по пролетающей утке. Какова вероятность того, что утка будет убита?

3. Детали могут быть изготовлены с применением двух технологий: в первом случае деталь проходит 3 технологических операции, вероятность получения брака при каждой из которых равны, соответственно 0,1; 0,2 и 0,3. Во втором случае имеются 2 операции, вероятности получения брака при которых одинаковы и равны 0,3. Определить, какая технология обеспечивает большую вероятность получения первосортной продукции, если в первом случае вероятность получения продукции первого сорта для небракованной детали равна 0,9, а во втором – 0,8.

4. В течение часа коммутатор получает в среднем 60 вызовов. Какова вероятность того, что в течение 1 минуты не будет ни одного вызова?

5. В денежной лотерее выпущено 1000 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 100 руб., четыре – по 50 руб., 5 – по 40 руб. и десять по 10 руб. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша). Найти $M(X), D(X),$ составить функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Вариант № 14

1. Три автомата изготовляют детали, которые поступают на общий контейнер. Производительность первого, второго и третьего автоматов относится как 2/3/5. Вероятность того, что деталь, изготовленная первым автоматом, отличного качества, равна 0,9, для второго и третьего автоматов эти вероятности, соответственно, равны 0,8 и 0,7. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь окажется отличного качества.

2. В записанном номере телефона оказалась стёртой последняя цифра. Какова вероятность того, что, наудачу набирая последнюю цифру телефонного номера, Вы сразу позвоните нужному лицу? Вычислить эту вероятность, предлагая, что Вы вспомнили, что последняя цифра: а) нечётная; б) не больше 5.

3. Производится выстрел по трём складам боеприпасов. Вероятность попадания в первый склад 0,01, во второй – 0,008, в третий – 0,025. При попадании в один из складов взрываются все три. Найти вероятность того, что склады будут взорваны.

4. Случайная величина X задана законом распределения

X	2	4	8
p	0,1	0,5	0,4

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность рождения мальчика равна 0,515. Найти вероятность того, что из 200 родившихся детей мальчиков и девочек будет поровну.

Вариант № 15

1. Для сигнализации об аварии установлены три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии первое устройство сработает, равна 0,8, для второго и третьего устройства эти вероятности, соответственно, равны 0,9 и 0,8. Найти вероятность того, что при аварии сработают: а) только одно устройство, б) только два устройства; в) все три устройства.

2. На сборку поступают детали с трёх автоматов. Первый автомат даёт 0,3 % брака, второй – 0,2 % брака, третий – 0,4 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступает 1000 деталей, со второго – 2000, а с третьего – 2500.

3. Цифровой замок содержит на общей оси 4 диска, каждый из которых разделён на 6 секторов, отмеченных определёнными цифрами. Замок может быть открыт только в том случае, когда цифры образуют определённую комбинацию. Какова вероятность открыть замок, установив определённую комбинацию цифр?

4. Игральная кость брошена 3 раза. Написать ряд распределения числа появлений шестёрки. Найти $M(X), D(X),$ составить функцию распределения $F(x)$.

5. Вероятность изделия некоторого производства оказаться бракованным равна 0,005. Чему равна вероятность того, что из 10000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 40?

Вариант № 16

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при двух выстрелах равна 0,96. Найти вероятность двух попаданий при трёх выстрелах.

2. На сборку поступают детали с четырёх автоматов. Первый даёт 40 %, второй – 30 %, третий – 20 %, а четвёртый 10 % всех деталей данного типа, которые поступают на сборку. Первый автомат даёт 0,1 % брака, второй – 0,2 %, третий – 0,25 %, четвёртый – 0,5 %. Найти вероятность поступления на сборку бракованной детали.

3. Каждая из букв Т, М, Р, О, Ш написана на одной из пяти карточек. Карточки перемешиваются и раскладываются наугад. Какова вероятность того, что образуется слово «ШТОРМ»?

4. Случайная величина X принимает только два значения $+C$ и $-C$, каждые с вероятностью 0,5. Найти дисперсию этой случайной величины.

5. На склад магазина поступают изделия, из которых 80 % оказывается высшего сорта. Найти вероятность того, что из 100 взятых наугад изделий не менее 85 изделий окажутся высшего сорта.

Вариант № 17

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при трёх выстрелах равна 0,992. Найти вероятность четырёх попаданий при пяти выстрелах.

2. Однотипные детали поступают на сборку с двух автоматов. Первый автомат даёт 80 % необходимых для сборки деталей, а второй – 20 %. Вероятность детали быть бракованной, если она изготовлена на первом автомате, равна 1 %, если на втором – 4 %. Поступившая на сборку деталь оказалась бракованной. Какова вероятность того, что эта деталь изготовлена: а) на первом автомате; б) на втором автомате?

3. Телефонный номер состоит из 5 цифр. Определить вероятность того, что все цифры различны.

4. При ведении горных работ происходит загрязнение атмосферы послегазовыми выбросами в 9 из 10 случаев. Найти вероятность того, что при 50 массивных взрывах загрязнение атмосферы наступит не более, чем в 40 случаях.

5. В урне находится 15 белых, 10 чёрных и 3 синих шара. Каждое испытание состоит в том, что наудачу извлекают один шар, не возвращая его в урну. Найти вероятность того, что: а) при первом испытании появится белый шар (событие А), при втором – чёрный (событие В) и при третьем – синий (событие С); б) при первом испытании появится белый шар, а при втором и третьем – чёрные шары.

Вариант № 18

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что событие наступит 120 раз в 144 испытаниях.

2. Рабочий обслуживает 4 станка. Вероятность того, что в течение часа первый станок не потребует внимания рабочего, равна 0,3; второй – 0,4; третий – 0,7; четвёртый – 0,4. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего.

3. Литьё в болванках поступает с двух заготовительных цехов – 70 % из первого и 30 % из второго. При этом материал первого цеха имеет 10 % брака, а второго – 20 %. Найти вероятность того, что одна наудачу взятая болванка без дефектов.

4. Случайная величина принимает только два значения – +10 и -10, каждое с вероятностью 0,5. Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

5. В урне 15 белых и 20 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что: 1) оба шара будут чёрными; 2) оба шара будут разного цвета.

Вариант № 19

1. Партия деталей изготовлена двумя рабочими. Первый рабочий изготовил 2/3 партии, второй – 1/3 партии. Вероятность брака для первого рабочего 1 %, для второго – 10 %. На контроль взяли одну деталь. Какова вероятность того, что она бракованная?

2. Из зенитного орудия производится три выстрела по снижающемуся самолёту. Вероятность попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,1; 0,2; 0,4. Определить вероятность не менее двух попаданий в самолёт.

3. Найти функции распределения $F(x)$, математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, если известен ряд распределения случайной величины X:

X	2	3	5
P	0,3	0,1	0,6

4. На восьми одинаковых карточках написаны, соответственно, числа 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13. Наугад берутся две карточки. Определить вероятность того, что образованная из двух полученных чисел дробь сократится.

5. Имеется три одинаковых урны, из которых в первой находится два белых и два чёрных шара, во второй и третьей – по три белых и четыре черных шара. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Найти вероятность того, что шар извлечён: а) из второй урны; б) из первой урны.

Вариант № 20

1. Сборщик получил 3 ящика деталей. В первом ящике 40 деталей, из них 20 окрашенных; во втором – 50, из них 10 окрашенных; в третьем – 30, из них 15 окрашенных. Найти вероятность того, что наудачу извлечённая деталь из наудачу взятого ящика окажется окрашенной.

2. Вероятность того, что студент сдаст первый экзамен, равна 0,9; второй – 0,9; третий – 0,8. Вычислить вероятность того, что хотя бы два экзамена будут сданы.

3. Производится два выстрела с вероятностями попадания в цель, равными $p_1 = 0{,}4;\ p_2 = 0{,}3$. а) записать ряд распределения случайной величины X – общего числа попаданий при двух выстрелах; б) найти математическое ожидание общего числа попаданий при двух выстрелах; в) найти дисперсию и построить многоугольник распределения.

4. Из колоды карт (36) наудачу вынимается две карты. Найти вероятность того, что среди них одна «дама» и один «король».

5. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,6. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,7. На обоих станках изготовлено по две детали. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

Вариант № 21

1. Ящик содержит 90 годных и 10 дефектных изделий. Найти вероятность того, что среди трёх наугад вынутых из ящика деталей нет дефектных.

2. Три электрические лампочки последовательно включены в цепь. Вероятность того, что одна (любая) лампочка перегорит, равна 0,6. Найти вероятность того, что тока в цепи не будет.

3. Имеется 5 урн: в двух урнах – по 2 белых и 1 чёрному шару; в одной 10 чёрных и ещё в двух – по 3 белых и 1 чёрному шару. Найти вероятность того, что вынутый из наудачу взятой урны шар окажется белым.

4. Из колоды в 36 карт вынимается наудачу две карты. Найти вероятность того, что это шестёрка и семёрка.

5. В лотерее 100 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 25 руб.; на 5 билетов – 20 руб.; на 10 билетов – 5 руб.; на 20 билетов – 1 руб.; остальные билеты невыигрышные. Найти вероятность выигрыша не менее 5 руб. на 1 билет. Составить ряд распределения случайной величины X – стоимости выигрыша на 1 билет. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Билет № 22

1. Чему равна вероятность того, что дни рождения трёх человек придутся на разные месяцы: июнь, июль и август? Вероятности попадания дня рождения на данный месяц считаются равными для всех месяцев года.

2. Студент знает 40 вопросов из 50. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает:

а) все три вопроса; б) только два вопроса.

3. Имеются три одинаковые урны: первая содержит 1 белый и 6 чёрных шаров; вторая – 3 белых и 2 чёрных шара; третья – 7 белых и 8 чёрных шаров. Из одной урны, наудачу выбранной, вынут шар. Он оказался белым. Чему равна вероятность того, что шар вынут из первой урны?

4. Прибор, обладающий надёжностью (вероятностью безотказной работы за время t), равной $p = 0{,}8$, представляется недостаточно надёжным. Для повышения надёжности он дублируется ещё одним точно таким же работающим прибором. Если первый прибор за время t отказал, происходит автоматическое переключение на дублирующий. Приборы отказывают независимо друг от друга. Найти вероятность того, что система из двух приборов прорабатывает безотказно время t.

5. Электронная аппаратура имеет три дублирующих линии. Вероятность выхода из строя каждой линии за время гарантированного срока работы аппаратуры равна 0,1. Найти закон распределения случайного числа вышедших из строя линий за время гарантийного срока, если выход из строя одной линии не зависит от рабочего состояния других линий. Найти $M(X), \sigma(X)$.

Вариант № 23

1. При разведке медноколчеданных месторождений в 7 из 10 случаев опознавательным признаком может служить присутствие ярозита или барита. Найти вероятность присутствия минералов хотя бы в одном из трёх месторождений.

2. Студент знает 25 вопросов из 30. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) оба вопроса; б) хотя бы один вопрос.

3. В урне A белых, B чёрных и C красных шаров. Наугад вынимаются 3 шара. Найти вероятность того, что все вынутые шары будут разных цветов.

4. Имеется десять одинаковых урн, из которых в девяти находятся по 2 чёрных и по 2 белых шара, а в одной – 5 белых и 1 чёрный шар. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Какова вероятность того, что шар извлечён из урны, содержащей 5 белых шаров?

5. Противник стремится сорвать связь, создавая помехи в двухчастотных диапазонах со средними частотами f_1 и f_2. С этой целью мешающий передатчик настраивается попеременно на частоты f_1 и f_2 через равные промежутки времени. Вероятность сбоя от помехи на частоте f_1 составляет 0,3, а на частоте f_2 – 0,6. Какова вероятность того, что связь будет сорвана?

Вариант № 24

1. При установке одного пылеуловителя вероятность выброса в атмосферу вредных веществ составляет 0,8. Сколько пылеуловителей нужно поставить последовательно, чтобы сократить вероятность выбросов в 1,5 раза?

2. В круг радиуса R вписан равносторонний треугольник. Какова вероятность того, что две наугад поставленные в данном круге точки окажутся внутри треугольника?

3. Из урны, содержащей 3 белых и 2 чёрных шара, переложили 1 шар в урну, содержащую 4 белых и 4 чёрных шара. Вычислить вероятность вынуть белый шар из второй урны.

4. Вероятность изделия некоторого производства оказаться доброкачественным равна 0,996. Чему равна вероятность того, что из 1000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 5?

5. Стрелок производит три выстрела по мишени. Вероятность попадания в мишень при каждом выстреле равна 0,6. За каждое попадание стрелку засчитывается 3 очка. Построить ряд распределения числа выбитых очков и многоугольник распределения. Найти математическое ожидание.

Вариант № 25

1. Для некоторой местности среднее число дождливых дней в августе равно 11. Чему равна вероятность того, что первые два дня августа будут дождливыми?

2. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,7. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,8. На первом станке изготовлено две детали, на втором – три. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

3. Два стрелка независимо один от другого стреляют по одной мишени, причём каждый из них делает по одному выстрелу. Вероятность попадания в мишень для первого стрелка – 0,8, для второго – 0,4. После стрельбы в мишени обнаружена одна пробоина. Найти вероятность того, что она принадлежит первому стрелку.

4. Найти вероятность того, что из 500 посеянных семян не взойдёт 120, если всхожесть семян оценивается вероятностью 0,8.

5. Производятся последовательные испытания четырёх приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9. Найти математическое ожидание $M(X)$.

Вариант № 26

1. Сборщик получил 2 коробки одинаковых деталей, изготовленных заводом № 1, и три коробки деталей, изготовленных заводом № 2. Вероятность того, что деталь завода № 1 стандартна, равна 0,9, а завода № 2 – 0,7. Из наудачу взятой коробки сборщик наудачу извлёк деталь. Найти вероятность того, что извлечена стандартная деталь.

2. Брошены две игральные кости. Предполагается, что все комбинации выпавших очков равновероятны. Найти условную вероятность того, что выпали две пятёрки, если известно, что сумма выпавших очков делится на 5.

3. Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,4; 0,5; 0,7. Найти вероятность того, что в результате этих трёх выстрелов в мишени будет одна пробоина.

4. ОТК проверяет детали на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что: 1) три первых проверенных изделия стандартны; 2) нестандартным окажется третье по порядку проверки изделие; 3) из трёх проверенных изделий только одно стандартно.

5. Дискретная случайная величина X задана следующим рядом распределения:

X	0	1	3	4
P	0,1	0,2	0,6	0,1

Найти функцию распределения и построить её график. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 27

1. В урне A белых и B черных шаров. Из урны вынимается шар, отмечается его цвет, и шар возвращается в урну. После этого из урны берётся ещё один шар. Найти вероятность того, что оба вынутые шары – белые.

2. Вероятность попасть в цель равна 0,01. Сколько нужно сделать выстрелов, чтобы иметь хотя бы одно попадание: а) с вероятностью, не меньшей 0,5; б) с вероятностью, не меньшей 0,9?

3. Вероятность рождения мальчика равна 0,51. Найти вероятность того, что из 300 родившихся детей будут 160 мальчиков.

4. Для участия в студенческих отборочных спортивных соревнованиях выделено из первой группы курса – 4, из второй – 6, из третьей – 5 студентов. Вероятности того, что студент первой, второй и третьей группы попадает в сборную института, соответственно, равны 0,5; 0,7; 0,8. Наудачу выбранный студент в итоге соревнования попал в сборную. Найти вероятность того, что он принадлежит второй группе.

5. Вероятность появления случайного события A в одном испытании равна 0,6. Проведено два независимых испытания. Составить ряд распределения случайной величины X – числа появлений события A в двух независимых испытаниях и найти математическое ожидание и дисперсию.

Вариант № 28

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 100 испытаниях событие появится 76 раз.

2. На обувной фабрике в отдельных цехах производятся подмётки, каблуки и верхи ботинок. Дефектными оказываются 1 % каблуков, 4 % подмёток и 5 % верхов. Произведённые каблуки, подмётки и верхи случайным образом комбинируются в цехе, где и шьются ботинки. Найти вероятность не быть испорченным одному ботинку. Какой процент ботинок будет испорченным, т. е. будет содержать дефекты?

3. По танку производятся два одиночных выстрела. Вероятность попадания при первом – 0,5, при втором – 0,8. Для вывода танка из строя достаточно двух попаданий. При одном попадании танк выходит из строя с вероятностью 0,4. Найти вероятность того, что в результате двух выстрелов танк будет выведен из строя.

4. В двух ящиках находятся детали: в первом – 10 (из них три стандартные); во втором – 15 (из них 6 стандартные). Из каждого ящика наудачу вынимают по одной детали. Найти вероятность того, что: 1) обе детали окажутся стандартными; 2) только одна из двух деталей стандартная; 3) хотя бы одна из двух деталей стандартная.

5. Случайная величина задана законом распределения:

X	2	4	8
P	0,1	0,5	0,4

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

Вариант № 29

1. Сколько нужно передать одинаковых сообщений, чтобы с вероятностью 0,9 можно было утверждать, что сообщение принято не менее одного раза правильно, если вероятность правильного приёма сообщения составляет 0,5?

2. Вероятность для изделий некоторого производства удовлетворять стандарту равна 0,96. Предполагается упрощённая схема испытаний, дающая положительный результат с вероятностью 0,98 для изделий, удовлетворяющих стандарту, и 0,05 для изделий, которые ему не удовлетворяют. Какова вероятность того, что изделие, выдержавшее испытание, удовлетворяет стандарту?

3. В студии телевидения имеется 3 телевизионные камеры. Для каждой камеры вероятность того, что она включена в данный момент, равна 0,6. Найти вероятность того, что в данный момент: а) включена хотя бы одна камера; б) включена только одна камера; в) включены все три камеры; г) выключены все камеры.

4. Имеются две партии изделий по 12 и 10 штук, причём в каждой партии по два изделия бракованных. Изделие, взятое наудачу из первой партии, переложено во вторую, после чего выбирается наудачу изделие из второй партии. Определить вероятность бракованного изделия из второй партии.

5. Найти математическое ожидание числа очков, которые могут выпасть при одном бросании игральной кости. Записать закон распределения в виде таблицы. Найти $D(X)$.

Вариант № 30

1. Вероятность появления события A в каждом из независимых испытаний равна 0,64. Произведено144 испытания. Найти вероятность того, что событие A появится не менее 100 раз.

2. Вероятность попадания в первую мишень для данного стрелка равна 2/3. Если при первом выстреле зафиксировано попадание, то стрелок получает право на второй выстрел по другой мишени. Вероятность поражения обеих мишеней при двух выстрелах равна 0,5. Определить вероятность поражения второй мишени.

3. В урне 5 белых и 7 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что оба шара будут белыми.

4. В батарее из 10 орудий одно непристрелянное. Вероятность попадания из пристрелянного орудия равна 0,73, а из непристрелянного – 0,23. Производили один выстрел и промахнулись. Найти вероятность того, что выстрел произведён из непристрелянного орудия.

5. Построить ряд распределения, многоугольник распределения и функцию распределения случайного числа попаданий мячом в корзину при одном броске, если вероятность попадания p = 0,3. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Задание 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2, причём $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1, математическое ожидание *M*(X) и дисперсия *D*(X). Найти закон распределения этой случайной величины, если:

Таблица 1

Данные для нахождения закона распределения случайной величины

Номер варианта	p_1	***M*(*X*)**	***D*(*X*)**
1	0,2	3,8	0,16
2	0,1	3,9	0,09
3	0,3	3,7	0,21
4	0,5	3,5	0,25
5	0,7	3,3	0,21
6	0,9	3,1	0,09
7	0,9	2,2	0,36
8	0,8	3,2	0,16
9	0,6	3,4	0,24
10	0,4	3,6	0,24
11	0,3	5,4	0,84
12	0,1	4,8	0,36
13	0,3	4,1	1,89
14	0,5	4,5	2,25
15	0,7	2,9	1,89
16	0,9	1,4	1,44
17	0,3	2,4	0,84
18	0,9	3,3	0,81
19	0,3	2,7	0,21
20	0,4	2,2	0,96

Продолжение таблицы 1

Номер варианта	p_1	***M*(*X*)**	***D*(*X*)**
21	0,9	4,1	0,09
22	0,7	3,9	1,89
23	0,1	5,8	0,36
24	0,2	2,6	0,64
25	0,1	1,9	0,09
26	0,3	3,1	1,89
27	0,5	3	1
28	0,4	2,6	0,24
29	0,6	3,2	2,16
30	0,6	3,6	3,84

Задание 7

Случайная величина X задана функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$. Построить графики функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $(a;b)$.

Таблица 2

Данные для выполнения задания № 7

Номер вар.	Функция $F(x)$	Номер вар.	Функция $F(x)$
1	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{3}{4}\pi \\ \cos 2x, & \frac{3}{4}\pi < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{3}{4}\pi;\ \frac{5}{6}\pi\right)$	2	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^2, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$
3	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 1 \\ \frac{x^2 - x}{2}, & \text{при } 1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1{,}5;\ 1{,}8)$	4	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^3, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$
5	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 3x^2 + 2x, & \text{при } 0 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(\frac{1}{5};\ \frac{1}{4}\right)$	6	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 2 \\ 0{,}5x - 1, & \text{при } 2 < x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 3)$
7	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{1}{9}x^2, & \text{при } 0 < x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	8	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{4}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1;\ 2)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
9	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -\frac{\pi}{2} \\ \cos x, & -\frac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3};\ -\frac{\pi}{6}\right)$	10	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 2\sin x, & 0 < x \le \frac{\pi}{6} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{6} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{12};\ \frac{\pi}{6}\right)$
11	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -2 \\ \frac{x+2}{4}, & \text{при } -2 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(-1;\ 1)$	12	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\frac{\pi}{2} \\ \frac{1+\sin x}{2}, & -\frac{\pi}{2} \le x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{4};\ \frac{\pi}{4}\right)$
13	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1-\cos x}{2}, & 0 \le x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{4};\ \frac{\pi}{3}\right)$	14	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{25}, & \text{при } 0 < x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(4;\ 5)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
15	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -1 \\ \frac{3}{4}(x+1), & -1 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$	16	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \sin 2x, & 0 < x \le \frac{\pi}{4} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{4} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{\pi}{3}\right)$
17	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 1 - \cos x, & 0 < x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{6};\ \frac{\pi}{3}\right)$	18	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -1 \\ \frac{x+1}{3}, & \text{при } -1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(0{,}5;\ 1{,}5)$
19	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{36}, & \text{при } 0 < x \le 6 \\ 1, & \text{при } x > 6 \end{cases}$ $(2;\ 4)$	20	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{100}, & \text{при } 0 < x \le 10 \\ 1, & \text{при } x > 10 \end{cases}$ $(5;\ 10)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
21	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -1 \\ \dfrac{x+1}{2}, & \text{при } -1 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$	22	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 1 \\ \dfrac{x-1}{2}, & \text{при } 1 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$
23	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \dfrac{x^3}{8}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	24	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{3}x, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$
25	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{4}x, & \text{при } 0 \le x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	26	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{5}x, & \text{при } 0 \le x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(1;\ 3)$
27	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \sin x, & 0 \le x \le \dfrac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \dfrac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{\pi}{3}\right)$	28	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\dfrac{\pi}{2} \\ \cos 3x, & -\dfrac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3};\ 0\right)$

Окончание таблицы 2

Номер вар.	Функция $F(x)$	Номер вар.	Функция $F(x)$
29	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{\pi}{2} \\ -\cos x, & \frac{\pi}{2} < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{2};\ \frac{3\pi}{4}\right)$	30	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{x^3}{27}, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$

Задание 8

Найти вероятность того, что в n независимых испытаниях событие A повторяется: а) ровно k раз; б) не менее k раз; в) не более k раз; г) хотя бы один раз, зная что в каждом испытании вероятность появления события A равна p.

Таблица 3

Данные для выполнения задания № 8

Номер варианта	*n*	*k*	*p*	Номер варианта	*n*	*k*	*p*
1	6	3	0,7	2	7	2	0,2
3	6	4	0,2	4	5	3	0,1
5	4	3	0,7	6	6	4	0,1
7	5	4	0,5	8	6	2	0,8
9	4	3	0,8	10	3	2	0,8
11	4	2	0,9	12	4	2	0,8
13	5	2	0,7	14	5	3	0,6
15	4	2	0,5	16	4	3	0,4
17	5	2	0,3	18	5	3	0,4

Окончание таблицы 3

Номер варианта	***n***	***k***	***p***	**Номер варианта**	***n***	***k***	***p***
19	4	2	0,3	20	4	3	0,2
21	5	2	0,1	22	5	2	0,2
23	4	3	0,3	24	3	2	0,4
25	5	3	0,5	26	6	3	0,6
27	4	2	0,7	28	5	4	0,8
29	6	4	0,9	30	6	5	0,1

Задание 9

Известны математическое ожидание a и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (α, β).

Таблица 4

Данные для выполнения задания № 9

Номер варианта	***a***	σ	α	β	**Номер варианта**	***a***	σ	α	β
1	2	4	6	10	2	10	4	2	13
3	9	5	5	14	4	8	1	4	9
5	7	2	3	10	6	6	3	2	11
7	5	1	1	12	8	4	5	2	11
9	3	2	3	10	10	2	5	4	9
11	2	2	1	5	12	3	2	2	6
13	4	3	3	7	14	7	3	4	8
15	6	3	5	9	16	4	1	1	5
17	4	2	2	6	18	5	2	3	7
19	5	3	4	8	20	6	3	5	9

Окончание таблицы 4

Номер варианта	***a***	σ	α	β	**Номер варианта**	***a***	σ	α	β
21	3	4	6	10	22	5	3	5	9
23	2	2	4	6	24	3	2	1	5
25	7	2	3	13	26	9	5	7	14
27	6	2	2	12	28	2	2	4	7
29	8	4	4	13	30	6	3	2	12

Исходные данные к расчётным заданиям № 10 – 15 приведены в таблице 5 в конце заданий.

Задание 10

Бросаются две игральные кости. Определить вероятность того, что: а) сумма числа очков не превосходит n; б) произведение числа очков не превосходит n; в) произведение числа очков делится на n.

Задание 11

Среди n лотерейных билетов k выигрышных. Наудачу взяли m билетов. Определить вероятность того, что среди них l выигрышных.

Задание 12

В лифт k-этажного дома вошли n пассажиров ($n< k$). Каждый независимо от других с одинаковой вероятностью может выйти на любом (начиная со второго) этаже. Определить вероятности того, что: а) все пассажиры выйдут одновременно на одном и том же этаже; б) все вышли на разных этажах.

Задание 13

В круге радиуса R наудачу появляется точка. Определить вероятность того, что она попадает в одну из двух непересекающихся фигур, площади которых равны S_1 и S_2.

Задание 14

Вероятность того, что цель поражена при одном выстреле первым стрелком p_1, вторым – p_2. Первый сделал n_1, второй – n_2 выстрелов. Определить вероятность того, что цель не поражена.

Задание 15

Два игрока поочередно бросают монету. Выигравшим считается тот, у кого раньше выпадет герб. Первый бросок делает игрок A, второй – B, третий A и т. д.

Найти вероятность указанного ниже события.

Варианты 1 – 8. Выиграл A до k-ого броска.

Варианты 9 – 15. Выиграл A не позднее k-ого броска.

Варианты 16 – 23. Выиграл B до k-ого броска.

Варианты 24 – 30. Выиграл B не позднее k-ого броска.

Задание 16

Дана плотность распределения $f(x)$ случайной величины X. Найти параметр γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

Варианты $1-8$: $f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{\gamma-a}, x\in[a;b],\\ 0, \quad x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $9-16$: $f(x)=\begin{cases}a, x\in[\gamma;b],\\ 0, x\overline{\in}[\gamma;b].\end{cases}$

Варианты $17-24$: $f(x)=\begin{cases}\gamma, x\in[a;b],\\ 0, x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $25-30$: $f(x)=\begin{cases}a, x\in\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right],\\ 0, x\overline{\in}\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right].\end{cases}$

Указание

Использовать формулы равномерного распределения.

Задание 17

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $F(x)=\gamma e^{ax^2+bx+c}$. Найти γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $x_1<X<x_2$.

Указание

Использовать формулы для нормального распределения.

Задание 18

Дана плотность распределения случайной величины X. Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y, которая представляет собой площадь одной из указанных ниже геометрических фигур.

Варианты 1 - 15 : $f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{b-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$

в вариантах 1 – 5: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x;

в вариантах 6 – 10: Y – площадь круга радиуса x;

в вариантах 11 – 15: Y – площадь квадрата со стороной x.

Варианты16 - 31 : $f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$

в вариантах 16 – 20: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x;

в вариантах 21– 25: Y – площадь круга радиуса x;

в вариантах 26 – 31: Y – площадь квадрата со стороной x.

Таблица 5

Исходные данные к расчётным заданиям

Номер варианта	Задание № 10	Задание № 11				Задание № 12		Задание № 13		
	n	n	l	m	k	k	n	R	S_1	S_2
1	3	10	2	4	6	6	4	11	2,25	3,52
2	4	10	2	3	6	7	4	12	2,37	3,52
3	5	10	3	5	7	8	5	13	2,49	3,52
4	6	10	3	5	6	9	5	14	2,55	1,57
5	7	11	2	5	7	10	6	11	2,27	5,57
6	8	11	3	4	8	11	4	12	2,39	5,57
7	9	11	3	5	7	12	4	13	2,51	1,57
8	10	12	3	8	5	13	3	14	2,57	3,52
9	3	12	2	8	3	14	3	11	2,29	3,52
10	4	12	2	5	4	13	4	12	2,41	3,52
11	5	9	2	4	6	12	3	13	2,53	3,52
12	6	9	3	5	6	11	3	14	2,59	5,57
13	7	9	2	3	7	10	4	15	2,5	8,7
14	8	8	2	4	5	9	4	16	2,6	8,5
15	9	8	2	5	4	8	3	11	2,2	3,5
16	10	8	3	4	5	7	3	12	2,4	3,5
17	11	10	4	6	5	6	4	13	2,5	3,5
18	12	10	5	7	7	7	4	14	2,6	1,8
19	13	10	4	6	7	8	5	15	2,7	7,9
20	14	12	4	8	6	9	5	16	2,7	8,2
21	15	8	2	3	4	10	6	11	2,3	3,5
22	16	8	2	3	5	11	4	12	2,4	3,5
23	17	8	2	4	3	12	4	13	2,5	3,5

Окончание таблицы 5

номер варианта	Задание № 10	Задание № 11				Задание № 12		Задание № 13		
	n	***n***	***l***	***m***	***K***	***k***	***n***	***R***	S_1	S_2
24	18	8	3	5	4	13	3	14	2,6	5,6
25	19	8	1	4	2	14	3	15	2,5	8,7
26	20	9	2	3	5	12	3	11	2,3	5,6
27	3	9	3	4	4	11	3	12	2,4	5,6
28	4	9	2	6	3	10	4	13	2,5	3,5
29	5	9	4	5	5	9	4	14	2,6	5,6
30	6	9	3	5	4	8	3	15	2,7	7,9

В первой горизонтальной строке указаны номера задач; в левом столбце – номера вариантов.

Таблица 6

Исходные данные к расчётным заданиям

Номер варианта	Задание № 14				Зад. № 15	Задание № 16				Задание № 17					Задание № 18	
	p_1	p_2	n_1	n_2	***k***	***a***	***b***	x_1	x_2	***a***	***b***	***c***	x_1	x_2	***a***	***b***
1	0,61	0,55	2	3	4	2,5	4	3	3,3	-2	8	-2	1	3	0	2
2	0,62	0,54	3	2	5	1,5	3	2	2,6	-2	4/3	-2/3	1/3	2/3	1	2
3	0,63	0,53	2	3	6	1,5	2,5	2	2,3	-2	-8	2	-3/2	-1	2	3
4	0,64	0,52	3	2	7	1	3,5	2	2,8	-4	6	2	0	3/4	2	4
5	0,65	0,51	2	3	8	-1	2	-0,7	1,1	-3	3	-2	1/2	3/2	3	5
6	0,66	0,49	3	2	9	-2	1	-1,5	0,3	-4	-6	-2	-3/4	1/4	0	2
7	0,67	0,48	2	3	10	-3	5	-2	2	-3	-3	2	-1/2	3/2	1	3
8	0,68	0,43	3	2	11	-1,5	2,5	-1	0	-3	-4	2	1/3	4/3	2	4
9	0,69	0,46	2	3	4	1	1,8	1,3	1,6	-2	-4/3	2/3	-1/3	2/3	3	5
10	0,71	0,45	3	2	5	1	2,4	1,5	2	-3	4	-2	-1/3	5/3	4	6

Окончание таблицы 6

Номер варианта	**Задание № 14**				**Задание № 15**	**Задание № 16**				**Задание № 17**					**Задание № 18**	
	p_1	p_2	n_1	n_2	***k***	***a***	***b***	x_1	x_2	***a***	***b***	***c***	x_1	x_2	***a***	***b***
11	0,72	0,44	2	3	6	2	3,5	2,5	3	-2	8	0	1	3	0	2
12	0,73	0,43	3	2	7	2	2,8	2,1	2,5	-2	1,3	0	1/3	2/3	1	2
13	0,74	0,42	2	3	8	1	2,8	-1	3	-2	-8	0	-3/2	-1	2	3
14	0,75	0,41	3	2	9	1	2,6	1,5	3	-4	6	0	0	3/4	2	4
15	0,76	0,39	2	3	10	2	3	1	3	-3	3	0	1/2	3/2	3	5
16	0,77	0,38	3	2	12	2	4,8	4,5	5	-4	-6	0	-3/4	1/4	0	2
17	0,78	0,37	2	3	5	-4	-2	-1	0	-3	-3	0	-1/2	3/2	1	3
18	0,39	0,45	3	2	6	-3	-1	-2	0	-3	-4	0	1/3	4/3	2	4
19	0,38	0,46	2	3	7	2	4	0	3	-2	-4/3	0	-1/3	2/3	3	5
20	0,37	0,47	3	2	8	1	3	0	2	-3	4	0	-1/3	5/3	4	6
21	0,36	0,48	2	3	9	1	1,5	0	0,5	-2	8	-1	1	3	0	2
22	0,35	0,49	3	2	10	-1	1,5	0	1	-4	6	1	0	3/4	1	2
23	0,34	0,51	2	3	11	-1,5	-1	-1	2	-2	-8	-1	-3/2	-1	3	4
24	0,33	0,52	3	2	4	-1,5	1	-1	1	-4	-6	-1	-3/4	1/4	2	4
25	0,32	0,53	2	3	5	0,5	1	0	3	-3	3	-1	1/2	3/2	3	5
26	0,31	0,54	3	2	6	0,2	2	0	4	-3	-4	1	1/3	4/3	3	4
27	0,29	0,55	2	3	7	0,5	3	0	0,5	-3	-3	1	-1/2	3/2	0	2
28	0,28	0,56	3	2	8	0,4	4	1	5	-3	4	-1	-1/3	5/3	1	3
29	0,27	0,57	2	3	9	1/4	1	0	3	-2	-4/3	1/3	-1/3	2/3	2	4
30	0,26	0,58	3	2	10	0,02	2	0	3	-2	4/3	-1/3	1/3	2/3	3	5

ОТВЕТЫ

Вариант № 1

1) $\frac{1}{144}$; 2) 0,25; 3) $\frac{91}{216}$;

4) ≈ 0,5; ≈ 0,9599; ≈ 0,8664;

5)

X	0	1	2	3
P	0,125	0,375	0,375	0,125

Вариант № 2

1) ≈ 0,41; ≈ 0,43; ≈ 0,14;

2) 0,126; 3) $\frac{5}{8}$; 4) ≈ 0,28; ≈ 0,27;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,0625	0,25	0,375	0,25	0,0625

Вариант № 3

1) $\frac{2}{3}$; 2) 0,32; 3) 0,061; 4) ≈ 0,04986;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,2401	0,4116	0,2646	0,0756	0,0081

Вариант № 4

1) 0,092; 0,398; 0,504; 2) 0,85; 3) 0,456; 4) $\approx$ 0,4938;

5)

X	0	1	2	3	4	5
P	0,0024	0,0284	0,1323	0,3087	0,3601	0,1683

Вариант № 5

1) $\approx 0{,}9375 \cdot 10^{-6}$; 2) 0,729; 3) $\frac{3}{7}$; 4) 0,4; 0,4; 0,1; 0,7;

5) $M(X) = \frac{3}{4}$; $D(X) = \frac{29}{48}$.

Вариант № 6

1) 0,02525; 0,24725; 0,727; 2) 0,024; 3) 0,2; 4) $\approx$ 0,9768;

5)

X	1	2	3	4	5
P	0,1	0,09	0,081	0,0729	0,6561

Вариант № 7

1) $\approx$ 0,00001; 2) 0,08; 3) 0,00289; 4) $\frac{1}{32}$; $\frac{31}{32}$; $\frac{5}{16}$;

5)

X	0	1	10	25	50
P	0,35	0,5	0,1	0,04	0,01

Вариант № 8

1) $\frac{C_{90}^{3}C_{10}^{2}}{C_{100}^{5}}$; 2) $\frac{13}{84}$; 3) 0,763; 4) $\approx 0{,}159$;

5)

X	0	1	2
P	$\frac{25}{36}$	$\frac{5}{18}$	$\frac{1}{36}$

Вариант № 9

1) $\approx 0{,}0125$; 2) $\frac{1}{3}$; 3) 0,46; 4) $\frac{1}{360}$;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,0625	0,25	0,375	0,25	0,0625

Вариант № 10

1) 0,85; 2) 0,8236; 3) $\frac{1}{1785}$; 4) 0,84;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,0625

Вариант № 11

1) 0,116; 2) 0,0024; 3) $\approx 0{,}573$; 4) $\frac{1}{e}$; $1-\frac{1}{e}$;

5)

X	0	1	2
P	0,18	0,54	0,28

Вариант № 12

1) $\approx 0{,}47$; 2) $\approx 0{,}93$; 3) 0,24; 4) 6,4; 13,04; 3,61;

5) $\approx 0{,}196$.

Вариант № 13

1) 0,7; 2) $\frac{15}{16}$; 3) 0,4536; 4) $\frac{1}{e}$;

5)

X	0	10	40	50	100
P	0,98	0,01	0,005	0,004	0,001

Вариант № 14

1) 0,77; 2) $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{5}$; $\frac{1}{6}$;; 3) 0,0425; 4) $\sigma = 2{,}2$;

5) $\approx 0{,}052$.

Вариант № 15

1) 0,068; 0,352; 0,576; 2) $\approx 0{,}0031$; 3) $\frac{1}{1296}$;

4) 5) $\approx 0{,}0021$.

X	0	1	2	3
p	$\frac{125}{216}$	$\frac{75}{216}$	$\frac{15}{216}$	$\frac{1}{216}$

Вариант № 16

1) 0,384; 2) 0,002; 3) $\frac{1}{120}$; 4) C^2; 5) 0,1056.

Вариант № 17

1) 0,4096; 2) $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$; 3) $\approx 0{,}302$; 4) $\approx 0{,}0091$;

5) $\frac{25}{1092}$; $\frac{25}{364}$.

Вариант № 18

1) $\approx 0{,}05$; 2) 0,0336; 3) 0,87; 4) 10; 5) $\frac{38}{119}$; $\frac{60}{119}$.

Вариант № 19

1) 0,04; 2) 0,124; 3) $M(X) = 3{,}9$; $D(X) = 1{,}89$;; 4) $\frac{5}{14}$;

5) $\frac{7}{19}$; $\frac{6}{19}$.

Вариант № 20

1) $\frac{2}{5}$; 2) 0,954; 3)

X	0	1	2
P	0,42	0,46	0,12

4) $\frac{8}{315}$; 5) 0,1764.

Вариант № 21

1) $\approx 0{,}7265$; 2) 0,936; 3) $\frac{17}{30}$; 4) $\frac{8}{315}$;

5)

X	0	1	5	20	25
P	0,64	0,2	0,1	0,05	0,01

Вариант № 22

1) $\frac{1}{288}$; 2) $\frac{741}{1470}$; $\frac{39}{98}$; 3) $\frac{15}{127}$; 4) 0,96;

5)

X	0	1	2	3
P	0,729	0,243	0,027	0,001

Вариант № 23

1) 0,973; 2) $\frac{20}{29}$; $\frac{85}{87}$; 3) $\frac{ABC \cdot 3!}{(A+B+C)(A+B+C-1)(A+B+C-2)}$;

4) $\frac{5}{32}$; 5) 0,72.

Вариант № 24

1) 3; 2) $\frac{27}{16\pi^2}$; 3) $\frac{23}{45}$; 4) $\approx 0{,}176$;

5)

X	0	3	6	9
P	0,064	0,288	0,432	0,216

Вариант № 25

1) $\frac{11}{93}$; 2) $\approx 0{,}251$; 3) $\frac{6}{7}$; 4) $\approx 0{,}003$;

5)

X	1	2	3	4
P	0,1	0,09	0,081	0,729

Вариант № 26

1) 0,78; 2) $\frac{1}{7}$; 3) 0,36; 4) 0,729; 0,081; 0,027; 5) 2,4; 1,44.

Вариант № 27

1) $\left(\frac{a}{a+b}\right)^2$; 2) 69; 229; 3) $\approx 0{,}033$; 4) $\frac{21}{59}$;

5)

X	0	1	2
P	0,16	0,48	0,36

Вариант № 28

1) $\approx 0{,}06$; 2) 0,903; 9,7 %; 3) 0, 6; 4) $\frac{3}{25}$; $\frac{23}{50}$; $\frac{29}{50}$; 5) 2,2.

Вариант № 29

1) 4; 2) 0,99; 3) 0,936; 0,288; 0,216; 0,064; 4) $\frac{13}{66}$; 5) 3,5; $\frac{35}{12}$.

Вариант № 30

1) $\approx 0{,}869$; 2) $\frac{3}{4}$; 3) $\frac{5}{33}$; 4) 0,241;

5)

X	0	1
P	0,7	0,3

Ответы к заданию № 6 из таблицы 1

Номер варианта	X_1	X_2	P_1	P_2	**Номер варианта**	X_1	X_2	P_1	P_2
1	3	4	0,2	0,8	16	1	5	0,9	0,1
2	3	4	0,1	0,9	17	1	3	0,3	0,7
3	3	4	0,3	0,7	18	3	6	0,9	0,1
4	3	4	0,5	0,5	19	2	3	0,3	0,7
5	3	4	0,7	0,3	20	1	3	0,4	0,6
6	3	4	0,9	0,1	21	4	5	0,9	0,1
7	2	4	0,9	0,1	22	3	6	0,7	0,3
8	3	4	0,8	0,2	23	4	6	0,1	0,9
9	3	4	0,6	0,4	24	1	3	0,2	0,8
10	3	4	0,4	0,6	25	1	2	0,1	0,9
11	4	6	0,3	0,7	26	1	4	0,3	0,7
12	3	5	0,1	0,9	27	2	4	0,5	0,5
13	2	5	0,3	0,7	28	2	3	0,4	0,6
14	3	6	0,5	0,5	29	2	5	0,6	0,4
15	2	5	0,7	0,8	30	2	6	0,6	0,4

Ответы к заданию № 7 из таблицы 2

Номер варианта	$M(X)$	$D(X)$	**Номер варианта**	$M(X)$	$D(X)$
1	$\pi-\frac{1}{2}$	$\frac{\pi-3}{4}$	2	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{18}$
3	$\frac{19}{12}$	$\frac{11}{144}$	4	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{80}$
5	$\frac{5}{27}$	$\frac{13}{1458}$	6	3	$\frac{1}{3}$
7	2	0,5	8	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{9}$
9	1	$\pi-3$	10	$\frac{\pi}{6}+\sqrt{3}-2$	$\frac{2}{3}\pi+4\sqrt{3}-9$
11	0	$\frac{4}{3}$	12	0	$\frac{\pi^2}{4}-2$
13	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi^2}{4}-2$	14	$\frac{10}{3}$	$\frac{25}{18}$
15	$-\frac{1}{3}$	$\frac{4}{27}$	16	$\frac{\pi-2}{4}$	$\frac{\pi+3}{4}$
17	1	$\pi-3$	18	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
19	4	2	20	$\frac{20}{3}$	$5\frac{5}{9}$
21	0	$\frac{1}{3}$	22	2	$\frac{1}{3}$
23	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{20}$	24	1,5	0,75

Окончание таблицы

Номер варианта	$M(X)$	$D(X)$	**Номер варианта**	$M(X)$	$D(X)$
25	2	$\frac{4}{3}$	26	2,5	2,08
27	$\frac{\pi}{2}-1$	$\pi-3$	28	$\frac{1}{3}$	$\frac{\pi}{3}+\frac{1}{9}$
29	$\pi-1$	$\pi-3$	30	$\frac{9}{4}$	$\frac{27}{80}$

Ответы к заданию № 8 из таблицы 3

Номер варианта	**а) ровно *k* раз**	**б) не менее *k* раз**	**в) не более *k* раз**	**г) хотя бы один раз**
1	0,1852	0,93	0,256	0,9993
2	0,28	0,42	0,86	0,79
3	0,01536	0,01696	0,9984	0,74
4	0,0081	0,00856	0,99954	0,4095
5	0,4116	0,6517	0,7599	0,9919
6	0,001215	0,00127	0,99994	0,4686
7	0,15625	0,1875	0,96875	0,96875
8	0,01536	0,998	0,27904	0,99993
9	0,4096	0,8192	0,5904	0,9984
10	0,384	0,896	0,488	0,992
11	0,0486	0,9963	0,0523	0,9999
12	0,1536	0,9728	0,1808	0,9984
13	0,1323	0,9692	0,1631	0,9976
14	0,3456	0,6826	0,6630	0,9898

Окончание таблицы

Номер варианта	а) ровно k раз	б) не менее k раз	в) не более k раз	г) хотя бы один раз
15	0,375	0,6875	0,6875	0,9375
16	0,1586	0,1792	0,9744	0,3704
17	0,3087	0,4718	0,8369	0,8319
18	0,2304	0,3174	0,9133	0,92222
19	0,2646	0,3483	0,9163	0,7599
20	0,0256	0,0272	0,9984	0,5904
21	0,0729	0,0815	0,99144	0,4095
22	0,2048	0,2627	0,9421	0,6723
23	0,0756	0,0837	0,9919	0,7599
24	0,288	0,352	0,936	0,784
25	0,3125	0,5	0,8125	0,9675
26	0,2765	0,8208	0,4557	0,9959
27	0,2646	09163	0,3483	0,9919
28	0,4096	0,7373	0,6723	0,9997
29	0,0984	0,9841	0,1143	0,9999
30	0,000054	0,000055	0,999999	0,4686

Ответы к заданию № 9 из таблицы 4

№ 1: 0,1359; № 2: 0,7506; № 3: 0,6294;
№ 4: 0,8412; № 5: 0,9104; № 6: 0,0493;
№ 7: 0,9998; № 8: 0,5746; № 9: 0,4998;
№ 10: 0,2638; № 11: 0,6247; № 12: 0,6247;
№ 13: 0,4706; № 14: 0,4706; №: 15: 0,4706
№ 16: 0,8399; № 17: 0,6826; № 18: 0,6826;
№ 19: 0,4706; № 20: 0,4706; № 21: 0,1865;
№ 22: 0,4082; № 2: 0,1359; № 24: 0,6826;
№ 25: 0,9758; № 26: 0,4967; № 27: 0,9758;
№ 28: 0,1525; № 29: 0,7357; № 30: 0,8854.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 456 с.

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учебное пособие. – М.: Кнорус, 2010. – 492 с.

Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшее образование, 2009. – 403 с.

Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшее образование, 2009. – 480 с.

Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М.: Физматгиз, 1988. – 406 с.

Соболев А. Б., Рыбалко А. Ф., Вараксин А. Н. Математика: курс лекций для технических вузов. Книга 2. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 445 с.

Чудесенко В. Ф. Сборник заданий по специальным курсам высшей математики. – М.: Высшая школа, 1983. – 110 с.